

水稻丰产的土壤环境及其调节

中国科学院土壤研究所农业丰产总结组*

水稻土是我国的主要耕作土壤之一,在全国各个农业气候带和不同地形、母质及水文条件下,凡能通过人为措施以满足水稻对水分的要求,以及具有适于水稻生长发育的地区,都有水稻土的分布。而秦岭——淮河以南的亚热带和热带地区,水稻土的分布最为广阔。本文的内容主要是南方水稻土的初步研究总结。

水稻土是人类劳动的产物。它的成土条件是自然环境和人为的农业生产活动,而以后者为主导。它的形成发育主要是为农业生产措施定向控制的熟化过程,是由简单向复杂、由低级向高级发展的过程。它的肥力可以随社会生产力的发展和科学技术的进步而不断提高。

土壤肥力是作物生活的土壤条件,也是土壤的物理、化学和生物学性质的综合集中表现,它是土壤的基本特性。但是到现在为止,对于土壤肥力的概念还存在着分歧的意见。旧的肥力概念都认为:土壤具有供给农作物所需要养分的能力,也就是土壤肥力水平仅决定于土壤中植物养分含量的高低。肯定的说,这是一个重要因素,但是不能全面的反映土壤肥力的本质。苏联土壤学家威廉斯阐明了植物生活因素就是栽培条件的理论,并指出光、热、水分和养分是植物的生活因素,而光和热是宇宙因素,来自太阳光能,直接影响植物的生长,水分和养分是地球因素,要通过土壤才能影响植物的生长发育,因而提出了土壤肥力的新概念,就是在植物生活时期,同时供应植物所需要的水分和养分的能力,高度肥沃的土壤就是在同时期内以最大限度的满足植物生活所需要的同等重要而不可缺少的这两种因素的能力。

近几年来,通过我国农民丰产经验总结,特别是农业生产大跃进以来,对丰产水稻的研究,充分说明这种看法是比较全面的。但是进一步了解到,土壤通气能力的好坏和土壤温度的变化对农作物的生长发育和土壤的生产性能具有很大的影响。如表1所示材料,从养分的贮量以及保肥耐肥能力来看,下等乌山土均比上等乌山土为好,但由于下等乌山土的地下水位较高,影响到土壤的水分、空气和热的状况,从而表现在土壤肥力和作物产量上反较上等乌山土为低。这就说明了决定土壤肥力的因素不仅是水分和养分,而是水分、养分、热量和空气,而且它们之间是相互联系和相互影响着。

这样我们就进一步发展了土壤肥力的概念,也就是在农作物生长期,土壤中不但要具有同时而不断地供给作物所需要的水分和养分的能力,还必须保证满足所需要的热量

* 本文由马裕之、陈家坊、刘芷宇、文启孝等同志执笔。

和空气。高度肥力的水稻土就必须是高度熟化具有比较丰富的养分、良好的土壤透水性和保水性、优良的通气条件和吸热保温的能力。但是肥沃水稻土的这些条件只具有作物丰产的可能性,要获得高额丰产还必须全面贯彻“八字宪法”,运用各种农业生产措施,调节土壤中水、肥、热、气的情况,使其及时的适量地满足农作物不同生长时期的需要。因此高度肥沃水稻土既要具有作物生活所需的水、肥、热、气的供应,积累和保存的能力,更要具有便于采取各种措施调节水、肥、热、气的良好性质。

表 1 上等烏山土和下等烏山土耕作层的养分含量(江苏常熟)

土 名	pH	有机质 (%)	全 氮 (%)	水 解 性 氮	有机磷	全 钾 (%)	代换量 (毫克当量/100克土)	粘 粒 (<2 微米) (%)	肥力水平 (群众评定)
				(毫克/100克土)					
上等烏山土	8.0	3.99	0.217	12.4	34	1.87	23.9	30.0	上 等
下等烏山土	7.7	9.40	0.441	22.2	30	1.86	28.4	32.5	下 等

水稻土分布于不同的农业气候带,起源于各种沼泽土、草甸土和地带性土壤,具有不同的形成规律、发育阶段和发育程度,因而水稻土的肥力水平也不完全一样,土壤肥力的主导因素也常因地、因时而有所不同。但是肥沃水稻土也具有一般的共同特征,便是能够为水稻(以及小麦等)根系的活动和地上部分的生长发育,提供极为良好的土壤环境,并具有便于调节水、肥、热、气等肥力因素的土壤性质。

土壤水分和空气不但是直接影响着作物的生长,而且对养分的转化和土温的变化也有密切的关系。长期的土壤水分过饱和状态,对水稻的生长发育也不是有利的。长期渍水时,由于土壤中的生命活动,使土壤中空气和土壤溶液中的二氧化碳含量迅速增加,而氧气降低,不利于水稻生长的还原性物质得以积累,而养分的释放受到抑制,土壤温度和有益微生物的生活活动受到影响,促使水稻生长环境趋于不良。因而,水稻的生长发育就要求交替的调节土壤水分和空气的情况。但是土壤中水分和空气是矛盾的,肥沃水稻土同时具有优良的透水性和保水性,就是解决这个矛盾的必要条件,而决定这些特性的是地下水位不宜过高,一般要在 60 厘米以下,以便于排水;另一方面是具有良好的土壤质地、结构、耕性和剖面特性。

肥沃水稻土具有养分积累、保存和供应的能力,它不但含有较多的活性有效养分,而且更重要的还含有大量非活性有效态的养分,以便在水稻生长期可以源源供应。同时还具有保肥耐肥的能力,一方面有利于养分的积累保存,另一方面在大量施肥情况下,不致由于养分过多而引起“烧苗”、“倒伏”现象,又不会把养分牢牢地固定起来,妨碍水稻的吸收。这样,就说明了肥沃水稻土既要含有丰富的有机和无机养分,又要有较大的保肥耐肥能力,而决定这一些特性的主要是土壤中有有机质和粘粒的含量及其组成。

肥沃水稻土的热状况,目前研究的还不够深入。根据农民的经验,土温低的冷水田是低产田,而肥沃水稻土基本上都是暖性的土壤。这就说明了肥沃水稻土需要有良好的吸热和保温能力。这种能力决定于土壤特性和水分条件。同时也指出了研究土壤热力学的重要性。

肥沃水稻土不仅受土壤耕作层性质的影响,而与整个土壤剖面性状有关。如表 2

所示的“好”与“次”的两种馬干土,从耕作层的一般性质看来,两者相差不很明显,但次馬干土所以“次”的原因,就是剖面质地过于粘重而造成土壤透水性能较差之故。一般的說,肥沃水稻土应具有好的耕作层,不紧不松的犁底层,既不影响作物根系伸延发育,又不

表2 好馬干土与次馬干土剖面的一般性状(湖北孝感)

土名	层次 (厘米)	pH	有机质 (%)	全氮 (%)	全钾 (%)	水解性氮	有机磷	代换量	粘粒 (<1 微米) (%)	质地	肥力水平 (羣众評定)
						毫克/100 克土	毫克/100 克土	毫当量/100 克土			
好馬干土	0—16	5.4	2.29	0.131	1.24	8.1	25	13.7	20.5	重壤土	高
	16—20	6.8	0.98	0.068	—	—	12	13.8	17.0	中壤土	
	20—34	7.4	0.46	0.034	—	—	—	10.9	21.5	重壤土	
	34—100	7.6	—	—	—	—	—	28.1	47.0	中粘土	
次馬干土	0—10	5.4	2.41	0.120	1.55	8.3	21	15.8	28.9	輕粘土	低
	10—17	5.8	2.01	0.115	—	—	18	15.3	26.0	輕粘土	
	17—28	6.7	0.40	0.034	—	—	—	11.8	22.0	重壤土	
	28—40	6.9	—	—	—	—	—	13.7	26.5	輕粘土	
	40—58	7.4	—	—	—	—	—	—	35.5	輕粘土	

致引起过多的漏水漏肥;同时剖面中常具有斑紋层和青泥层,前者指示土壤具有干湿交替的客观条件,后者表明土壤具有良好的水分条件而有利于保肥保水和通气透水,这样就能满足土壤肥力因素水、肥、热、气的貯藏和调节的要求。

二

水稻土的肥力是其物理、化学、生物等性质的综合反映,而这些性质,又是与其形成过程紧密地联系着的。水稻的生长发育需要一定时期的灌溉水层,因此水稻土每年都有季节性的淹水时期,这就决定了水稻土形成过程的共同特点,也就是水耕熟化过程和旱耕熟化过程交替进行的特点,既不同于自然土,又有别于旱作土壤。

