

# 水稻土的物理机械性质 与机械化耕作的关系\*

趙誠齋

(中国科学院土壤研究所)

土壤机械化耕作措施应当密切考虑土壤物理机械性质,这些性质是随着土壤含水量而变化,从而影响耕作的难易。因此,从探求土壤适耕性出发,开展土壤物理机械性质的研究是十分必要的。在这方面,前人曾做了不少工作,尼可尔斯<sup>[1]</sup>(M. L. Nichols)的研究指出:土壤的抗剪力、压缩性、粘聚力、抗拉力等与含水量呈抛物线的变化关系,即当土壤含水量较低时,这些性质的实际作用力都较小,随着水分含量的增加而增高,至塑性下限时为最大,水分含量若再进一步增加则又降低。他曾用模拟试验证明:土壤对犁的牵引阻力是在稍高于塑性下限时为最大。柏文<sup>[1]</sup>(L. D. Bayer)也认为:非粘结的土壤,不管在任何条件下,其牵引阻力均以稍大于塑性下限时为最高;而在田间已压实的土壤,其牵引阻力与含水量的关系曲线至少有二个高峯:在干燥的情况下,因土壤颗粒的粘聚力较高,牵引阻力也较大,这是第一个高峯;当水分使大部分颗粒表面形成了薄的水膜时,牵引阻力则下降,但当含水量进一步提高到塑性范围内时,牵引阻力又增大,这是第二个高峯。他又认为:在干燥情况下耕作易形成大土块,在塑性范围内耕作将引起土壤压实。于是指出:所有的整地机具宜在土壤酥软结持的状态(比塑性下限略低)下进行操作是十分重要的。魏尔<sup>[2]</sup>(Wehr)在解释塑性下限时也曾指出:当含水量大于该点时,耕作会引起土壤压实;在塑性指数较小的土壤(质地轻)上耕作是较易掌握的,在塑性指数宽(质地重)的土壤上如在塑性范围内耕作可能引起土壤强烈的压实。但是上述作者在研究这些土壤的物理机械性质与水分含量关系时,都以旱地土壤为对象,并以水膜理论作为假设和说明问题的根据。苏联学者卡庆斯基<sup>[3,4]</sup>(Н. А. Качский)、瓦球尼娜<sup>[5]</sup>(А. Ф. Вадюнина)亦曾研究过土壤的比阻、粘着力、土壤硬度与水分含量的关系,曾指出土壤比阻与土壤湿度呈一凹形曲线的关系,并认为粘着力的出现是土壤适耕湿度的极限;土壤最适耕的范围虽因土类而不同,但一般是在饱和含水量的50—60%。威林斯基<sup>[6]</sup>(Д. Г. Виленский)、维尔什尼<sup>[7]</sup>(П. В. Вершинин)等人从团粒形成的角度研究土壤的适耕性,认为从揉条界限到粘着界限是最有利于土粒的团聚化。这些作者所述虽略有不同,但却有一个共同的意见,即土壤适耕性是在塑性范围以下或接近于塑性下限。从现有文献来看,都认为在土壤水分高于塑性下限时从事耕作是十分不利的。但是,前人的研究多以旱地为对象,以水稻田为对象的研究资料还不多,因此旱地土壤的适耕范围是否能运用于水稻土,是一个极待解决的问题。据作者的初步研究<sup>[12]</sup>:水稻土中水分的含量很难低于塑性以下,即使能

\* 参加本工作的还有冀华文同志。文内部分资料系在江苏丹阳县营练湖农场田间观察所得,并承蒙该场领导大力支持。本文经熊毅先生审阅修改。作者对所有这些帮助和指导,深表谢意。

降低至塑性下限,但因比阻增加很大,耕作更为困难。因此,本文针对水稻土适耕性的特点,选择了三种水稻土,研究土壤的抗切强度、压缩性和收缩性及其与水分含量的关系,并结合田间观测的资料对水稻土的适耕范围作进一步的讨论。

## 一、試驗土样与測定方法

提供試驗的土壤为江苏丹阳国营練湖农场的三种主要水稻土:

