

太湖地区水稻土的土壤物理条件及其调节

姚贤良 于德芬

(中国科学院南京土壤研究所)

一、太湖地区水稻土(黄泥土)的基本物理条件

土壤作为植物生长的一个多孔介质,可以区分为两个相互联系的部分。一是固相物质的组成和性质,它包括矿质颗粒、有机物质、溶质以及土壤生物等;另一是由于固相颗粒的不同排列所形成的孔隙大小和分配。其中进行着水、气、热以及营养物质的不断变化。这两个部份都是土壤肥力的重要基础。据此,我们对太湖地区水稻土的物理因素进行一些初步的剖析。据研究,本地区的成土母质大部来自黄土性物质的湖积物。因此,它的固相物质的组成有两个特点:细粒和表土有机质贮量相对较多。就以分布较广的黄泥土而论,根据大量的分析标本表明,直径小于0.001毫米的粘粒含量占25%左右,有的占30%以上,而砂粒(1—0.05毫米)含量低于5%。按1米以内的剖面,则下层的粘粒含量往往比耕层还高。有机质含量也较多,一些初垦圩田,耕层中有机质可高达6%。经排水等改良措施,所谓黄化后的黄泥土也可达2—3%^[1,2]。

再从固相物质的排列来看,由于它是静水的湖相沉积,因此,土壤颗粒以紧排列为主。耕层由于受耕作及施肥条件等的影响,排列状况变化较大,土壤容重一般达1—1.25克/厘米³,心土和底土的土壤容重,有的可高达1.5—1.6克/厘米³,总孔隙度在40%左右。

粘粒含量较多,土粒排列较紧,对保水、保肥是个良好的条件。但是,粘粒过多,土体紧实也不适合高产条件的要求,因为粘粒既有巨大的比表面能吸附养分,防止流失,但也因此养分不易被释放。排列紧密既有利于保水,但水分过多亦不利于环境更新和根系的活动。据六十年代的分析资料表明,有些青泥土的农化性状和鳝血黄泥土相近,有机质和全氮含量往往前者还比后者高,但因青泥土常反映出粘湿特征,农业生产性能却是鳝血黄泥土显著优于青泥土^{*}。过去这种青泥土主要分布于比较低洼的地区,但目前在平坦地区也能见到。

二、改制后土壤物理条件的一些变化

自大面积由稻麦两熟改种稻稻麦三熟制以来,有

些地方由于条件(如农田水利,有机肥源等等)跟不上,于1975年左右,发现一些土壤变坏,肥力下降。有的说,土壤发僵、有的说,土壤发粘、发滑。僵稻、僵麦、甚至红花发僵的现象日趋严重,化肥用量愈来愈大,而稻麦产量则很不稳定^{**}。影响稻麦产量的因素是复杂的,但是,某些田块土壤肥力下降也是重要的原因之一。

(一)耕层的土壤结构有所恶化

耕层粘、滑,并不一定在于粘粒的增加,而是由于土壤的团聚体、微团聚体遭到破坏,致使原来母质粘性强,排列紧密的特点又重新得到不同程度的显示。

以苏南地区的黄泥土为例,在六十年代,凡是鳝血黄泥土,其微团聚体(1—0.05毫米)均较黄泥土要多2—5%(两种土壤的机械组成相近)。说明微团聚体组成在一定程度上能反映土壤结构的优劣。但改制以来,这级微团聚体的数量明显减少(表1)。将1965年与1977年的分析结果相比,发现这一地区黄泥土的机械组成变幅较小,其平均含量均接近(表2)。而微团聚体变幅较大,其中尤以1—0.05毫米间的两级(即

表1 土壤微团聚体含量的比较(%)

微团聚体(毫米)	1—0.05	<0.01	<0.001
1965年春季测定	24.3	21.9	1.4
1977年春季测定	12.8	31.2	4.5
两年差异	-11.5**	9.3**	3.1**

**P < 0.01 (n = 12)

表2 土壤机械成分的比较(%)

机械成分(毫米)	1—0.05	<0.01	<0.001
1965年春季测定	3.3	52.8	24.8
1977年春季测定	2.1	53.3	24.8
两年差异	-1.2N.S.	0.5N.S.	0