水稻土在灌上水时,耕作层的土壤水分呈过饱和,因而土壤的固、气、液三相共存状态变成了固、液两相共存,而缺少空气;犁底层以下至地下水面上各土层中水分呈饱和或不饱和状态,虽有空气存在,但与大气之间的交换却被隔絕了,因而水稻田的土壤中,氧化还原物质的种类和数量在土壤剖面中的分布很不均匀,而旱作土壤或地带性自然土壤却完全相反。表3所示的氧化还原电位的結果,就是这一些情况的综合反映。

表3 水稻田和旱地土壤的氧化还原电位(毫伏)

深度 (厘米)	旱地 (南京小粉土)	水稻田*		
		南京馬干土	江西資溪黃生泥	江苏武进白土
0—2	585	105**	90	—
5—7	570	75	40	20
15—20	565	135	110	230
20—30	610	410	320	435
40—50	565	315	—	—

* 水稻田的电位是在水稻分蘖期測定。

** 系在0—1厘米处測定。

表 3 結果說明水稻土在灌水时,土壤中还原过程占了主导地位,使鉄錳等化合物被还原为低价形态而进入溶液,并随着下渗水而移动;在排水时,氧化过程占了主导作用,还原性物质又被氧化而淀积,引起土壤剖面中氧化还原物质的分化,形成了斑纹层或锈纹层,成为水稻土剖面的重要特征之一。

水稻土中代换性盐基的含量和組成及其在剖面中的分化,主要受到“淋溶”和“复盐基”两个对立过程的綜合影响,是灌溉和施肥(特别是施用石灰、草木灰等)等人为措施所决定。例如在酸性水稻土上,由于施用石灰、草木灰以及灌溉的結果,非但土壤的盐基饱和度較其母质(自然土或旱作土)显著提高,而且受到下渗水的影响,在 20—60 厘米的深度有所积聚。再如石灰性的自然土,在种植水稻以后,盐基在剖面中的分布显然受到了灌溉水的深刻影响。总之,代换性盐基在土壤剖面中移动的速度和強度,水稻土都較自然土或旱作土为強。因此,代换性盐基在土壤剖面中的分化,水稻土具有与其他土壤显为不同的特点。

水稻土剖面中的物质分化,除了因化学作用而外,还有土壤中較細顆粒的机械淋溶。水稻土表层由于淹水的影响,上层粘粒往往沿着土壤孔隙下移,加以水分的渗压和耕耙的影响,而逐渐形成質地較为粘重的犁底层。这也是水稻土剖面的重要特征,与自然土或旱作土有所不同。表 4 为自然土(沼泽土)、旱作土(小粉浆土)与水稻土的机械組成。从表 4 中可以看出,沼泽土的地面水与地下水連在一起,沒有水分下渗作用,土壤顆粒按一般靜水沉积規律,粗粒先沉,細粒后沉,所以粘粒在剖面中的分配为上高下低(若为多次沉积当有所不同);而旱作土壤由于田面沒有淹水,虽有灌溉措施加于其上,但粘粒在剖面中的移动速度和強度都很緩弱。因此,質地剖面都与水稻土有所不同。

表 4 水稻土、旱作土及沼泽土的机械組成(%) (江苏兴化)

土 名	层 次 (厘米)	土 粒 (毫米)					質 地 (苏联制)
		中砂及細砂 >0.05	粗粉粒 0.05-0.01	中粉粒 0.01-0.005	細粉粒 0.005-0.001	粘 粒 <0.001	
紅 砂 土 (水 稻 土)	0—24	0	44.2	10.7	17.4	27.8	重 壤 土
	24—53	3.0	31.0	16.0	14.5	35.5	輕 粘 土
	53—70	4.0	37.0	18.0	8.0	33.0	重 壤 土
小 粉 浆 土 (旱 作 土)	0—14	0	45.0	10.7	16.3	28.0	重 壤 土
	14—45	1.0	44.0	13.0	13.0	29.0	重 壤 土
	45—88	2.5	35.5	14.5	14.5	33.0	輕 粘 土
	88—100	1.0	36.0	15.0	16.5	31.5	輕 粘 土
烘 土 (沼 泽 土)	0—10	3.9	26.0	10.5	21.0	38.6	輕 粘 土
	10—25	1.5	39.5	14.0	13.5	31.5	重 壤 土
	25—37	4.5	43.0	14.5	12.4	26.0	重 壤 土

水稻土的腐殖质組成也与其他土壤有显著的不同。一般的說,它与草甸土、褐土的差异較大;而与紅壤的差异較小(表5),主要表现在:水稻土的胡敏酸的相对含量較其他土壤为高。此外,根据胡敏酸的光密度和絮凝极限值来看,水稻土胡敏酸分子的复杂程度也与其他自然土有所不同(表6)。可能这是由于人为耕作施肥,特别是施用大量有机肥料之故,同时也与其特殊的水分状况有关。

表5 水稻土与其他土壤的腐殖质组成(占全碳的%)

土壤名称	采集地点	深度(厘米)	全碳(C%)	脂肪脂(%)	溶于1N Na ₂ SO ₄	0.5-1.0N H ₂ SO ₄ 水溶液中	胡敏酸				富啡酸				胡敏素	胡敏酸富啡酸	
							1	2	3	总	1a	1	2	3			总
草甸土	黑龙江嫩江	0-20	4.16	3.5	2.3	9.9	8.1	21.3	9.0	38.4	2.4	7.9	5.8	6.4	22.5	19.6	1.96
褐土	山东	2-13	2.90	5.1	7.3	7.9	4.6	8.8	7.3	20.7	0	21.8	6.5	28.3	30.2	0.73	
红壤	广东徐闻	0-6	4.53	5.1	4.1	11.5	7.3	0.4	2.6	10.3	9.3	16.8	0	4.8	31.0	36.4	0.27
水稻土	广东徐闻		1.47	2.7	3.9	1.8	10.4	2.1	4.1	16.6	3.9	8.8	6.0	4.5	23.2	48.5	0.72
水稻土	江苏江南	0-15	1.13	5.7	3.2	12.4	13.5	8.7	22.2	61	7.6	8.5	22.2	32.5	1.00		

表6 不同土壤的胡敏酸钠溶液的光密度和絮凝极限值

土壤	深度(厘米)	波长(毫微米)					开始絮凝		絮凝完全	
		800	750	726	665	619	时间(小时)	CaCl ₂ 毫当量数	时间(小时)	CaCl ₂ 毫当量数
草甸黑土	0-20	0.40	0.57	0.67	1.07	1.55	立即	7	2	7
褐土	2-13	0.29	0.41	0.48	0.75	1.05	立即(微浑)	14	2	14
红壤	0-6	0.07	0.09	0.11	0.19	0.30	1	80	7	50
水稻土	0-15	0.13	0.19	0.23	0.37	0.54	0.5	19	4	28

水稻土在种植水稻时,土壤几乎经常呈嫌气状态,因此其中嫌气性细菌的相对数量较旱地大为增加。但是由于灌溉渗漏的结果,不断把氧气带入土中,而烤田落干以及栽种冬作时,土壤通气情况优良,因此水稻土中也同样发育有大量好气性及兼嫌气性的微生物(表7)。这些微生物中,有的是适应了低氧环境,有的则是在特殊条件下发育的特殊种类(表8)。可见在微生物数量上和区系上,水稻土也与旱地或自然土有显著的不同。

表7 水稻土和旱地中微生物的平均数量

土壤	细菌(万/克土)	放线菌(万/克土)	真菌(千/克土)
旱地(小粉土)	659	373	7
水稻土(马干土)	752	117	53

综上所述,由于水稻土的形成过程具有水耕熟化过程与旱耕熟化过程交替进行的特点,因而反映在一些理化性质与生物特性上,既不同于自然土,也不同于旱作土壤。显然,

这些与自然土和旱作土壤完全不同的基本性质也就是水稻土的共同性质。尽管水稻土的形成过程具有共同的特点,也反应出水稻土具有一些共同的基本性质。但由于水稻土是在不同地区、不同时间起源于不同的自然土、旱作土或岩石风化物 and 运积物,并受着不同的成土条件的影响,特别受着历史上小农经济社会的生产条件所支配,因而各种水稻土除有共同之点以外,也各有它的特殊性。

表 8 南京下蜀系黄土性母质上发育的土壤中真菌各属的出现机率(%)

属 名	水 稻 土 (馬于土)	旱 (小粉土) 地	自 然 土 (黃褐色土)
(标本数)	(19)	(11)	(31)
<i>Penicillium</i>	94.7	100	93.6
<i>Aspergillus</i>	31.6	81.8	83.9
<i>Trichoderma</i>	21.1	36.4	96.8
<i>Fusarium</i>	26.3	27.3	22.6
<i>Gliocladium</i>	31.6	45.5	38.7
<i>Phoma</i>	0	36.4	3.2
<i>Tuberculina</i>	57.9	0	0
<i>Rhizopus</i>	0	81.8	0
<i>Zygorhynchus</i>	0	10.0	19.4
<i>Mycelia sterilia</i> (褐色)	73.7	极少	0
<i>Mycelia sterilia</i> (白色)	31.6	极少	0