(1) 粘质潜渍水稻土(栗子土):发育于粘质湖积物上的潜渍水稻土,原为練湖的浅水沼泽地区,經排水耕种已十余年,历年大量施用有机肥料(包括綠肥)。

(2) 壤质潜渍水稻土(油泥土):发育于壤质冲积物上的潜渍水稻土,地势低平,为古老耕种的土壤,因离村较近,历年施用有机肥料较多,土色油腻,土壤较疏松。

(3) 壤质潜渍水稻土(小粉土):发育于壤质冲积物上的潜渍水稻土,位于小丘的上部,有机质含量少,土色黄棕。

表 1 土壤(耕层)的一般理化性质

土 壤	机械組成(毫米)				质 地 名 称	结 构 系 数	流 塑 性			化 学 性 质			
	砂粒 0.25— 0.05	粉砂粒 0.05— 0.001	粘 粒 <0.001	物理性 粘 粒 <0.01			流限	塑限	塑性 指数	pH	有机质 (%)	代換量 (毫克/ 100克)	CaCO <sub>3</sub> (%)
栗子土	6.8	51.2	42.0	68.0	輕粘土	76.5	47.0	24.0	23.0	5.8	2.54	19.29	0.10
油泥土	7.0	78.6	14.4	41.0	中壤土	75.0	42.7	24.0	18.7	5.7	3.06	21.33	0.07
小粉土	4.3	81.5	14.2	42.5	中壤土	74.0	35.0	21.0	14.0	~	1.94	12.68	0.13

三种土壤的一般理化性质列于表 1。土壤理化性质的测定与计算方法是:(1)机械組成由吸管法测定,按卡庆斯基分类法表示。(2)结构系数是由机械分析所得的粘粒(<0.001)百分数  $a$  与微团粒分析所得的粘粒(<0.001)百分数  $b$  按下列公式算出:  $K = \frac{a-b}{a}\%$ 。(3)流塑性:流限用瓦西里耶夫流限仪测定,相当于土壤具有 0.08 公斤/厘米<sup>2</sup>抗剪强度时的土壤湿度。塑限用揉搓法。二者湿度之差(绝对含水量的百分数差)为塑性指数。(4) pH 用玻璃电极 pH 计测定(水浸液)。(5)有机质为丘林法。(6)代換量为代查哈尔楚克法。(7) CaCO<sub>3</sub> 为二氧化碳气量法。

土壤物理机械特性的测定方法简述如后。

(1) 土壤的抗切强度:抗切强度的测定用扰动土和原状土二种(耕作层),扰动土样的制备系将风干土通过 2 毫米孔径的筛子,加水至将近流限,充分搅拌,制成长 10 厘米、闊 4 厘米、厚 3 厘米的土条。原状土样是直接取于稻板田(水稻收割后未經耕翻的稻茬田),削成上述同样的形状,风干至不同含水量,测定其抗切强度。均重复 3—4 次。测定仪器是用允许旁胀压缩仪,试样横放于升降台上,将切土刀口垂直于试样上,借搖动把柄使台托土上升,刀背抵住上面的鋼环,以切土时鋼环最大变形的应力作为土壤的抗切强度,以公斤/厘米表示。

(2) 土壤的压缩性:压缩性的测定也有二种处理:第一种处理是在稻板田上采取原状土,用固結仪按一般土工的操作方法测定<sup>[8]</sup>,土样直径 5 厘米,高 1.5 厘米,风干至不同

湿度的土样在 0—4 公斤/厘米<sup>2</sup> 范围内的不同压力下观测土样体积的减少量, 换算成容重, 以压实系数表示, 即每平方厘米上增加 1 公斤压力所增大的容重量(有别于以孔隙比计算出的压缩系数)。第二种处理是将风干土通过 2 毫米孔径的筛子, 加水至不同湿度, 装入同样的环刀, 用反复压紧的方法将土压实, 求出容重, 换算成固体占据的体积, 以百分数表示。

(3) 土壤的收缩性: 从稻板田上(耕作层)采取原状土, 风干至不同湿度, 用环刀法测定容重, 换算成固体体积占据的百分数。

## 二、水稻土的某些力学性质

由土壤抗切强度与湿度的关系(图 1)可以看出: 土壤的抗切强度都随土壤湿度的降低而增高, 原状土样与扰动土样虽在程度上有些差异, 但变化趋势都很一致。同时可以看出: 当湿度增高, 抗切强度降低的过程中, 在塑性下限的前后并无转折, 特别是粘重的栗子土, 不仅在塑性下限以下土壤的抗切强度随着湿度降低而呈直线上升, 在塑性下限以上, 亦因湿度降低而剧烈增高, 只有当湿度较大时, 土壤的抗切强度才是较低的。这与上面所介绍的旱地研究结果不同<sup>[1]</sup>。根据维尔什尼的研究资料<sup>[7]</sup>, 松散土壤的粘结, 主要是由于土粒之间水膜的表面张力所引起的, 所以土壤粘结必须要有一定的含水量; 粘重紧密土壤的粘结, 除具有水膜作用外还有颗粒之间的引力(分子引力, 胶体在土粒间的凝聚)。当湿度大时, 由于水分子影响, 颗粒间的引力引起颗粒排队, 湿度降低后, 颗粒排队可使土壤产生较高的抗机械强度。水稻土中, 有很多分散的颗粒, 产生粘合作用, 也有颗粒排队的情况。水稻土与旱地土壤抗切强度不同, 可能是由于内在的垒结状况和粘结条件不同所致。只有当土壤湿度较大时, 颗粒间的胶结才会较弱, 从而产生较低的抗切强度。