N.S. — 不显著

* 姚贤良等: 苏南水稻土“松”、“僵”的物理条件。1965年。

** 姚贤良等: 无锡县东亭大队黄泥土的某些物理性质的研究。1976年。

1—0.25; 0.25—0.05)的总量, 1965年比1977年平均多11.5%。差异显著。

1977年1—0.05毫米的团聚体数量的减少, 主要在于增加<0.01毫米和<0.001毫米两级的含量, 平均分别增加9.3%和3.1%。由于耕层内细粒部份的增加, 对粘质水稻土的土壤物理性质十分不利, 湿时细粒易于堵塞孔隙, 造成土壤粘闭, 干时土体收缩增加土壤的抗压强度, 形成不易散开的僵块。在一定有机质含量范围内, 随着土体中粘粒和物理性粘粒含量的增加, 土块抗压强度亦增加。土块压强的增大不仅影响着土壤中一系列的物理、化学和生物学过程, 如氮、磷、钾的供应能力降低。而且直接影响根系在土块中的伸展和穿插能力。

土壤结构恶化(发僵)对水稻生长有明显的影 响, 今以改制后水肥等条件好的吴县农科所一试验田(吴78—4)和改制后条件差的附近一大田(吴78—5)作对

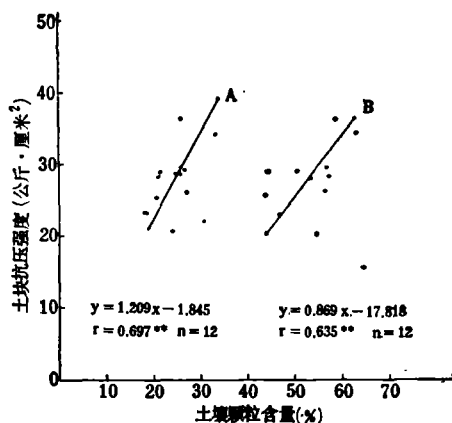


图1 土块压强与粘粒和物理性粘粒含量的关系

A 土块压强与粘粒(<0.001毫米)含量的回归线。

B 土块压强与物理性粘粒(<0.01毫米)含量的回归线

表3 供试黄泥土的基本性质

土样编号	结构性	粘粒 (%)	抗压 (公斤/厘米 ²)	无定形 Fe ₂ O ₃ (%)	有机质 (%)	全 N (%)	Eh (毫伏)		渗水量 (毫米/日)
							表土	15厘米以下	
吴78—4	好	29.2	23.5	2.19	3.19	0.17	+292	+229	7.8
吴78—5	差	26.8	35.1	1.74	2.97	0.16	+214	+133	1.5

*渗水量由徐高安同志测定。

比, 两块田的土壤基本性质见表3。采用田间 10×10×15 厘米³的原状土进行水稻根系的生长试验, 幼苗生长55天, 用铈⁸⁸注射法测定根系在土体内的分布。在生长过程还进行了植株农艺性状的观察及相应土块的氮素释放培育试验。结果表明, 两种土壤的农化性状基本相近, 但由于物理性状不同, 结构好的黄泥土在0—5厘米耕层中的根量比结构差的多。从植株的干、鲜重来看也是结构好的黄泥土优于僵黄泥土(表4)。不同结构对水稻生长具有明显的影响, 可能与土块释放氮素的速度有关。就图2所示, 结构好的土块在淹水时释放出的NH₄-N量明显要比结构差的多, 可促进幼苗早发。