在不同农业气候带内,气候条件的差异,农业制度和耕作措施的不同,影响水稻土形成过程的地带性特征。一般的說,北方水稻田土壤大部是一年一熟,土壤熟化过程经常同积盐过程作斗争,大部分是碱性水稻土,土壤剖面层次的分化不若南方水稻土明显。南方水稻土又自北而南随着农业气候带的变化而有不同。北亚热带和稻麦两熟地区(秦岭淮河—大巴山与长江下游之间),水稻土大部分发育于中性或微酸性母质,土壤熟化过程常与白土化天然淋溶过程作斗争,大部分土壤近中性反应,粘土矿物以2:1型为主(蒙脱石与伊利石为主),土壤代换量较亚热带和热带水稻土为高(表9),腐殖质组成中,第二组胡敏酸含量较高(8%土),且常较第一组胡敏酸的量为多(表10);土壤微生物区系组成,自北而南也有差异。在北亚热带水稻土中,芽孢杆菌的相对数量高,亚热带红壤地区的水稻土则少,而球菌的分布相反;真菌中的面菌在江苏地区水稻田土壤中几乎没有,由此而南其相对数量却逐渐增加。

南亚热带和热带双季稻地区(南岭以南)的水稻土;其熟化过程经常同淋溶过程作斗争。除了大量施用石灰和发育于石灰性母质上的水稻土以外,大部呈酸性反应,粘土矿物以1:1型为主(高岭石为主),代换量也较低(表9)腐殖质组成中第一组胡敏酸(>9%)为胡敏酸的主体,第二组胡敏酸很低(0—4%);第一组富啡酸远较1a组为高(表10)。典型亚热带双季稻地区(长江与南岭之间)水稻土的形成过程与基本性质介乎上述两个地带之间,但接近于南亚热带的水稻土。

在同一农业气候带内,水稻土的地域性特征,一方面表现在地形、母质及水分状况等自然成土条件对水稻土形成过程的影响,而且也表现为自然成土条件对水稻土的前身的

影响而为水稻土所继承;更重要的一方面,各地区的不同的农业制度和耕作措施对水稻土生成发育的影响则更为显著。

水分状况是水稻土形成过程中的一个重要因素,对于自然土壤,这个因素可以影响到土壤的发育方向,各种地带性土壤与水成土的不同就可作为例证。在水稻土的熟化过程中,由于人为措施的改造和调节,水分状况同样可以影响到水稻土的熟化方式以及熟化的速度和程度。例如沼泽土起源的水稻土,在熟化的初级阶段时,由于地下水位过高,排水不良(水分状况属地下水型),因而沼泽过程在熟化过程中占了优势,从而在土壤剖面特征以及其他理化和生物特性方面,表现出与地表水型或良水型的土壤有所不同。表 11 所示结果,说明由于水分状况的不同,影响到土壤中有机质的积累及其性质(此处用 C/N 比表示)。从表 11 中可以看出,有机质的积累及其 C/N 比值因地下水位的升高而增大。

表 11 不同水分状况的土壤中有有机质和氮素含量(平均值)

地点	地形	水分状况	标本数	有机质 (%)	全氮 (%)	碳/氮
江苏	平原	地下水型	11	3.47	0.165	12.3
		良水型	26	2.20	0.126	10.0
江西	山地	地下水型	12	3.23	0.154	12.1
		良水型和地表水型	19	3.08	0.158	11.3
广东	丘陵	地下水型	6	3.12	0.150	12.1
		良水型和地表水型	4	2.21	0.130	9.3
湖南	平原	中间型	6	3.18	0.165	11.1
		良水型和地表水型	6	2.62	0.165	9.1

所谓地域性特征,主要是自然环境条件在水稻土及其前身形成过程中的综合影响的反映。耕作历史愈久,耕作技术愈完善,土壤的熟化程度愈高,这种自然环境条件在土壤中的影响也就丧失愈多,而人为措施的影响也愈为明显。这就说明了为什么在同一农业气候带内,不论水稻土起源于什么土壤都可以向同一方向发育,而成为同一类型的水稻土。例如江苏太湖流域,不论水稻土起源于“沼泽土”、“草甸土”或“地带性自然土”,在种植水稻以后并培育到具有高度肥力水平时,都会具有蚕沙鳝血化的共同特性(如沼泽土起源的鳝血黄泥土或鳝血乌山土,地带性自然土或草甸土起源的血丝马干土或红筋马干土等等)。

通过以上水稻土各种基本性质的讨论,可以看出,水稻土的基本性质可分为“易变性的”与“相对稳定性的”两类。所谓“易变性的”就是对人为耕作措施的反应敏锐,例如土壤中的有机质的积累和养分状况,以及因此而受到深刻影响的土壤结构性状等,都可以因施肥特别是施用有机肥料而迅速改变。所谓“相对稳定性的”,如土壤的机械组成和粘土矿物组成等。通常所受一般耕作措施的影响比较缓慢,不过它们在决定土壤肥力状况上所起的作用,却可因土壤熟化程度的提高而逐渐退居次要地位。例如土壤的过粘或过砂,都可以因土壤中有有机质的增多而减轻其不良的影响。构成土壤固相部分的矿物质和有机质是土

表 12 几个发育于不同母质上面低肥与高肥水稻土的一般理化性状

肥力水平	土名 (成土母质)	地点	土号	化 学 性 质			机 械 组 成			物 理 性 质		其 他		
				pH	有机质 (%)	全氮 (%)	C/N	代换量 毫克当量/ 百克土	盐基饱和 和度 (%)	粘粒含量 (%) (<0.001 毫米)	粗粉粒 粘粒		容重	浮水土重
低	淤浆白土 (老湖积物)	江苏宜兴	33468	7.3	1.00	0.046	8.8	10.4	—	15.5	3.60	0.81	0.83	淤浆性
	死马 (下蜀系黄土性物质)	江苏南京	宁普60	6.8	2.29	0.128	10.4	21.0	—	38.1	1.19	0.65	0.81	水热状况不良
	红胶泥紫色土 白沙 (花崗风化物)	云南曲靖	33865	6.5	1.10	0.112	5.7	13.7	94.0	34.6	0.40	0.35	0.05	起浆性
	生青泥田 (第四纪黄色粘土)	江西资溪	資 1	4.6	2.72	0.136	11.6	8.7	52.2	8.7	3.69	0.57	0.67	
	锦巴田 (石灰岩风化物)	湖南长沙	29296	5.8	2.06	0.113	10.6	9.7	59.4	19.0	1.56	0.79	0.72	石灰板结田
肥		广西罗城	33720	7.9	4.11	0.237	10.0	13.9	>100	28.6	1.80	0.57	0.85	
	平 均 变 幅 (%)			—	+46	+15	+7	+15	—	—	—	+8	+189	
高	鱗血白土 (老湖积物)	江苏武进	33456	6.1	2.17	0.130	9.7	16.4	—	—	—	0.58	0.81	淤浆性消失
	黑 馬 (下蜀系黄土物质)	江苏南京	宁普87	6.4	2.27	0.141	9.4	19.2	—	29.8	1.47	0.65	0.81	水热状况良好
	鸡粪包土 (紫土)	云南曲靖	33862	6.8	2.85	0.171	9.8	17.4	93.3	39.3	0.40	0.50	0.40	起浆性消失
	烏沙 (花崗岩风化物)	江西资溪	資 4	6.9	3.10	0.134	13.4	11.4	70.9	8.5	3.42	0.61	0.82	
	熟黄泥田 (第四纪红粘土)	湖南长沙	29313	6.2	2.70	0.137	11.4	11.4	70.8	19.5	1.50	0.69	0.63	
肥		广西罗城	33729	7.5	6.96	0.419	9.4	17.5	>100	16.2	2.00	0.52	0.92	无板结现象
	平 均 变 幅 (%)			—	+7	+19	+1	+4	—	—	—	+1	+8	

壤性质的基础，它们的组成比例和性质是决定土壤一切属性的内在因子。其中有机质，从数量上来说，任何时候总是居于次要地位，但在决定土壤其他特性时，以及易受人为控制来说，它又始终是具有决定性的一个方面。土壤中的其他理化及生物特性，都可以因土壤中有有机质的积累而改变，促进其在提高土壤肥力方面的作用。

