

发后。管内水分减少。产生负压,水中气体逸出,形成气泡,集结于塑管口的顶端,当半真空管内的水面接近 500 毫巴时,把陶土管浸入水中(此时气室迅速收缩,管内水面回升到刻度零点),又从塑管口拔塞加

水把集结于管口的气体排去,再以胶塞封闭,继续将仪器竖立,置陶土管于空气中蒸发,如此重复两次,即可将塑管内的空气基本除尽。

土壤硬度及其田间快速测定的方法

庄季屏 南寅镐

(辽宁省林业土壤研究所)

土壤硬度也叫土壤坚实度,主要是指土壤抵抗外压的阻力(即抗压强度),它和土壤紧实度的概念不同。

影响土壤硬度的因子很多,如土壤质地、结构性、孔隙度和土壤含水量等。因为土壤硬度也可以理解为土壤在某一特定条件下所表现的结持力,而结持力主要取决于土壤颗粒之间的粘结力和湿土附着于物体表面的粘着力,其中粘结力是更主要的方面。前人的工作已经证明,粘结力与土粒间水膜的表面张力成正比,而与土粒的半径成反比。因此,对不同土壤说来,粘粒含量愈高,粘结力愈大;对同一土壤说来,粘结力与含水量成反比。而且,如果水分不是过多的话,粘结力与含水量的乘积应当是一常数或接近于常数。由此可见,上述诸因子中,影响土壤硬度最主要的是土壤质地和含水量。

在科研工作和生产实践中,土壤硬度作为土壤物理性质的指标之一,在一定程度上可用以表明或确定作物生长的物理环境条件、机械耕作的适宜时机、造林播种的立地条件、放牧地或草场的恢复能力等。

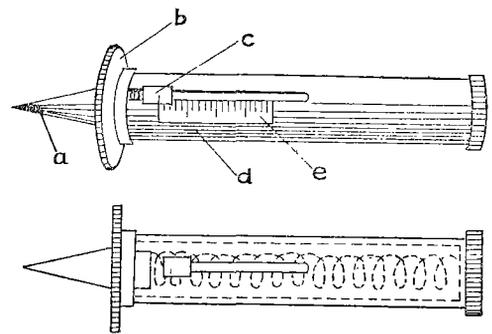
(一)仪器和使用方法

测定土壤硬度的仪器和方法很多。这里介绍一种根据日本山中式硬度计稍加改进而成的小型土壤硬度计,它可以在田间快速而准确地测定土壤的硬度。

仪器由圆锥形插头、弹簧、具有刻度的套筒、指示游标等几部分构成,与原型不同的是在套筒前端改加了一块圆形挡板。仪器外形及内部构造见图 1。

锥形插头高 40 毫米,底的半径为 9 毫米,锥尖的半角为 $12^{\circ}40'$ 。弹簧强度有两种规格,即压缩 40 毫米所需的力分别为 1 公斤和 8 公斤,使用时可根据需要任选一种。

这种硬度计的使用极为简便,单手持套筒将硬度计头部插入土中,直至挡板与土面紧贴,即可观察并



a—锥形插头 b—挡板 c—游标 d—套筒 e—刻度

图1. 土壤硬度计的构造

记录游标所指示的刻度。

(二)原理与计算

测试时,游标所指的刻度 x 毫米,就是锥体被压入筒内部分的长度,亦即弹簧被压缩的长度。因为锥体的总长 $D = 40$ 毫米,所以,锥体前端入土部分的长度应为 $d = (40 - x)$ 毫米。(图 2)

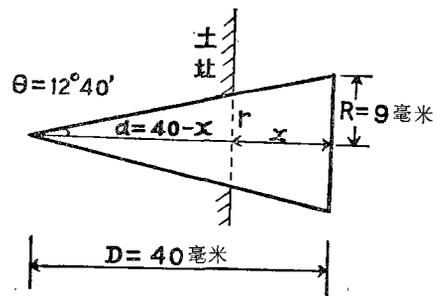


图2 测试中的锥形插头

又因锥底的半径 $R = 9$ 毫米, $\theta = 12^\circ 40'$,
这时, 入土部位圆截面的半径

$$r = d \operatorname{tg} \theta = d \frac{R}{D}$$

$$\text{所以 } r = (40 - x) \frac{9}{40}$$

$$\text{而截面积 } S = \pi r^2 = \pi (40 - x)^2 \left(\frac{9}{40}\right)^2 \text{ 毫米}^2 \dots\dots\dots(1)$$