图2 不同结构土壤对水稻的分蘖及土块释放 NH₄-N 的影响

注: 1. 土块释放出NH₄-N量系土块表面及内部 NH₄-N 的平均数。

2. 分蘖数即四个重复16株的总分蘖数。

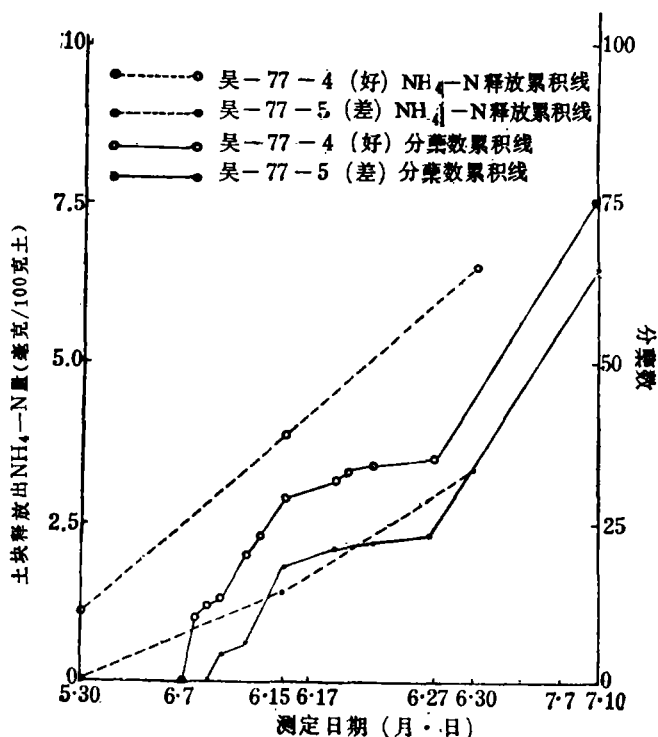


表 4 植株地上部分的农艺性状

土壤结构状况	分蘖数	株 高 (厘米)	株 重 (克)	
			鲜 重	干 重
好	23 ± 3.2	35 ± 3.1	32.5 ± 2.4	6.72 ± 0.61
差	20 ± 1.7	33 ± 2.4	24.9 ± 3.7	5.29 ± 0.68

注: 表内数据为 $\bar{X} \pm S$ ($n = 4$)

(二) 土壤的通气性有所变坏

从1965年和1976年于无锡采集的水稻土(黄泥土)几个剖面的孔隙分配进行比较。考虑到影响通气孔隙的因素很多,如质地及茬口等。因此所选对比剖面的耕层质地基本相近(耕层粘粒在20—22%),茬口多属紫云英,而且是在不同年份的同一个月份(4月)进行采土测定,以期取土时的水分条件等较为一致。对比表明,田间持水量时的通气孔隙,以1965年为多。特别在1965年的整个土壤剖面内均有一定量的通气孔隙,而在1976年的土壤剖面内,耕层以下,特别在犁底层中的通气孔隙极少。根据近年来在无锡、吴县9个黄泥土犁底层的通气孔隙测定资料统计,平均值为0.9%(体积),明显影响水分从土体中向下渗漏。以无锡黄泥土为例多数剖面犁底层的 k_1 。(透水速度)每分钟不超过1毫米(系麦季测定)。土壤通透性不良,不仅影响氧对根系呼吸的供应,更新耕层的环境条件,以及促进微生物的活性,而且也影响养分的供应状况。有人较早研究指出,在一些内排水不良的土壤上,有时土壤中速效钾虽然含量较高,但为了获得高产,还必须施用大量钾肥,主要原因之一是土壤通气条件不良,降低了钾的有效供应。如图3表明〔3〕,在压实、

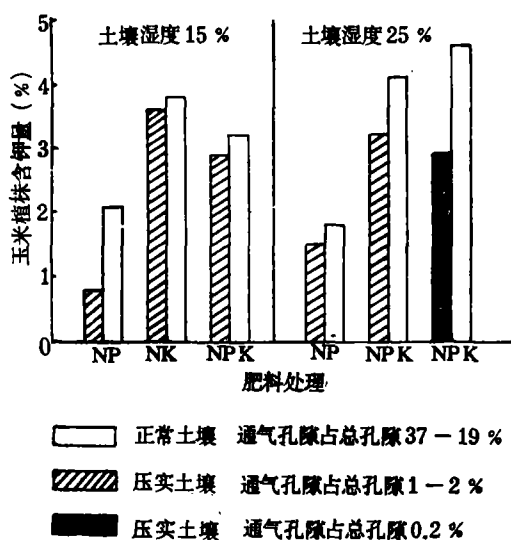


图3 不同通气状况及水分条件对玉米吸收钾的影响。

通气性差的土壤上生长的植株,其含钾量较通气好的要低。通气性愈差,吸钾的差异就愈大(图3最右行NPK处理)。苏南地区目前一些高产土壤上,施钾有明显的增产效果,除了养分之间的协调所需外,也可能与土壤的通透性变劣,降低了钾素的有效供应有关。

三、影响土壤物理性质变化的主要因素

土壤水分过多以及滞水性强,是造成土壤物理性质变劣的主导因素。据1976年春季(较早)在无锡东亭测定,板田和红花茬耕层的含水量都比较高,多在30%(重量%)以上,特别是田间持水量接近饱和含水量,表明了只要稍加补水(降水或灌溉),耕层就可达水分饱和状态。而在所有剖面的犁底层内,经常是自然含水量接近田间持水量,田间持水量又接近于饱和含水量。从表5,6的测定结果来看,在渍水条件下,土壤的干燥过程,有利于无定形高铁积聚,促进土体疏松。1965年土体中的水分条件较好,当时每年有一个干燥过程,孔隙性较好,因此耕层中的无定形高铁的积聚多。而1977年(改制后)土壤中水分含量较多,孔隙状况普遍变劣,耕层中的无定形高铁积聚明显减少,土体紧实。1978年由于冬春气候特别干旱,土壤通气孔隙增多,无定形高铁的积聚亦增多,但比起1965年仍然偏低。因此土体水分过多会带来一系列不良的土壤理化性质的变化。