从原状土样压实系数与水分含量的关系可以看出(图 2): 只有当土壤水分含量很高时, 施加压力才能使容重显著增加(土体变紧); 湿度降低, 土壤可被压紧的性能就很快地降落, 并有明显的转折点, 在这转折点以下, 土壤可被压紧的程度是较小的。虽然不同土壤压缩性降低的湿度范围略有不同, 但这个转折点都出现在靠近塑性范围的中部, 说明塑性范围的上部是易压缩的, 而其下部只有较小的压缩性, 这也是与旱地土壤不同的特性<sup>[1,2]</sup>。

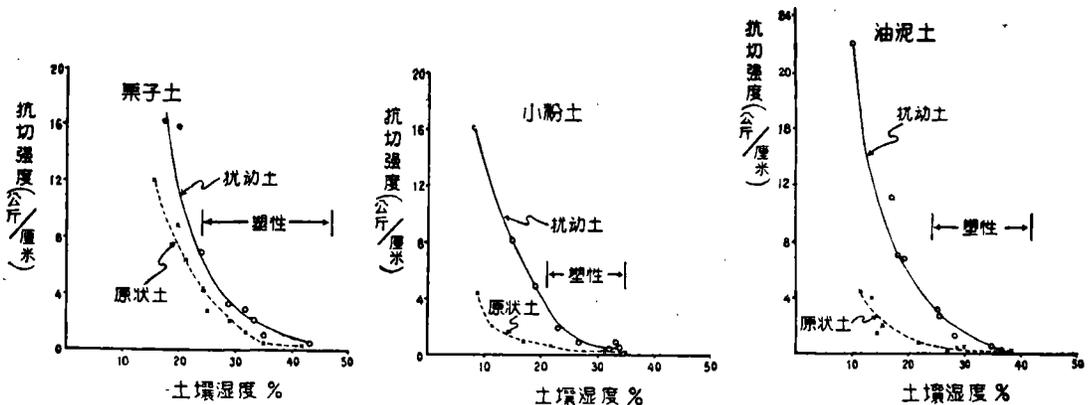


图 1 土壤的抗切强度与湿度关系

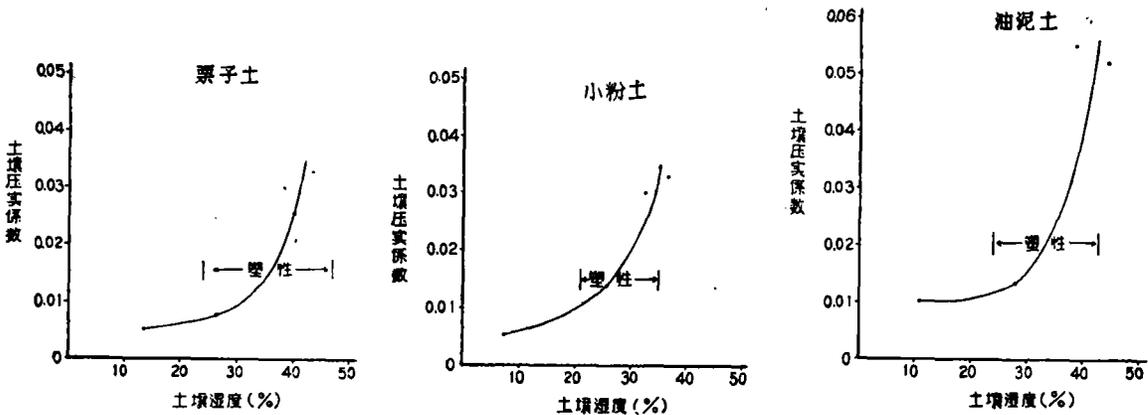


图2 土壤的压实系数与土壤湿度关系

从图2还可看出：粘重的栗子土比之质地较轻的小粉土和油泥土其实际可压缩性都较小，这可能是由于粘土对水的吸力较大，根据格里升 (E. L. Greacen) 的研究，在土壤水分饱和及土壤孔隙中的水受向下吸力的条件下，外加的平衡压力可换算为土壤的  $pF$  值。众所周知，含水量相同时，粘土的  $pF$  比壤土为高，所以在相同的压力下，粘土的压缩量也比壤土为小。如果作用于土壤的压力可以无限增大，粘质土壤亦可产生较高的压缩量，但列别捷夫<sup>[9]</sup> (A. Ф. Лебедев) 在测定最大分子持水量的方法中指出：压力必须加大到每平方厘米 62—65 公斤，土壤毛细管中的自由水方可除去，显然这是一般田间耕作的机具所不能产生的。