基于以上的讨论，尽管水稻土的性质反映出地带性和地域性的特征，以及熟化方式的不同（如泥肉化和鳝血蚕炒化等），但各种类型间，凡是具有高度肥力水平的水稻土，在土壤性质上可以表现出更多的共同性。表 12 所示为六对不同地区不同起源、不同时间的水稻土的一般理化性质。从表中可以看出，几个低肥水平的土壤，其各项性质的平均变幅都较大，而在肥力水平提高以后，除了机械组成以外其他各种性质的平均变幅均大为缩短。这说明水稻土在高度熟化以后，在性质上可以表现出更多的共性。

根据对丰产水稻土的初步总结研究，肥沃水稻土的一般性质是具有较厚的、质地适中的、结构和耕性良好的、富含植物养分的耕作层，也要比较坚实，能够保水保肥，又不影响作物根系伸展发育的犁底层，通常具有反映土壤的良好的透水和保水能力的斑纹层。耕作层的厚度一般不低于 20 厘米（6 寸），质地多为中壤到轻粘土，并具有良好的耕性如糯性和保肥保水能力，有机质含量不低于 2.0—3.5%，而且品质良好；土壤全氮量在 0.12% 以上，总有效磷在 0.07% 以上，活性有效钾（水溶性与代换性钾）在 0.011—0.013% 以上，而且含有大量非活性有效态钾；土壤近于中性，盐基代换量每百克土在 11—13 毫当量以上，盐基饱和度不低于 70%。整个土壤剖面的结构和质地情况，要适宜于作物根系的发育，具有通气、保肥保温的能力，特别是要使水分能够适度渗透，最好是普通灌水一次可保持三天到五天，这样有利于土壤环境的更新。这些共同性质是人为耕作措施所创造的，使它具有水稻丰产的可能性，但是要获得高额产量，仍需运用各种农业措施，调节土壤中水、肥、热、气以满足水稻不同生活时期的需要。与此同时，还要全面贯彻“八字宪法”。应当指出，这些指标仅仅反映 1959 年丰产水稻土的一般肥力性状，随着农业生产的发展，产量的进一步提高，肥沃水稻土的上述性质亦将改变。

三

水稻土形成发育的起源不同，条件各异，耕作历史不一，所以存在着不同发育阶段和发育程度的不同肥力水平的水稻土。而这些水稻土都可以采取各种人为措施培育成高额丰产的肥沃水稻土，但是其中有的是仅采取深耕、施肥和水浆管理等措施就能迅速提高和调节土壤肥力，有的低产水稻土就需要采取特殊的土壤改良措施，才能满足这种要求。

深耕细作是加速土壤熟化和提高土壤肥力的基本措施。农业生产实践证明，加深耕作层并结合施肥，特别是有机肥料，是培育肥沃水稻土的一项重要技术措施。它的主要作用是加厚土壤松土层，改善土壤结构和耕性，促进大量微生物的生存活动，改良作物的营养条件，促进土壤的加速熟化。

深耕可以改善土壤坚实度和通气状况，它的最明显的作用是打破了紧实的犁底层，并松动了生土层，加厚了松土层，使原来坚实土层的容重减小，孔隙度增大，这不仅有利于根系的伸展，而且对通气状况、水热状况、微生物活动和养分转化等一系列的性状，都产生了不同程度的影响，其中包括土层间各肥力因素的相互交换的加强。从而扩大了农作物根

系的伸展和吸收水分和养分的范围，为农作物地上部分的良好生长奠定了基础。但是深耕必须结合细作和施肥，才能使土肥相融，加速土壤熟化，培育成肥沃的土壤。

水稻土特别是质地粘重的水稻土，经过深耕之后，常形成大块状结构，如果不及时的打碎，不但阻碍土壤加速熟化，而且可以影响当季作物的产量。如南京江东公社有二块试验田，其他条件相同，但一块机耕，质量好，大土块少；另一块人力深翻，部分底土翻至表层，大土块多，质量差，因此小麦生长初期就受到严重影响，出苗率低，植株生长不良（表13）。

表 13 深耕质量对土壤的大小及小麦生长的影响(南京油砂土)

深耕方式 和质量	耕深	采样深度 (厘米)	各 级 土 块 (%)					苗数 (米 ²)	每 株 (根数)	株 高 (厘米)
			10—5 厘米	5—3.75 厘米	3.75—1.88 厘米	1.88—0.94 厘米	<0.94 厘米			
机耕质量好	25	6—21	0	42.2	35.2	10.2	12.4	441	4.5	21.4
人力翻耕 质量差	38	6—21	23.3	25.9	23.9	11.5	11.7	270	3.0	20.8

冻垡和晒垡既可以促进土壤松散，又可以释放土壤养分。冻和晒是两个不同的措施，在长江中下游的秋翻休闲田两者可以结合进行，而华南的秋翻休闲田或春翻休闲田则只能进行晒垡。精细整地更是改良土壤物理性质和促进土肥相融的有效措施。农民的精耕细作多打粮的经验，也充分说明它的重大作用。深耕细作结合施肥，特别是有机肥料，促进土肥相融，不但改进了土壤的耕性，而且增加了养分的积累，并且保证了作物生长后期营养养分的供应。

深耕的深度是因土而有所不同，不应“千篇一律”。就目前总结研究的结果，旱作(如小麦)与水稻对深耕深度的要求不同，一般是，旱作对深耕深度的要求比水稻要深些，因而在水旱轮作的水稻土上，就要考虑到两作的需要，以及前作对于后作的影响，选择适当的深耕深度和时间，以期对两季作物发挥最大的效果。在双季稻的水稻土上，同样要全面考虑作物的要求，确定深耕深度和时间。在看作物深耕的同时，还得看土深耕，即在深耕时应考虑到土壤质地层次排列和结构性，土壤养分状况以及土壤水热状况等土壤特性对深耕深度的制约，以及深耕对肥料配合要求的不同。根据土壤物理、化学和生物特性以及根系伸展和吸收能力来看，水稻土上的麦田的一般深耕深度，在目前条件下以 30—40 厘米为宜，而稻田要浅一些(20—30 厘米)。当然这不是固定不变的，除了看作物和看土深耕以外，还要随着农业水利化、园田化、机械化和电气化的发展而有所改变。

为了适时而合理地调节水、肥、气、热等肥力因素，以满足水稻不同生长时期的需要，耕、耙、耘、耩等耕作措施起着重要的作用。因而就必须因地制宜地创造优良的土壤耕作制度。

合理施肥是增加和调节土壤中养分的重要措施。水稻土中有机质和养分的积累过程，由于长期的耕作和农作物的不断收获，破坏了天然的物质生物小循环，虽然部分养分来自作物根茎的有机质合成和分解，但是主要是依靠施肥措施来补充和调节植物吸收和淋洗所消失的养分。

水稻土中养分的动态变化主要决定于吸收淋失和补充积累的矛盾过程，农作物不同生长时期的吸收是养分消失的重要原因之一。根据根外和根下土壤中各种养分浓度的测定，说明在水稻不同生长时期，根系吸收养分的强度是不同的，但是总的消耗量是相当大的。土壤剖面中土壤养分动态变化的研究，也说明了养分有下移的现象(图1)；与此相反，

施肥对土壤中养分的补充和积累具有决定性的作用，而肥料的种类和施肥量对土壤中养分的积累与浓度有着密切的关系。由于肥料中养分元素的有效性的差异，所以不同性质的肥料，反映在肥效上有迟有速，而在保肥时间上也有长有短。

在土壤中养分的积累和消失的矛盾斗争的过程中，水稻土表土的养分动态变化虽然复杂，但也有一般的规律。表现在早稻生长时期是：生长初期土壤中各种养分包括氮、磷、钾、钙、镁的含量都比较高，随着水稻的生长

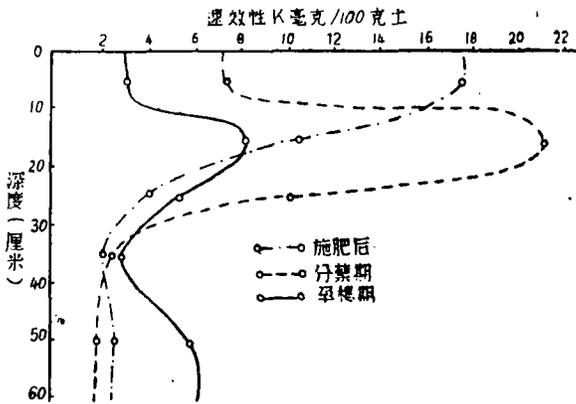


图1 速效性钾的剖面动态(江西资溪晚稻)