水分过多还有其他不良作用。(1)不能适时耕作,烂耕烂耙次数增多,从而更使土壤粘闭;(2)春季土壤中水分过多不利于提高土温。据研究水温在10℃时,每蒸发1毫升的水需消耗590卡的辐射能,而590卡的热能在含水量为38%时,可使125厘米³的土壤温度从10℃升到20.8℃。这时,作物幼苗的生长速度可增加一倍〔4〕。苏南平原地区双季早稻的秧田一般在三月底四月初开始淹水,土壤过湿又过早渍水,影响温度上升,可能是引起夏熟作物及双季早稻前期易于僵苗的原因之一。农民熟知早春土壤渍害对作物生长不利,一般在田内开浅明沟,不仅能排水,而且提高了土温。

此外,如前所述,渍水会影响土壤的钾素供应。而且在结构不良,内排水差的粘质土壤上,除去能形成 Fe^{++} 或一些有害气体(如 CH_4 、 H_2S 等)毒害根系外,还能增强土壤的反硝化作用,而导致化学氮肥通过 N_2 或 N_2O 的形式向空气中逸出而损失。

四、改善水稻土物理条件的关键措施

(一) 改善土壤的水分条件 改善土壤水分条

表 5 不同年份黄泥土耕层中无定形氧化铁含量(%)

1965年春			1977年春			1978年春		
土 样 编 号	肥 力 水 平	无 定 形 Fe ₂ O ₃	土 样 编 号	肥 力 水 平	无 定 形 Fe ₂ O ₃	土 样 编 号	肥 力 水 平	无 定 形 Fe ₂ O ₃
吴65—1	高	2.07	吴77—1	高	0.53	吴—78-2	高	1.54
—2	低	1.92	—2	低	0.43	—3	低	1.43
—3	高	2.67	—3	高	0.80	—4	高	2.19
—4	低	2.35	—4	低	0.50	—4	低	1.74
—5	高	2.30	锡77—1	高	0.60			
—6	低	1.91	—2	低	0.47			
—7	高	1.21	—3	高	0.30			
—8	低	1.02	—4	低	0.28			
锡65—1	高	1.52	昆77—1	高	0.83			
—2	低	1.31	—2	低	0.66			
—3	高	1.71	—3	高	0.36			
—4	低	1.68	—4	低	0.43			
—5	高	1.65						
—6	低	1.81						
—7	高	1.91						
—8	低	1.71						
—9	高	1.02						
—10	低	1.27						

注：无定形氧化铁用太姆氏液提取

* 1978年采集的其他类型水田土壤耕层的无定形氧化铁含量多在1%以上。

表6 麦季(紫云英茬)土壤中
田间持水量时的通气孔隙度

年份	土 壤 类 型	肥力 水 平	剖面 数	占通气孔隙度(%)的剖面数		
				<5%	5—10%	>10%
1975—	黄 泥 土	高	13	3	10	0
1977		低	13	12	1	0
1978	黄 泥 土	高	3	0	1	2
		低	3	0	3	0
1978	其他土壤 (粘粒含量 >20%)	高	5	0	3	2
		低	6	0	6	0

件,首先要进行排水,这不仅在地势较低的圩区如此,在地势较为平坦的黄泥土地区亦应如此。

据研究,冬季控制地下水位在0.7—1.0米,春季在1.2—1.5米为宜。采取深暗沟和浅明沟相结合的办法。暗沟的类型、深度和间距应根据土壤质地和透水性的不同而异。一般说,粘质水稻土的暗管埋深以1.2米、间距10米;壤质土的埋深约1米,间距约15米为宜[5]。暗管能降低麦季的地下水,有利于根系伸展及攫取养

分,提高千粒重。暗管还能调节植稻期间的地下水位,增加淹水时的渗漏量,提高搁田效果,增强水稻根系的活力和水稻对养分的吸收,从而对双季早稻和晚稻均有增产效益。麦季在暗管基础上开挖浅明沟对迅速排除表面水及耕层滞水十分重要。雨水较多的1976年冬季,不少社队只有暗沟(或管)而无明沟,由于粘质土壤的渗漏性较差,不能及时排除表面水,三麦生长仍然不良。明沟的深度一般应低于犁底层15—20厘米,即以40厘米为宜,以竖沟为主,通常在两条暗沟中开设1—2条。