土壤压缩与土壤湿度间的关系，可用土壤三相变化来说明 (图3)。原状土湿润后，在湿度较大的情况下，加压前土壤中原只有少量未被水饱和的孔隙 (油泥土因特别松，未被水饱和的孔隙也就多些)，加压后，液相体积与总孔隙发生相互的变化。小粉土和油泥土的质地较轻，吸水力较低，加压引起水分向外排除的速度较大，故在压缩过程中，土体内始终维持有少量未被水饱和的孔隙。栗子土完全在饱和的状态，进一步增加的压缩量，完全与水的排除量相等。油泥土的非饱和孔隙较多，被压缩的量也最大；栗子土有内在的饱和水，可支持外界的压力，所以被压缩的量也就较小。由此可见，土壤的压缩性可决定于非饱和的孔隙和土壤的渗透特性。在土壤湿度很高的情况下，土壤吸水力很低，如压力大于该时土壤的  $pF$  值，必然要排除部分的水分，使与外力相平衡，这也就是图2所表示的为什么湿度大时压缩性大，栗子土即使在饱和的情况下也有一定程度压缩量，其原因也在于此。从图3下方湿度较低的试验结果可看出：粘重的栗子土，当水分含量降低时，由于收缩的缘故，土体内不饱和的孔隙并未增多，依然处于水分饱和状态。但这时水分子已被土粒牢固吸住，土壤颗粒也因脱水而发生较强的相互粘结，压力引起水分的渗出及土粒的相对移位都很困难，因此即使仍在塑性范围内，也只具有很低的压缩量。小粉土和油泥土因质地较轻，当湿度降低时，出现了不饱和的孔隙，没有饱和水的支承，本易压缩，但由于颗粒粗，湿度降低后，可使颗粒和结构的棱角接触，抵抗压缩。如湿度不很低，水膜厚度还具有润滑作用，粘接力也较小，所以压缩性的降低，不如栗子土那么强烈。由此可见：质地较轻的土壤，欲使压缩性降低至较小程度所需减低的土壤湿度，应比粘土更多。