发育,这些养分的含量迅速降低,至孕穗灌浆期降低至很低的数值,灌浆期后又稍有回升的趋势,虽然在各个营养元素之间的变化幅度并不一样,但是总的趋势基本上是一致的(图2)。晚稻生长时期的不同养分变化情况,主要在生长初期,土壤中总的养分浓度稳定在比较高的数值,直至分蘖期前几天才有所下降,这可能是由于当时的气温高,土壤中非活性的养分元素分解和释放较快,而此时水稻的吸收利用量又较小,因而不同于早稻生长初期的情况,但是此后的变化趋势就与早稻生长时期的养分变化大致相同(图3,4)。这不仅说明土壤中有效养分的变化规律与水稻的吸收具有密切的关系,而且也采取追肥和耕作措施调节土壤养分,使其与水稻所需要养分情况趋于和谐,提供了科学依据。

根据水稻地上部分的分析,也可了解到不同生长时期需要营养元素的

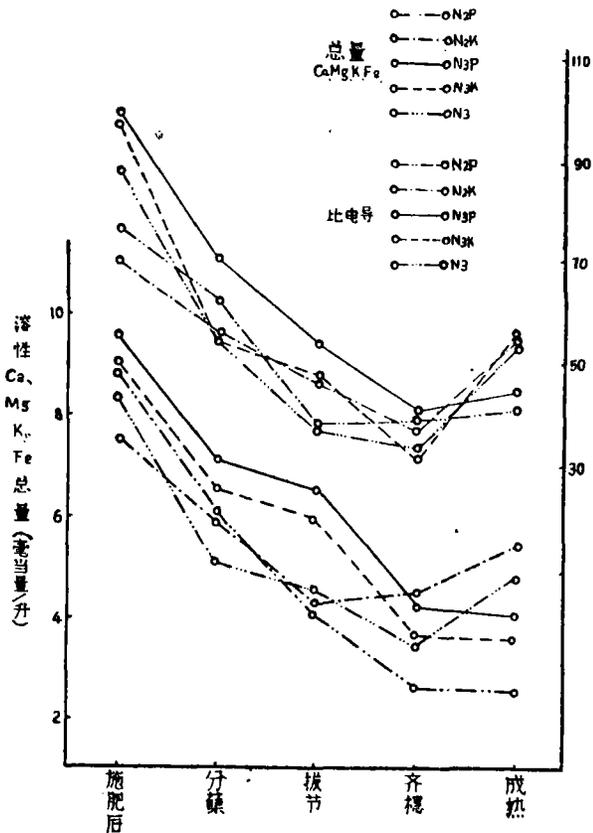


图2 水稻土壤中养分元素的动态变化

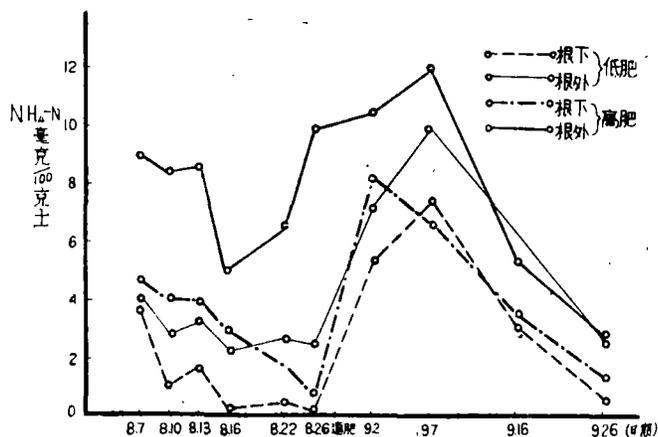
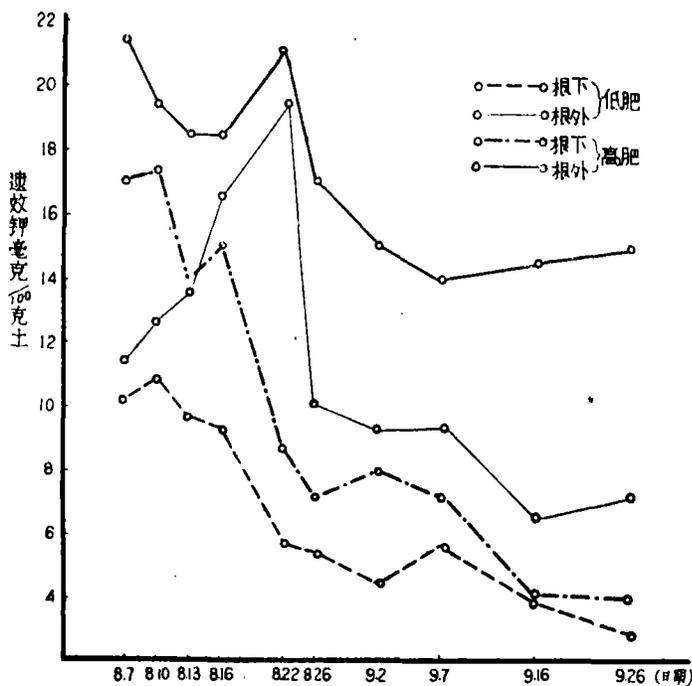
图3 根下和根外 NH_4^+-N 的动态变化 (江西晚稻)

图4 根下和根外速效性钾的动态变化 (江西晚稻)

情况。水稻对养分的吸收是有一定规律的，一般是随着生长的进展，氮、磷、钾的吸收量不断增加，但对不同养分元素，施肥条件和水稻品种来说，情况并不完全一样。从水稻对养分元素的吸收与积累强度来看，氮素一般在返青以后逐渐增加的，到分蘖盛期至拔节期达最高峰，以后又逐渐减弱（图5，表14），但由于气温的变化和土壤中氮素供应容量的不同，无论早、中稻或晚稻都有例外情况。水稻对磷、钾的吸收与积累强度与氮相似，但高峰的保持时间要长一些，直到齐穗期还维持了较高的水平（表14，图6,7）。在整个水稻生育

期内，水稻体内磷、钾含量的变化均不象氮那样对条件反映的敏锐。这些变化规律，说明水稻前期需肥较多，因此施足基肥对水稻生长是极为重要的。

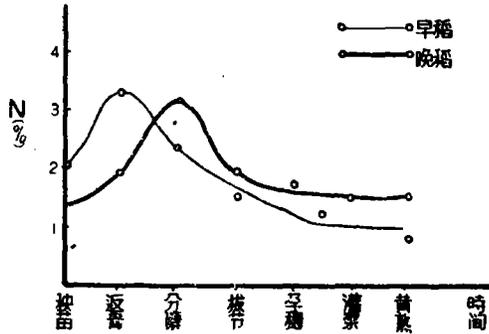


图5 早、晚稻氮素含量的动态变化

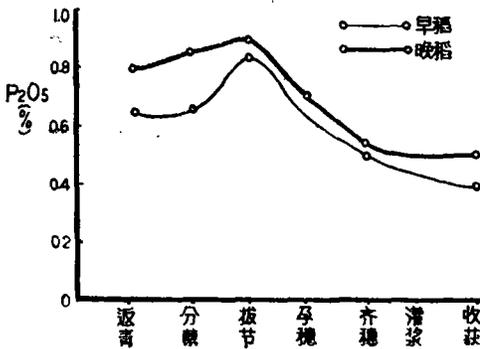


图6 早、晚稻磷素含量的动态变化

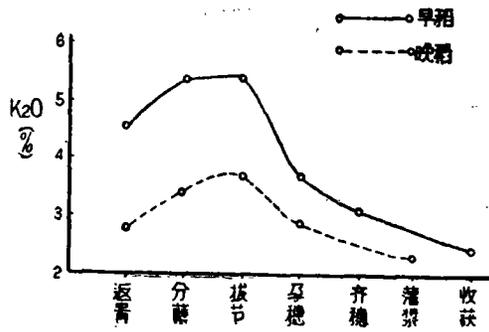


图7 早、晚稻钾素含量的动态变化

表14 水稻各生育期营养元素的积累强度
(每百株水稻每天积累营养元素的毫克数)

项目	处 理	移栽—返青	返青—分蘖盛期	分蘖盛期—拔节	拔节期—齐穗期	齐穗期—成熟
氮	低氮肥水平 (N ₁)	17	66	68	38	—
	中…………… (N ₂)	23	84	114	—	64
	高…………… (N ₃)	21	104	180	95	50
磷	N ₁	1	27	34	28	6
	N ₂	2	24	50	51	6
	N ₃	1	26	76	31	30
钾	N ₁	17	113	320	170	-2
	N ₂	25	213	270	560	-1
	N ₃	20	223	430	280	73

应当指出，早、中、晚稻生长季节不同，以及不同品种对养分的要求和吸收能力的不同，因而关于基肥足的问题，在程度上也是有区别的，如早稻就应更要强调一些，而且多施迟效肥料作为基肥也是必要的。但是为了满足水稻在生长期对养分的不同要求，一次施