在犁底层十分粘闭而心土层具有一定渗漏量的情况下,开划线沟对增加犁底层的渗漏,调节作物根系的物理环境有益[6]。

(二)减少土壤的渍水时间 粘质土上利用排水措施排除三水(表面水、土壤水和地下水)固然重要,但因粘质土壤的持水性能强,水分的运动性很差,土体内过多的水分不易受重力作用而排去,往往是地下水位有所下降,但土壤水仍处于饱和状态。有人曾研究表明,黄泥土稻板田耕层,当土壤含水量大于30—35%,每单位含水量的损失量约等于固体部分的收缩量(即每蒸发1厘米³水分,固体部分收缩约1厘米³)[7]。只有当含水量小于30—35%时,随着水分损失量的增加,

而产生通气孔隙。但据多年的田间测定,即使在春季的3—4月,红花荏或板田中耕层的含水量多在30—35%以上,在目前情况下,光靠自然排水难于产生通气孔隙,也难于使多余的水分从通气孔隙中排去。改善耕层或土体内排水,必须在完善农田水利的基础上,采用合理耕作制,水旱轮作,使土壤有个较长的干燥过程,以促使土粒互相接触而形成疏松的、良好的土壤结构。

(三)改进常规的耕作方法,减少湿耕湿耙的次数 随着大面积改制以来,不少地方对现有的耕作法提出了疑虑。有些研究单位进行过不少“通气大田”、“通气秧田”(都是干耕整地)试验,不同程度上获得较好的结果。干耕干耙的孔隙度最大,小块状和团粒结构较多,而大僵块较少。而烂耕烂耙的土壤孔隙度低,大僵土块多^[8]。此外,在淹水期间过多的践踏耕层,也是引起耕层粘闭的重要原因之一。

(四)增加粗有机肥料,利用稻草还田 改制后由于渍水时间延长等一系列原因,土壤中的有机质含量并没有减少。但据1974—1976年无锡东亭黄泥土上的有机肥料试验表明,连续2—3季施用有机肥料,与对照相比,土块的抗压强度明显下降,土壤变松。说明了即使在有机质总量并未减少的情况下,为了改土仍然需要施用大量有机肥料。其作用可能与某些新鲜有机质中的活性部分有关。

据研究,富含纤维素的有机质在分解过程中能产生某些多醣,它们与土粒相接触,经过干燥过程能形成较好的水稳性团聚体。由此看来,将稻草直接还田对改土较为有利。目前苏南地区的稻草还田日益下降,一般每亩只100—200斤(鲜草)。在强度耕作、粗有机质逐渐减少的情况下,土壤结构就难于得到改善。但是如有较多量的稻草还田,则必须同时注意排水条件

的改善,否则因有机质的大量积聚会引起土壤强烈还原,产生各种对作物根系有害的物质,结果反而会导致土壤结构恶化,作物产量下降。

稻草直接还田,还有可能改变苏南平原地区消耗劳力较多的沤制草塘泥的习惯。过去,由于河泥内养分丰富等原因,苏南的草塘泥是获得作物高产的一项重要经验。但随着挖河泥的次数增多,内河鱼类及水草等资源日趋贫瘠,河泥中的养分除速效磷含量较多外,其他如有机质和全氮的养分含量与当地肥沃的耕层相近或甚低。因此,在目前的情况下,能否逐渐使稻草直接还田或通过垫圈后还田,以逐步取代草塘泥的方式,值得重视。

参 考 文 献

- [1] 姚贤良等:高产水稻土结构特性的初步研究。土壤学报, 15(1), 1—11页, 1978。
- [2] 邓时琴等:太湖地区水稻土的质地及其调节。土壤, 第5期, 175—178页, 1979。
- [3] Lawton, K., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 10, 263—268, 1945。
- [4] 姚贤良译:土壤物理学和土壤肥力。土壤农化参考资料, 第1期, 32—42页, 1977。
- [5] 江苏省昆山县农田水利试验站:暗管排水治渍改土。土壤, 第2期, 45—46页, 1978。
- [6] 杨金楼等:农田排水新技术——深线沟排水(初报)。土壤, 第2期, 44—45页, 1978。
- [7] 陈家坊等:苏州地区水稻土发僵田块耕层的土壤孔隙特性。土壤, 第3期, 81—85页, 1978。
- [8] 上海市农科院土肥植保研究所土壤组:不同水湿状态下耕耙对土壤结构的影响。土壤, 第2期, 52页, 1978。

更 正

本刊1980年第3期,第114页表格中第1栏,其中“沉积层”应改为“淀积层”。同页左栏倒数第11行“……有下列几种大同小异的系统:”应改为“……有下列几种大同小异的系统(见表)。”