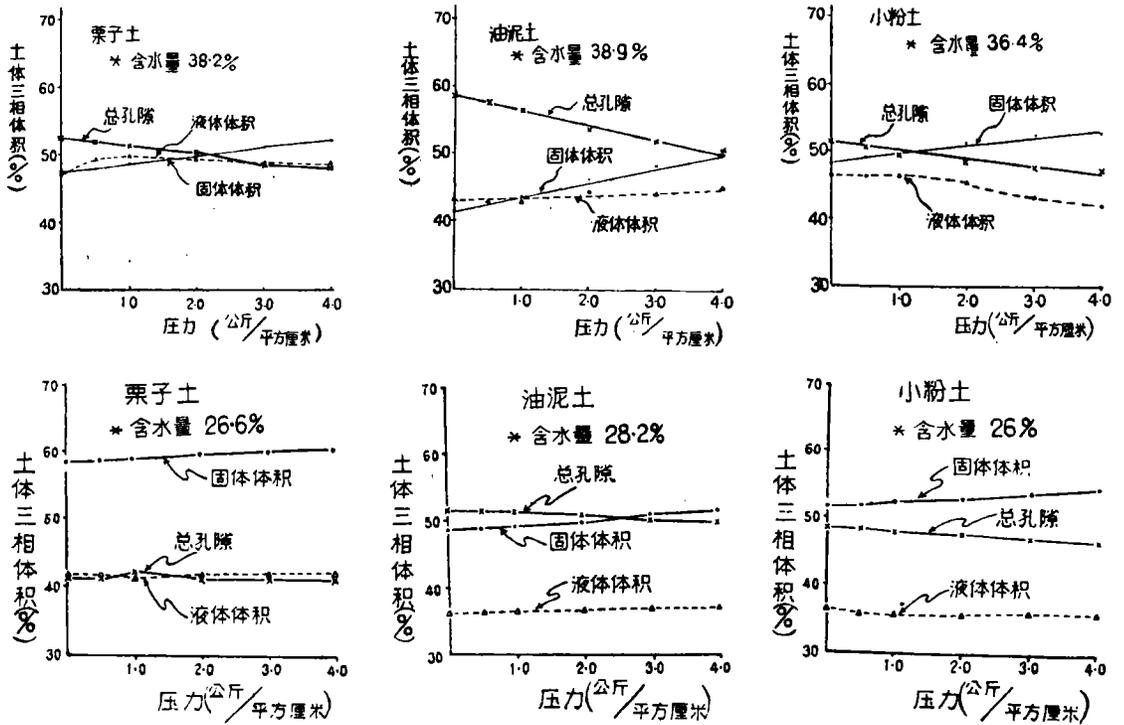


图3 当不同土壤湿度在加压下土体三相体积的相对变化 \*含水量系加压前原来的湿度

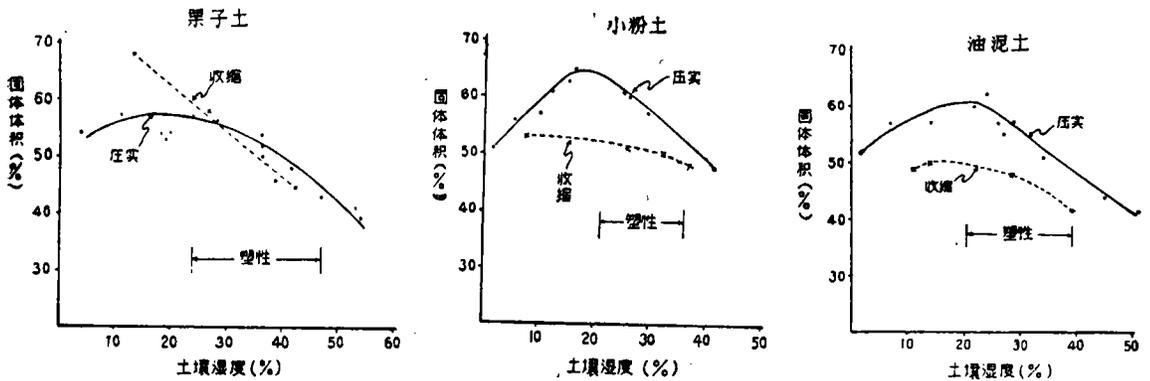


图4 土壤压实和收缩与土壤湿度的关系

我們曾用扰动土样（磨細通过 2 毫米孔径筛子）在加入不同的水分后进行压实研究（图 4），可看出另一种結果：土壤的湿度与压实程度之間存在着拋物綫的关系，即土壤較干时可压紧的程度較小，近于塑性下限时最大，湿度再增加时則又下降，这个規律符合旱地土壤的研究結果。

扰动或松散的土壤（或旱地），一般收缩作用很小，湿度降低可相应地增多未被水充滿的孔隙，受压时不存在水的支承，土壤抗机械强度也少有增加（在非饱和土壤的压缩过程

中,必須克服土壤的剪应力)。所以水分含量降低,可增加土壤的压缩性,只有水分含量很低,顆粒表面的水膜不足起潤滑作用,而使土粒之間产生一定摩擦力,才能使压缩性变小,土壤要在塑性湿度以下才可以不被压缩。但水稻土的壟結状况和粘結条件都和旱地不同,土壤压缩性随着水分含量减少而降低。因此旱地土壤的变化規律不能作为水稻土耕作的指导原則。

从图 4 中土壤收缩性測定結果还可看出:質地較輕的小粉土和油泥土只有当水分含量很高时湿度和收缩性之間才呈紧密的关系,湿度降低到 30% 左右,均出現了明显的轉折,此即为海英斯<sup>[11]</sup> (S. Haines) 所称的土壤进入了剩余收缩阶段。从这轉折开始,收缩減緩,土壤由固液二相变为固液气三相,从植物生长所需要的条件來說(对秋播作物),土壤已有空气的供应,且不会因收缩过紧而引起根的生长困难,所以質地較輕的水稻土,由于含水量的改变,影响土壤对根系生长时的物理机械过程是不大的。但粘重的栗子土完全不同,在所測定的土壤湿度范围内(含水量 14—44%),湿度与收缩的变化是呈直綫关系,在风干状况下,孔隙度降低至 32%,这几乎接近按土粒为球形以最紧排列計算得出的孔隙度(26%),这样的孔隙条件是不好的。当湿度为 35% 时,孔隙度在 50% 左右。这种粘重的土壤,含水量虽然減低,但土壤的通气透水性仍然很差,更因收缩变紧,对根系的生长造成困难。与同图的压实曲綫比較(所用的压力至少大于一般田間耕作机具的压力),当湿度大于塑性下限时,用人为压力可使土壤变紧的程度,只不过比自然条件下由收缩所达到的紧实程度略大(相同湿度),而湿度低于塑性下限时,收缩变紧的程度,远远超过由人为压力所达到的,所以为了防止土壤变紧,与其在耕作时注意湿度对压紧的影响,不如在湿度較大时从事耕翻,不使土壤因收缩而变紧,更有实际意义。