肥肯定是不够的,因为水稻在返青以后吸收养分的能力还有一段时期的增长,而土壤中养分的变化情况却是不断下降,这样就发生了矛盾,特别是在分蘖到拔节期和孕穗到抽穗期表现得最为突出。因此在这两个生长时期进行追肥是非常必要的,这就是农民经验中追施穗肥和粒肥的依据。

“肥田巧施,薄田多施”是农民看土施肥的经验。一般的说,低肥田的主要问题是补充养分的不足,在有绿肥种植地区,应强调以小肥养大肥,即用少量肥料施于绿肥田中,争取绿肥生长好、产量高,这样既开辟了肥源,又增加了猪饲料和猪厩肥的来源;又因绿肥根瘤菌,而提高了土壤肥力。此外,应强调基肥足以保证水稻早期生长良好。高肥田则除合理施肥不断提高土壤肥力外,并应注意利用耕作措施进一步发挥土壤潜在肥力的作用。此外,还应指出的,无论对那一种土壤都应注意深耕施肥的综合措施,特别重视心土施肥,以满足作物生长后期的需要。

为了使土壤中数量上有限的营养物质具有供应不尽的特点,以满足年复一年农业增产的需要,必须加速农业生产上的物质循环以及参与循环的物质的数量的增加。这样,全面发展以养猪为中心的畜牧业,以达到“猪多、肥多、粮多”的目的,以及化学肥料工业的迅速发展,建立以有机肥料为主配合化学肥料等的综合肥料体系,就具有十分重要的意义。

此外,防止水稻倒伏是水稻高额丰产的一个关键问题,倒伏的因素既然复杂,防止的办法也是综合性的,但合理施肥也是重要措施之一。由于在水稻不同生长时期,对各种养分的吸收量是不同的,某种养分的过多过少,都可使水稻生长发育不正常,如从图 8 可以看出,正常生长的未倒伏植株,在灌浆期到成熟期间,其氮、磷、钾含量的比例一般维持在 1.4—2.0:1:4—6,当氮、磷(N/P₂O₅) 比值达到 2.5 以上时,几乎全部发生了倒伏。施肥的作用,就是在于调节土壤中养分的状况,使合理而适时的满足水稻不同生育时期对养分

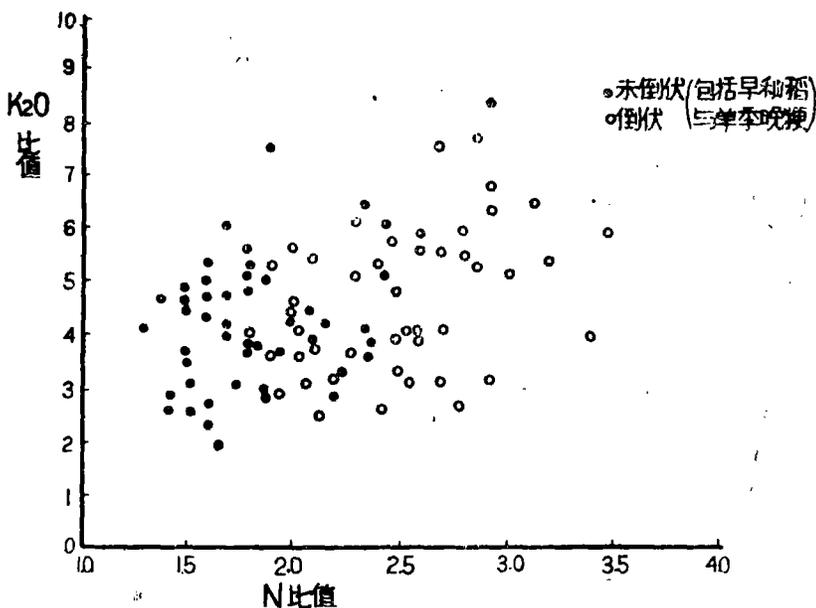


图 8 水稻体内氮、磷、钾比例与倒伏的关系(以 P₂O₅ 为 1)

的要求,力求避免水稻体内养分平衡的失调,影响水稻的正常代谢。因此施肥与水稻倒伏的关系,实际上是土壤中养分供给状况与水稻需求之间的一个十分复杂的养分和谐问题。

水浆管理是通过灌溉排水的措施调节土壤水分状况,解决水分和空气的矛盾,促进氧化还原过程的交替进行,改变土壤养分释放供应和土壤温度的条件,从而控制和促进水稻的生长发育,使其达到高产。农民群众通常运用的水浆管理措施主要分为灌溉和烤田两个方面。灌溉的处理又有深水灌溉、浅水灌溉、干干湿湿、湿润灌溉。由于灌溉水层的厚度不同;而且土和水的比热相差很大,以致影响到热量的吸收、传导和辐射,从而对土壤温度发生了影响。表15所示结果表明,随着水层的加深,耕作层的最高温度渐减,而最低温度则渐增,日差减小,因而水层的深浅具有调节土壤温度的作用。

表 15 灌溉对耕作层土壤温度(°C)的影响

项 目	气 温	深 水 灌 溉		浅 水 灌 溉		干 干 湿 湿		湿 润 灌 溉	
		5 厘米	15厘米						
日最高温度	24.5	22.2	21.7	22.3	22.2	22.6	22.2	23.7	23.5
日最低温度	14.8	20.2	—	19.0	20.2	19.2	20.3	18.9	19.9
日 温 差	11.7	2.0	—	3.3	2.0	3.4	1.9	4.8	3.6

在土壤水分过饱和的情况下,土壤的还原过程占了主导,对土壤的化学、生物特性也有显著的影响。根据比电导和氯化强度的不同,证明土壤溶液的离子浓度随灌溉方式的不同而不同,一般离子浓度的次序是:湿润灌溉>干干湿湿>浅水灌溉>深水灌溉。正说明运用各种灌溉措施,可以调节耕作层中养分的浓度,促进水稻营养环境的更新。

各种灌溉处理不仅影响到土壤水分、氧化还原过程、养分的浓度和土壤温度,而且对水稻的生长发育也具有很大的影响。例如在水稻生长初期进行湿润灌溉常影响到水稻返青,甚至根和叶的生长都受到了抑制;在水稻灌浆时期,水分不足影响到籽粒的饱满;在南方分蘖拔节期,采用深水灌溉则常引起不同程度的倒伏。这种情况充分说明在水稻不同生长时期,应采用不同的灌溉处理,才能保证水稻的丰产。

在我国南方水稻土区,烤田是水浆管理中的重要组成部分,烤田是在水稻生长发育的某一时期,停止灌溉使田面水落干,然后再行灌水,在烤田的程度上有轻重之分。烤田的时间以及轻烤或重烤,决定于水稻的需要和土壤特性。例如在太湖流域的单季晚稻一般在拔节期进行一次重烤。

烤田过程首先是改变了土壤中液相和气相的比例和组成。由于空气的进入,氧化过程占了主导,有益微生物活动增强,土壤养分得到充分释放,水稻生长的环境条件随着水分的渗透得以更新。在烤田过程中,由于土壤从淹水状态转变成旱地状态,引起了水稻根部吸收能力的暂时削弱,从而影响了对养分的吸收,暂时的抑制了水稻的地上部分的伸长而促进了茎秆的健壮,有利于抗倒。烤田对于根部的生长发育则起着促进作用。白根的增加和扎深,稻叶的发“黄”和茎秆健壮等现象都充分说明了这个问题(表16)。在烤田复水之后,由于有效养分的增加,充足的土壤水分,水稻根系吸收能力的加强,所以对水稻的生长发育起着很大的促进作用。

合理的水浆管理制度是根据水稻不同生长时期的要求,以及各种土壤的特性,采用不

同灌溉处理,结合轻重不同的烤田措施。例如,良水型的水稻土,一般是长期水层一次烤田的水浆管理制度,灌溉水层是浅—深—浅;拔节前按土壤肥力及水稻的生长状况进行不

表 16 烤田与不烤田对土壤养分浓度以及水稻叶、茎、根生长的影响

处 理	土壤养分浓度 (3—10 厘米) (比电导 $\times 10^{-6}$ 欧 姆 ⁻¹ 厘米 ²)	叶片中养分 含量(%)			茎							根		
		氮	磷	钾	磷 (P ₂ O ₅ %)	钾 (K ₂ O %)	粗 (厘米)	维管 束数	空腔 直径	机械 组织 厚度	0—50 厘米 中*			相对呼吸 强度
											白 根	细 根	黄黑 根	
烤 田	回水24小时 75.8	1.87	0.67	2.05	1.01	1.68	0.32	55.0	5.3	3.7	31	50	180	111—132
不 烤 田	45.7	2.01	0.73	2.23	0.98	1.98	0.35	52.7	8.1	2.9	22	64	168	100