又因弹簧压缩 40 毫米时所需的力为 8 公斤, 则当被压缩 x 毫米时, 所需的力

$$F = \frac{8x}{40} \text{ 公斤} \dots\dots\dots(2)$$

这时, 以单位截面积上的阻力来表示的土壤硬度为

$$P = \frac{F}{S}$$

将(1)(2)式代入之,

$$P = \frac{\frac{8x}{40}}{\pi (40 - x)^2 \left(\frac{9}{40}\right)^2} = \frac{x}{0.795 \times (40 - x)^2} \text{ 公斤/毫米}^2 = \frac{100x}{0.795 \times (40 - x)^2} \text{ 公斤/厘米}^2 \dots(3)$$

同理, 如果换成压缩 40 毫米需 1 公斤的弹簧时, 压缩 x 毫米所需的力 $F = \frac{x}{40}$ 公斤

$$\text{则 } P = \frac{100x}{6.36 \times (40 - x)^2} \text{ 公斤/厘米}^2 \dots(4)$$

因(3)式和(4)式中的系数都是常数, 所以可写成

$$P = K \cdot \frac{x}{(40 - x)^2}$$

或表示为

$$P \propto \frac{x}{(40 - x)^2}$$

由上述关系式可知土壤硬度与弹簧压缩的长度成正比, 而与锥体入土部分长度的平方成反比。可见, 锥形插头的优点, 就是在较短的距离内, 可以反映出较大的硬度变幅来。

该仪器所测土壤硬度, 也可以用土壤被压缩单位体积所需的力(公斤/厘米³)来表示。但我们认为用单位截面积上的阻力(公斤/厘米²)作为土壤硬度的相对指标较为合适, 在结果计算和资料应用方面也较方便。

为提高测试效率、避免繁琐的计算起见, 可以根据(3)式和(4)式事先制成对照表(表 1), 只要读出

表 1 硬度计的刻度和土壤硬度对照表

刻 度 (毫米)	硬 度 (公斤/厘米 ²)	
	1公斤压缩40毫米的弹簧	8公斤压缩40毫米的弹簧
1	0.010	0.083
2	0.022	0.174
3	0.034	0.276
4	0.049	0.388
5	0.064	0.513
6	0.082	0.653
7	0.101	0.809
8	0.123	0.983
9	0.147	1.178
10	0.175	1.398
11	0.206	1.645
12	0.241	1.925
13	0.280	2.243
14	0.326	2.605
15	0.377	3.010
16	0.437	3.493
17	0.505	4.042
18	0.585	4.678
19	0.677	5.419
20	0.786	6.289
21	0.915	7.317
22	1.068	8.541
23	1.252	10.016
24	1.474	11.792
25	1.747	13.976
26	2.086	16.686
27	2.512	20.096
28	3.057	24.458
29	3.768	30.147
30	4.717	37.735
31	6.017	48.140
32	7.862	62.893
33	10.539	84.712
34	14.850	118.797
35	22.013	176.096
36	35.377	283.019
37	64.640	517.121
38	149.371	1194.967
39	613.205	4905.654
40	∞	∞

游标所指的刻度(毫米数), 即可迅速查得相应的土壤硬度值(公斤/厘米²)。

(三)测定结果和讨论

从表 2 及表 3 可以看到, 同一土壤的上、下两层,

表2 土壤容重与硬度的关系

土 壤	深 度 (厘米)	容 重 (克/厘米 ³)	硬 度 (公斤/厘米 ²)
黄 粘 土	0—10	1.14	9.99
"	20以下	1.54	12.01

测定地点：辽宁省昌图县。

表3 土壤粘粒含量与硬度的关系

土 壤	深度 (厘米)	<0.001毫米 粘粒含量 (%)	测定时 土壤含水量 (%)	容 重 (克/厘米 ³)	硬 度 (公斤/厘米 ²)
黑 淤 土	0—10	12.0	21.09	1.14	1.66
黄粘土	0—10	18.0	<15	1.14	9.99