### 三、水稻土的适耕性

我国南方的稻麦二熟地区(或冬季种其他旱作),春耕和秋耕的要求不同;耕作前茬口不同,土壤所处的状况亦不一样。

秋季整地时,土壤是处在长期漬水后的板实状况。該时耕作的目的,是为越冬的旱作創造适宜的土壤环境,要求土块較細,松紧适度。为此,耕作时所要求的土壤湿度要能满足下面三条:(1)土块能被整得較細;(2)避免或減小土壤被机具挤压过紧;(3)便于机具的操作,并使消耗的能量最小。水稻土的整地与旱地不同,旱地耕作不仅要考虑耕作时的阻力較小,还要求在一定适宜的水分含量下一方面耕翻碎土,一方面把分散的土壤通过机具的挤压重新粘結成团聚体。秋耕时土壤原是粘結成块,所以沒有再粘合的要求,耕作主要在于碎土。根据前面研究的結果:粘重的水稻土,当土壤湿度降低至塑性下限以下时,土壤的抗切強度乃是直綫上升,土壤湿度接近塑性下限,抗切強度增大到每厘米 4 公斤,显然是会給耕作造成很大的阻力。水稻土的压缩性研究指出:在塑性范围的中部以下,实际可压缩的量很小,沒有可被机具压实的危險。从收缩的結果来看,湿度过分降低,也将因收缩使土变得很紧,造成植物根生长的困难,所以对粘質水稻土來說,适耕的范围,可以塑性中部的湿度为上限,塑性的下限为下限。卡庆斯基认为当耕作时出現粘着性能,土壤的比阻将剧烈增大,根据南京圩田地区水稻土粘着性的測定結果<sup>[12]</sup>:土壤湿度在塑性下部,粘着力是不大的。但質地輕的水稻土(重壤以下),湿度降低,影响土壤抗切強度的增加并不

很大,而土壤达到可不被压缩很紧时的土壤湿度要比粘质土为低,收缩作用又不强烈,故适耕的下限可在塑性下限以下,上限应相应降低,这也是必要的,但不一定要求在塑性下限以下。

这个范围可从练湖农场的与秋耕时土壤状况完全相一致的绿肥田耕翻观测的结果来验证(表2)。

表2 不同土壤湿度对耕作质量的影响\* (1961年4—5月)

耕作时不同深度(厘米)的土壤湿度(%)				土块大小(厘米)组成(%)					
0—5	5—10	10—15	15—20	>25	25—15	15—8	8—5	5—2	<2
45.9	58.0	33.0	30.4	全部土块大于25厘米					
31.5	31.2	27.2	25.7	7.5	23.5	21.5	16.4	18.4	12.7
32.8	35.6	33.4	27.0	30.2	23.0	33.7	9.1	2.7	1.3
25.2	34.1	28.8	29.2	11.3	22.2	24.4	25.4	12.8	3.9
15.7	26.6	27.8	~	10.0	27.0	22.9	21.4	9.5	9.2
25.0	23.4	22.5	20.7	~	28.4	18.4	22.6	14.9	15.7

\* 土壤是栗子土,绿肥茬,机具是东方红,四铧犁。

在不同湿度下栗子土经过耕翻后,土块大小的分布情况是不同的。土壤湿度在塑性中部时(该土的塑性范围为24—47%,见表1),没有过多的大土块形成,只有当土壤湿度很高的情况下,才有恶劣不断垡的现象。在土壤湿度相当于塑性中部时,拖拉机的打滑率为6—8%(正常情况下也有3—4%),说明这样的土壤湿度已提供机具正常行车的条件。相反,当土壤湿度降低至塑性下限,细土不多(<2厘米的土块只占9.2—15.7%),而大于5—8厘米的土块仍占主要地位。这说明土壤湿度再度降低,并不使耕作造成更良好的条件。同时证明粘重水稻土不出现酥软结持阶段。当土壤含水量从33%(比阻0.65—0.75)降低至26%左右时(比阻1.1—1.3),土壤田间牵引阻力几乎增加1/2到1倍,耕作时机具负荷似感太大,耕作深度被迫变浅(由18—20厘米减低至13—15厘米)。作者在南京郊区圩田红马干土上(粘质潜渍水稻土),亦曾发现类似情况<sup>[12]</sup>。