* 单株根干重(毫克数)。

同程度的烤田处理,回水后到乳熟期仍为水层灌溉。乳熟期以后,若土壤保水性优良或地下水位稍高,可用干干湿湿的灌溉法;反之,则以浅水为宜。但是这种灌溉和烤田处理的水浆管理制度是因水稻生长和土壤特性的情况,甚至气候的变化而因地制宜的灵活运用。

四

一般的水稻土,通过深耕细作、合理施肥和水浆管理,就可以加速土壤熟化,提高土壤肥力,变低产土壤为高产土壤,使肥沃土壤更肥沃。但是,有的低产水稻土还必须采取特殊的措施,同不良的土壤特性和条件作斗争,然后或者同时采取这些措施,加速土壤熟化,培育成肥沃水稻土。

我国目前的低产水稻土,主要是受不良的水分状况、不良的物理性质、过多的毒质和养分的极端缺乏等不良因素的影响。不改造这些因素,就妨碍了土壤肥力的提高。

在水分状况方面,有两种极端不同的情况。一种是山区或丘陵区上部的“望天田”,由于水源供应不足,不但往往使水稻生长本身直接受到威胁,而且土壤中有机质的好气性分解过程过于强烈,更由于施肥较少,所以养分较为贫乏。对于这类土壤,解决水源问题,乃是当务之急。另一类是地下水型的水稻土,包括山区和丘陵区各种类型的冷浸田和平原区低洼地带的漏水田,由于终年积水,使土壤中正常的生物循环受到阻碍,潜在的肥力不能得到充分发挥,并且由于水分过多,而引起一系列对作物生长具有不良影响的性质,特别是不能及时的调节土壤水分和养分。对于这类土壤,首要的任务便是降低地下水位,最高水位应在60厘米以下,使土壤中的有机质能够在排水以后,得到好气性分解的机会,并能种植越冬作物或冬季绿肥,彻底改变轮作制度。

由于土壤过砂过粘而引起了一系列的不良物理性质,例如云南紫色页岩地区的胶泥田和广东沿海地区的一些粘土田,就是由于含粘粒过多而影响水稻的丰产。对于这类土壤,可采取客土、掺砂的办法,使耕作层的质地变轻,或增施有机肥料,提高土壤有机质含量,以缓和粘粒过多的不良影响。在花岗岩山区和河流冲积地区,又有质地过轻的砂土田,保水、保肥的能力都很差,对于这类土壤,同样应该采取客土的办法,使耕作层的粘粒

含量达到 10—15% 以上,或施用有机肥料,使有机质含量达到 3% 以上。另外,各地还有一些可以统称为“小粉土”类型的土壤,其共同的特点是粉砂粒多,结构不良,耕耙后极易淀浆板结,这种现象的形成,往往是由于粉砂过多和有机质过少所共同引起,而后一种因素,又往往是较为活泼的决定性因素。因此增施有机肥料,使有机质含量达到 1.5—2.0% 以上,可以在很大程度上使粉砂粒过多的不良影响退居于比较次要的地位,例如太湖地区的鱗血白土,就是由于有机质增多,而消除了这种淀浆性质。

含毒质过多的水稻土,包括各种类型的盐渍土、反酸田和锈水田等,对于这些土壤,首要的任务是采取各种措施,排除土壤中的有毒物质。

在消除了这些限制因素以后,进一步提高土壤肥力就成为主要问题。在这方面,对于不同类型的土壤,虽然重点有所不同,但一般说来,深耕细作、合理施肥和水浆管理,以及合理的轮作制度对加速土壤熟化、提高土壤肥力具有重要的普遍意义。当然低产田的改良,应该采取边利用、边改良和边提高的方针,因而各种措施可以同时进行。

五

耕作“园田化”是保持、提高土壤肥力因素和保证高额而稳定的农作物产量的综合性技术措施,其中以园田化土壤耕作制为中心环节,并与施肥制、水分管理制、轮作制以及农林牧副渔综合经营制度密切的有机联系着,共同组成完善而优越的耕作园田化农作制。这种以园田化耕作制为中心的耕作园田化农作制是我国人民长期生产劳动的伟大创造。它是农业生产“八字宪法”的综合表现。

从“园田化”的字面含意就可了解它的起源,首先是城镇附近菜园地蔬菜栽培和精耕细作的经营管理,后来才逐渐发展扩大农作物的种植范围以及推广到离城镇较远的农田。但是,在旧社会时代,这种经验创造没有得到很快发展和提高,也没有在大面积土地上应用推广,始终停留在小农经济制度的小型经营阶段。解放以后,在中国共产党的正确领导下,在优越的社会制度和人民公社的条件下,不但是进行了经验总结研究,改进和提高了农业技术措施,有了新的创造,而且已经发展为社会主义人民公社化的大规模创造性的推广阶段,并且正向现代化农作制度高速度的发展。

培育肥沃水稻土的园田化耕作制和耕作园田化农作制,虽然是同菜园土壤和旱作土壤有很大差别,而且又因各地的自然和经济条件不同,具体技术措施和制度也有所不同,但是基本原则还是一致的,都是创造肥沃土壤和增加农作物产量的多、快、好、省的途径。

园田化土壤耕作制,是提高水稻土肥力的综合技术措施,也是水稻丰产的农作制中的一个不可分割的中心环节,它的基本精神是我国传统的精耕细作的经验,具体的措施包括着一系列的耕作方法,但是,为了加速土壤熟化和调节土壤肥力因素,深耕结合施肥、耕、耙、耘、耨的精耕细作以及合理的水浆管理才是培育高度熟化和高度肥力水稻土的完善的园田化耕作制。提高土壤肥力的概念,首先是创造土壤肥力条件,就是以深耕施肥为中心结合平整土地、建立灌溉排水系统,改良土壤的不良特性和条件等基本建设措施,创造高度熟化的优良土壤肥力条件,使具有良好的土壤物理、化学和生物特性,含有丰富的迟效和速效养分及积累、保存和释放的条件,并且还要有水分渗透、保蓄和空气流通保温的能力,这样就为水稻所需要的水、肥、热、气等植物生活因素的保存和供应,奠定了基础。

但是为了满足水稻生长时期的要求，更重要的一环是及时和适量的调节土壤中的水、肥、热、气，也就是通过精耕细作、水浆管理、追施肥料和田间管理措施，及时的调节这些肥力因素，控制和促进水稻的生长发育，以保证水稻生长良好和高额丰产。

为了合理利用土地，不断的提高土壤肥力和发展多种经营的农业生产，保证肥沃土壤和水稻丰产的稳定性，完善的而优良的耕作园田化的农作制具有重大的意义。为了不断的积累、保存和供应植物所需要的养分，就必须建立合理的施肥制度。经验已经证明，以有机肥料为主，结合矿物肥料、化学肥料、细菌肥料和微量元素肥料的综合施肥制度，可以保证完成这个任务。为了保证土壤水分与空气的供应与适当的配合，必须建立良好的灌溉排水制度。为了合理利用土地，提高土壤肥力，就要以水稻栽培为中心，进行农、林、牧的合理配置，发展作物栽培、牧草栽培和森林果木的栽培。为了充分利用植物有机体，增加肥源和动物有机体产品，就要发展动物饲养的畜牧、副产和渔业。农、林、牧、副、渔五个农业生产部门是有机的联系和相互依赖着，因而因地制宜的综合经营，既可保证提高土壤肥力，又可大兴山水果木之利，改造自然，美化全国。

生产实践证明，旧学术观点已经不能阐明土壤肥力的本质和创造培育肥沃水稻土的措施和理论。例如含有等量养分的水稻土，水稻产量不同，而且有时发现土壤中养分含量低，水稻产量反而高的情况，这就是充分说明土壤肥力因素不仅是养分，而且是水、肥、热、气，更重要的是土壤肥力条件的培育和土壤肥力因素的调节是组成土壤肥力的两个不可分割的概念。因此，必须运用辩证唯物主义的立场、观点和方法，破旧立新，才能建立创造肥沃水稻土的新措施和系统理论。

现在农业生产战线上，农业水利化、园田化、机械化和电气化正在高速度和高水平的飞跃发展，因而迫切要求围绕农业生产“八字宪法”在群众经验总结研究的基础上，运用新观点和新技术，进一步创造发展适合于现代化农业的园田化土壤耕作制和因地制宜的耕作园田化农作制，进一步不断地提高土壤肥力和水稻的单位面积产量，发展多种经营，保证农业生产的持续跃进。

ПОЧВЕННАЯ СРЕДА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКИХ УРОЖАЕВ

РИСА И ЕЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Бригада Почвенного института АН КНР по обобщению опыта создания
высоких урожаев культурных растений
(Резюме)

1. Рисовые почвы представляют собой продукты труда человека. В процессе их образования главным процессом является окультуривание, определяемое производственными мероприятиями. Следовательно, плодородие рисовых почв в зависимости от развития производительных сил общества, науки и техники непрерывно повышается.