测定地点：辽宁省昌图县。

尽管容重差异较大,但土壤硬度的变化都并不太大;两种性质不同的土壤,虽然容重相等,但由于粘粒含量不同,测定当时的含水量也有差别,结果土壤硬度表现出明显的差异。这也足以说明,土壤容重虽然对硬度有一定影响,但两者又无明显的相关性,因为土壤容重的大小,主要取决于有机质的多少及土壤的垒结性和孔隙度,而影响硬度的更重要的因子,却是粘粒含量和土壤含水量。因此,有些资料中将容重表示的紧实度来代替土壤硬度或坚实度指标,这显然是不妥当的。

表4的资料证明土壤含水量与土壤硬度有密切的

表4 土壤含水量与土壤硬度的关系

土 壤	深 度 (厘米)	测定时 土壤含水量 (%)	土 壤 硬 度 (公斤/厘米 ²)
黄 粘 土	0—10	11.2	3.34
"	"	4.5	11.24
"	"	2.5	21.81
砂 土		5.0	0.31
"		0.6	0.44
"		接近于0	0.26

测定地点：辽宁省昌图县。

关系,特别是粘质土壤。如黄粘土的含水量由11.2%下降至2.5%时,土壤硬度可以从3.34公斤/厘米²激增至21.81公斤/厘米²。砂土的情况却不同,当含水量为5%时,硬度为0.31公斤/厘米²;经蒸发干燥至含水量为0.6%时,硬度仅稍有增加,为0.44公斤/厘米²;当含水量接近于零时,硬度反而降至0.26公斤/厘米²。这是因为砂土几无塑性可言,当完全干燥后即行松散。

这种硬度计也曾天然草场应用,结果见表5,从

表5 土壤硬度与牧场产草量的关系

土 壤	标准 样方	深 度 (厘米)	容 重 (克/厘米 ³)	含 水 量 (%)	硬 度 (公斤/厘米 ²)	产 草 量 (克/米 ²)
壤 质 土	1 号	0—10	1.62	6.5	8.54	640
		10—20	1.52	8.5	6.29	
		20—30	1.41	17.0	5.85	
	2 号	0—10	1.65	1.7	12.84	290
		10—20	1.64	0.5	18.40	
		20—30	1.76	7.8	4.68	
砂 壤 土	3 号	0—10	1.57	4.7	1.65	850
		10—20	1.71	1.9	1.93	
		20—30	1.69	2.7	3.02	
	4 号	0—10	1.62	2.7	2.24	450
		10—20	1.58	3.3	2.60	
		20—30	1.74	2.6	4.04	

注：1.表2至表5中的硬度值都是多次重复测定的平均值。

2.测定地点：辽宁省昭乌达盟翁牛特旗。

中也同样可看到土壤硬度随着含水量减少而增大的趋势。同时,资料还表明,当土壤性质基本相似的情况下,硬度增加,特别是土壤表层20厘米内硬度的增加,往往是导致牧草减产的原因之一。

(四)仪器的特点及使用中的注意事项

1.适用于土壤野外调查时进行剖面观测,也可用于土壤定位研究和农田、草场的土壤硬度测定。

2.该硬度计的主要优点是体积小、重量轻、携带和使用都很方便,并且在田间可以立即得到结果。另外,由于两种强度不同的弹簧可以按照需要来更换,所以测定范围较广。仪器的灵敏度是足够的,重复性也较好,但精确度稍差。

3.改进后的仪器,由于有挡板阻隔,使套筒前端不致压入土中,所以每次测定都有一个便于掌握的统一标准,避免了因用力大小和土壤软硬程度不同而产生的测定误差。

4.测定土壤各层硬度时,必须使硬度计与剖面垂直,然后缓慢地插入土中,切勿快速插入,以免因冲击力而造成误差。

5.由于田间土壤条件甚为复杂,所以每次测定,不得少于5次重复。

参 考 文 献

- 1.日本土壤物理性测定法委员会编,土壤物理性测定法,东京,1972。
- 2.L.D.贝佛尔(张君常等译),土壤物理学,科学出版社,1965。