在这样的湿度范围内,耕翻可以形成土垡,也可以造成土垡架空,但经重型机具耙地以后,所产生的压力引起土壤塑性变形,将大孔隙变小,从外表看来,土壤似乎有些压实,但从具体土块中来说,实际并未增加其紧密度。观察发现,在湿度较小的地段,因其抗压强度较大,耕耙后土壤的蓬松度要高些,土块的容重比湿度高的为大,在这样地段上播下的种子延迟发芽,发芽后根只能沿土块表面或沿裂缝爬行,扎不进土块中去,而湿度较大的地方则没有这类情况。水稻土耕耙以后,常形成块状垡结,隙缝较大,土壤下层的水分不易往上运行,秋季少雨时,对冬作物的出苗和生长都有影响。所以在耙地作业过程中,土壤有一定的含水量便于对土块略压紧一些,可能尚是有利的。南方某些地区,经过冬季镇压,有促进三麦生长的作用。

春耕之前,土壤呈现两种状况:一种是去秋未经耕翻过的绿肥田,土壤是紧实的,与秋季稻板田相同,可避免压实的土壤湿度较高,另一种是夏收作物地(三麦,油菜茬),去秋经过耕翻,越冬以来又经干湿冻融交替作用,土壤较疏松,坚实度也较小<sup>[12]</sup>,与旱地土壤颇相类似,避免压实的土壤湿度本应较低。在上述指出的适耕范围内耕翻有可能使土壤压紧

一些,但因土壤耕翻后经过晒垡,可使土壤变疏,水中耙耨作业,可使土壤融烂,是旱作中沒有的有利条件,农民在春耕时不大注意土壤湿度,原因也在于此。因此春季整地的适耕湿度,不必过分考虑避免土壤压紧,而应注意行車方便及牵引阻力小。

水稻前期生长需要一个融烂的土壤环境<sup>[14]</sup>,达到水稻土融烂最有效的方法是田间晒垡(表3),土壤经过一定时间的晒垡,不論其土块大小如果经过水中耙耨作业,可以达到融烂;未經晒垡的土壤,尤其是粘重的栗子土,耙耨后大土块仍然存在而不融烂。有人认为土壤干燥后再加水,由于压缩空气向外胀裂可使土体疏散,但在我們的收缩試驗結果中,当土壤变干后,实际空隙很少,土壤粘結力很大,很少有空气胀裂影响土体疏散的可能,而主要是由于脫水和复水过程中不均匀的收缩和膨胀所引起的,質地愈粘重,晒垡的效果愈显著,質地較輕的土壤,可不必用晒垡来改变其松散性質。但晒垡还有其他改良土壤的作用<sup>[13]</sup>。

表3 晒垡对耙耨碎土效果的影响

序号	土 壤	茬口	作 业 程 序	晒 垡	土块大小(厘米)組成%					
					>25	25—15	15—8	8—5	5—2	<2
1	栗子土 (輕粘)	綠肥	(1) 干耕后	10天	30.2	23.0	33.7	9.1	2.7	1.2
			(2) 灌水机耙二次,牛耨各一次					6.0	15.2	78.8
2	栗子土 (輕粘)	"	(1) 干耕后	4天	24.5	22.5	20.4	13.7	10.4	8.1
			(2) 灌水机耙二次,牛耨各一次					7.8	31.2	61.0
3	栗子土 (輕粘)	休閒	水耕,水耙二次,耨一次	未晒 (全部水中作业)	15.4	~	23.7	19.4	24.2	17.5
4	油泥土 (中壤)	綠肥 油菜	(1) 干耕后	6天	15.6	22.8	25.2	17.7	8.3	10.4
			(2) 灌水牛耙,耨耨各一次					2.3	3.7	8.9
			(3) 牛水耕,耙耨各一次	未晒			4.1	14.8	18.5	62.6

表4 不同条件下耙地碎土的效果

序号	土 壤	茬 口	机 具 及 耕 作 方 法	土块大小(厘米)組成%					
				>25	25—15	15—8	8—5	5—2	<2
1	栗子土 (輕粘)	綠 肥	东方紅, 四铧犁旱耕	30.2	28.4	18.4	22.6	14.9	15.7
			东方紅, 48片圓盘耙旱耙一次						
2	栗子土 (輕粘)	綠 肥	东方紅, 四铧犁旱耕	30.2	23.0	33.7	9.1	2.7	1.2
			东方紅, 木制刀把水耙一次						
3	栗子土 (輕粘)	胡 蘿 卜	东方紅, 四铧犁旱耕	20.6	13.5	17.8	17.4	18.2	18.2
			东方紅, 48片圓盘耙旱耙后						