Плодородием почвы является комплексное проявление химических, физических и биологических свойств почвы. Оно является основным свойством почвы и основным показателем плодородности почвы. Факторами плодородия почвы не только

являются питательные элементы, или влага и питательные элементы, но и теплота и воздух в почвах. Они конкретно выражаются в способности почвы, выражающейся в одновременном удовлетворении нужды культурных растений в «воде, удобрении, теплоте и воздухе» в их вегетационный период, т.е. факторы плодородия почвы являются почвенными условиями для жизни культурных растений. Под понятием высокоплодородных почв понимаем почвы, с одной стороны, обладающие способностью обеспечения, накопления и сохранения воды, удобрения, теплоты и воздуха, нуждаемых культурными растениями в своей жизни, а с другой стороны, имеют благоприятные свойства, для применения мероприятий по регулированию этих факторов, следовательно, и удовлетворяют требованию растений в разных стадиях вегетационного периода и создают основные условия для высоких урожаев.

2. Основные свойства рисовых почв являются эндогенными факторами, определяющими плодородие почвы, и отражением стадии и степени их развития. Поскольку рисовые почвы периодически затопляются водой, в процессе их развития перемененно происходят процессы поливного и богарного окультуривания.

При затоплении водой в рисовых почвах преобладает восстановительный процесс, под действием которого соединения железа и марганца превращаются в состояние закиси, поступая в раствор, с нисходящим потоком передвигаются. А в не поливный период в почвах господствует процесс окисления и восстановленные вещества при окислении осаждаются. Благодаря этим процессам в рисовых почвах окислительно-восстановительные вещества по виду и по количеству распространены по профилю не равномерно. В результате дифференциации по профелю окислительно-восстановительных веществ образовались полосатые ржавые или пятнистые горизонты, что и является одним из главных признаков профиля рисовых почв. Между тем во время орошения из-за перенасыщения или насыщения почвы водой усиливается диссоциация обменных оснований и ослабляется притяжение между основаниями и коллоидными ядрами, тем самым при просачивании влаги вызывает дифференциацию по профилю обменных оснований. Помимо того, под влиянием механического выщелачивания и осмотического давления в почвах, а также под действием обработки почвы происходит по профилю дифференциация ила, в результате чего образовались более тяжелые глинистые подпахотные горизонты, чем и отличаются рисовые почвы по профилю механического состава от других почв.

Состав гумусовых веществ рисовых почв также резко отличается от других почв, образовавшихся в одной и той же био-климатической области. Вообще говоря, состав их гумусовых веществ более резко отличается от луговых и коричневых почв, но сравнительно близка к красноземам, различие с последними главным образом заключается в том, что в рисовых почвах относительное содержание гуминовых кислот в гумусе оказывается больше, и сами гумусовые вещества в рисовых почвах оказываются также более сложными, чем в красноземах. Причина этих различий объясняется с. х. мероприятиями и в особенности внесением большого количества органического удобрения, а также и специфическим водным режимом в рисовых почвах.

В рисовых почвах микрофлора и количество микробов также резко отличаются

от богарных и естественных почв.

В основных свойствах рисовых почв хотя имеются некоторые общие особенности, но в зависимости от климатических условий, систем земледелия и мероприятий обработки почвы наблюдается и зональный характер. Помимо того, разные материнские породы рельефы, гидрологические условия и истории земледелия также отражаются в региональной особенности рисовых почв. Вообще говоря, чем больше окультуренности рисовых почв, тем яснее выражены их общие особенности.

Основные свойства рисовых почв можно разделить на два типа: «легко изменяемый» и «относительно устойчивый». Первый легко изменяется с. х. мероприятиями, так например, содержанию органических и питательных веществ, а также связанные с ними некоторые физические свойства могут быстро изменяться. при внесении удобрения, особенно при внесении большого количества органического удобрения. Что касается «относительно устойчивых» свойств, так например, механический состав и состав глинистых минералов, то на них действуют мероприятия обработки сравнительно медленно, однако их значение в плодородии почвы из-за улучшения свойств «легко переменного» типа перешло на второе место.

3. В связи с разными происхождениями, условиями образования и историей земледелия существуют рисовые почвы с различной степенью развития и не одинаковым уровнем плодородия. Однако, все эти почвы при помощи антропогенных мероприятий могут превратиться в плодородные рисовые почвы, так например для некоторых почв мероприятия по глубокой вспашке, удобрению и орошению уже быстро дают результаты в повышении и урегулировании их плодородия, но для других почв (низкоурожайных) помимо этих мероприятий следует применять еще специфические мелиоративные мероприятия, как дренаж, промывку и др.

Проведение глубокой вспашки способствует разрушению подпахотного горизонта, углублению пахатного слоя и усилению обмен воды, удобрения, теплоты и воздуха между горизонтами, в результате которых создают благоприятные условия для развития подземной и надземной частей культурных растений.

Важным мероприятием в увеличении и регулировании питательных элементов в почвах являются рациональное внесение удобрения. Динамика питательных элементов в рисовых почвах главным образом определяется процессами противоречий между поглощением и выносом этих элементов и внесением удобрения и их накоплением в почвах. Следовательно, динамика питательных элементов в почвах хотя сложна, но она имеет определенную закономерность. Так например, для раннеспелого риса в начале его вегетационного периода в почвах содержатся богатые питательные вещества (аммоний, фосфор, калий, кальций, магний), потом с ростом риса содержание в почвах этих элементов быстро уменьшается и в период колошения достигает минимума, а затем наблюдается тенденция к незаметному увеличению. Что касается позднеспелого риса, то начало снижения концентрации питательных элементов в почвах появляется несколько позже, интенсивность накопления питательных элементов в телах риса постепенно усиливается обычно после периода восстановления зелени и в период бурного роста питательных органов достигает максимума, затем вновь постепенно ослабляется. Конечно, для ранне— средне— и позднеспелого риса время появления и продолжительность максимальной интенсивности накопления питательных веществ не совсем одинаковы, интенсивность накопления разных

питательных элементов и время появления их максимума также различны, но их общая закономерность оказывается сравнительно однородной: в ранний вегетационный период риса требуется удобрения больше. В итоге можно сказать, что вышеупомянутая закономерность о динамике питательных элементов в почвах и нуждах риса в удобрении является и объективным обоснованием крестьянской системы удобрения, в которой включается внесение большого количества основного удобрения и известного количества продуктивного удобрения.

Борьба с полеганием риса является важнейшим вопросом в создании высоких урожаев риса. Поскольку причина полегания риса очень сложна, мероприятия борьбы с ним должны быть комплексными. Но рациональное внесение удобрения, регулирующая соотношение между пищевым режимом почвы и потребностью риса в питании, является также одним из важнейших мероприятий.

Сущность поливного ухода заключается в том, чтобы при помощи орошения и высушивания регулировать влагу почвы, создать условия для переменного происхождения окислительно—восстановительного процесса, изменить пищевой режим и температуру почвы, тем самым управляют ростом риса и создают высокую урожайность. Поливной уход включает в себе две стороны, именно орошение и высушивание. Орошение, с одной стороны, удовлетворяет нужды риса в воде, а с другой стороны, при помощи водного слоя регулирует температуру почвы и концентрацию питательных элементов следовательно, и содействует возобновлению пищевой среды почвы.

Процесс высушивания прежде всего изменяет соотношение и состав жидкой и газовой фазы почвы. В результате проникновения воздуха окислительный процесс занимает господствующее место, что и усиливает в почвах деятельность микробов и процесс освобождения питательных элементов. В связи с этим среда роста риса с просачиванием влаги возобновляется. Что касается самого риса, то высушивание поля временно ослабляет поглотительную способность корневой системы, тем самым и ослабляет поглощение питательных элементов. Поэтому высушивание поля способствует временному подвлиянию вырастания надземной части риса, но одновременно с этим оно содействует развитию его корневой системы. Увеличение белых корней и углубление корневой системы, временное желтение листьев риса и укрепление стеблей—все эти являются положительным действием высушивания поля. После высушивания поле вновь орошается, из-за увеличения эффективных элементов питания и богатого содержания влаги поглотительная способность корневой системы риса усиливается, тем самым сильно содействуют развитию и росту риса.

Учитываясь требование риса в разных стадиях его вегетационного периода и свойства почвы, правильная система поливного ухода должна быть сочетанием мероприятий многократного орошения (с разными нормами) с высушиванием (с разной сухостью).

Для непрерывного повышения плодородия почвы и урожайности риса с единицы площади, а также обеспечения продолжительного подема сельскохозяйственного производства, совершенная и хорошая система земледелия в роде огородного полеводства имеет широкое и большое значение.