要进行晒垡,必須旱耕(即不在淹水的条件下),旱耕后即使晒垡的时间很短,或只有阴干过程,对松散土壤也有一定作用(粘重的栗子土),但是旱耕后最好进行水耙,其原因

是: 第一, 早耕早耙远不如早耕水耙对碎土的效果大(表 4, 序号 1 与 2、3 与 4 比较)。第二, 栽植水稻对田面平整的要求很高, 必须由耖田作业来完成这个要求, 如果是旱耙, 将土壤部分压实, 给耖田平土带来严重困难, 由牛或拖拉机作动力都难将田耖平整。水耙后土仍较蓬松, 便于耖平。

#### 四、摘 要

从水稻土的抗切强度, 压缩性, 收缩性与水分含量的关系作了初步研究和讨论。水稻土的抗切强度随着湿度的降低而增高, 塑性下限以下增加更为强烈, 不存在一般所谓湿度稍低于塑性下限有一抗机械强度较小的酥软结持阶段。土壤(原状土)的压缩性以湿度大时为最高, 随着湿度的降低而变小, 接近塑性范围的中部, 有一明显的转折点, 在这转折点以下(或塑性范围的下部), 土壤实际的压缩性是较小的。与旱地土壤的变化规律不一致。原因是水稻土垒结状况和粘结的条件不同。质地轻的土壤比粘重的土壤压缩性大, 其压缩性降低至较小程度需要降低的土壤湿度比粘重的土壤为多, 但其收缩变紧的程度不强, 粘重水稻土在湿度降低时发生强烈收缩, 使土壤变紧; 当土壤湿度在塑性以下时, 收缩引起土壤紧实的程度比一般人为的机械压力还更大, 只有当湿度较大时, 才有较高的总孔隙度。根据这些特性, 提出水稻土秋耕适宜的土壤湿度是: 以塑性下限为底限, 以塑性中部为上限, 对质地较轻的土壤, 上下限宜酌量降低, 但其上限不一定在塑性以下。适宜春耕的湿度比秋耕可大一些, 因为晒垡和水中耕作, 可再疏散土壤。

#### 参 考 文 献

- [1] L. D. Bauer: Soil physics. 3 ed, 1956, p. 398—405.
- [2] ———: Ibid., p. 114—116.
- [3] Н. А. Качинский: Свойства почвы, как фактор, определяющий условия работы сельскохозяйственных машин. поч., 1937, № 8.
- [4] Н. А. Качинский: Определение удельного сопротивления почвы при пахоте по сопротивлению почвы расклиниванию. поч., 1939, № 9.
- [5] А. Ф. Вадюнина: Динамика липкости почв в зависимости от влажности и культурного состояния почвы. поч., 1939, № 8.
- [6] 威林斯基: 土壤学。高等教育出版社, 1954 年。
- [7] П. В. Вершинин и другие: Основы Агрофизики. Государственное издательство физико-математической литературы, Москва, 1959, p. 274—312.
- [8] 土工试验操作规程。水利出版社, 1956 年。
- [9] С. В. Асганов: Мелиоративное почвоведение практикум. 1958, p. 108.
- [10] E. L. Greacen: The strength of cultivated Soil. J. agric. Engng. Res 4, 60—61 (Soil and fertilizers, 1959. p. 181).
- [11] S. Haines: The volume-changes associated with variation of water content in soil. J. Agr. sci, 1923, 13: 296—310.
- [12] 赵誠斋: 南京圩田地区机械化土壤耕作的初步研究。土壤, 1961 年第 9 期。
- [13] 沈梓培等: 1957。水稻土晒干措施增产效果及其与土壤性质的关系。土壤学报, 7 卷, 3—4 期。
- [14] 陈家坊等: 陈永康的水稻高产措施和理论的初步总结。土壤, 1961 年第 8 期。

## THE NATURE OF SOIL MECHANICS OF PADDY SOILS AND ITS RELATIONS TO TILLAGE

C. J. JAW

*(Institute of Soil Science, Academia Sinica)*

### (SUMMARY)

Physical properties of three types of paddy soil collected from south Kiangsu province were studied. The shearing strength of paddy soils increases with the decrease of moisture content, especially below the lower plastic limit. Maximum compressibility appears at the high moisture content and it falls sharply near the middle part of plasticity range. As compared with the soils of heavy texture, the light paddy soils have a higher compressibility and lowering soil water content to a greater extent is necessary to reduce their compression. The soil moisture causes shrinkage, especially for soils of heavy texture. Shrinkage makes the paddy soils more compact than mechanical pressure. It is suggested therefore that the optimum soil moisture for the fall cultivation ranges from lower plastic limit to the medium plasticity and for the spring cultivation the optimum moisture content may be higher than in the fall.