

前 言

本标准是对 GB/T 7834—1987《森林土壤土水势的测定》的修订。在修订中,对不符合国家法定计量单位标准的单位、不符合全国科学名词审定委员会公布的土壤学名词的名词予以修改;在编写上,按 GB/T 1.1—1993 的要求执行。

森林土壤土水势的测定,是研究土壤水的运动和它对植物的可给性,确定土壤水的能量状态必不可少的条件,非饱和土壤的水势只有基质势和溶质势两个分势,而对非盐化土壤来说主要是基质势。测定基质势的方法曾使用过热电偶温度计测量土壤水的相对水气压的方法,但该方法测量技术精度要求较高。目前最常用的方法是张力计法和压力薄膜法;张力计法可在田间现场进行测定,但测定范围较窄,仅在 0.1 MPa 吸力以内,压力薄膜法的测量范围较广,可扩大到 1.5 MPa 吸力以上,但需要在室内测量,这两种方法都不是直接测定基质势本身,而是测定压力势,再由压力势、水势和基质势之间的关系来计算基质势。张力计可长期置于土壤中,并能帮助追踪土壤水基质吸力的变化,当土壤水因排水或植物吸收而减少,或因降水和灌溉得到补充,都能在张力计的压力表上出现相应的读数,它能够对原状剖面的土壤水分和随时间的变化提供可靠的资料。绝大多数张力计的使用范围最高吸力约为 0.08 MPa,但 0~0.08 MPa 的吸力一般已包括了土壤水含量的较大部分,它包括了 50% 以上(在粗质地土壤 75% 或更多)的植物吸收土壤水的量。因此,倘若土壤管理的目的在于维持对植物生长最合适的吸力条件,张力计在指导苗圃、种子园、树木园以及集约经营强度较大的用材、经济树种的灌溉时期以及监测野外土壤剖面水分动态变化上是有用的。

自本标准实施之日起,原 GB/T 7834—1987 作废。

本标准由中国林业科学研究院林业研究所归口。

本标准起草单位:中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室。

本标准主要起草人:张万儒、杨光滢、屠星南、张萍。

1 范围

本标准规定了采用张力计法测定土壤水的能量状态中田间土水势(基质势=负压势=毛管势=土壤水吸力)的方法。

本标准适用于研究土壤水的能量状态中田间土水势(基质势=负压势=毛管势=土壤水吸力)的测定。

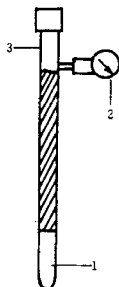
2 方法要点

在田间测定基质势使用的工具称为张力计(tensiometer),张力计可以认为是在原地测定基质势、水头和水力梯度的实用手段。

张力计(见图1)包括一个多孔陶土管感应部分,通过一条管联接一个真空压力表。使用时将张力计内充满水,密封以后插入需测定的土壤层次中。仪器下部为陶土管感应部分,没有被水饱和,可透过水但不能透气。由于不饱和水的土壤处于低于大气压的压力,表现出吸力,因此张力计周围的土壤就将仪器中的水分吸出,使其产生一个静水压降,可由仪器上的真空压力表指示出来,当仪器与周围土壤湿度达到平衡时,压力表上所指示的压降即为所求的数值。当土壤水饱和时,张力计上的压力表指示在“0”处。

张力计长期放置在土壤中能帮助追踪土壤基质吸力的变化。当土壤水因排水或植物吸收而减少,或因降水和灌溉得到补充,都能在张力计的压力表上出现相应的读数。它能够对原状剖面的土壤水分和其随时间的变化提供可靠的资料。

张力计用以指导苗圃、种子园、树木园以及集约经营强度较大的用材、经济树种的灌溉水量。一般的做法是把张力计放置在代表根区的一个或几个土壤深度部位,然后当张力计指示基质吸力达到某规定的数值时,就进行灌溉。在不同深度使用几个张力计能指明灌溉需要的水量,同时也能计算出土壤剖面中的水分梯度。



1—陶土管;2—真空表;3—集气管

图1 土壤张力计

在实践中,绝大多数张力计的使用范围最高吸力约为 80 000 Pa,但 0~80 000 Pa 的吸力范围一般已包括了林业生产上所需用土壤湿度范围的较大部分,它包括 50%以上(质地粗的土壤为 75%或更多)的植物吸收土壤水的数量。因此当土壤管理的目的在于维持对植物生长最适合的低吸力条件,张力计肯定是应用的。

张力计测得的单位质量的能(水头),也可用 pF 来表示。土壤水分-物理常数用 pF 来表示的近似值如下:最大(饱和)持水量 pF=0,田间持水量 pF=1.8,重力水 pF=0~1.8,初期凋萎点 pF=3.8,永久凋萎点 pF=4.2,有效水分 pF=1.8~4.2,速效性有效水分 pF=1.8~3.8,正常生长的有效水分 pF=3.0,迟效性有效水分 pF=3.8~4.2,非有效水分 pF>4.2,吸湿水 pF=5.5~7.0。

3 主要仪器

张力计(吸力计),长度规格 380 mm,580 mm,780 mm 等。

4 测定步骤

4.1 张力计在安装使用前,必须预先排气,方法是:将仪器集气管上盖及胶塞打开,使仪器倾斜,徐徐注入赶尽二氧化碳气体的冷却水,加满为止。然后将仪器直立 5 min 至陶土管有水珠滴出为止。再次将仪器注满无二氧化碳水,加胶塞,将注射管的针头从胶塞上插入抽气,这时可见气泡溢出聚集到集气管中,负压表上指针出现读数,可达 60 000 Pa(450 mmHg)或更高。俟所有气泡集中后,将陶土管浸入无气水中,此时指针即回到“0”值。打开集气管的盖子和塞子,重新注满无气水,按上述步骤反复进行数次,最后负压表上的负压可达 80 000 Pa(600 mmHg)以上。如果最后没有发现有小气泡聚集到集气管中,说明仪器系统内空气已经除尽,可供使用。

4.2 将张力计埋入在试验地的土壤中,可先用仪器专用小土钻($\phi 10$ mm)打孔,钻至所需测定深度,然后垂直插入张力计。为了使陶土管感应部分与土壤接触紧密,在张力计插入之前,可撒入少量碎土于孔底,当张力计插入以后,再填入少量碎土,并将张力计上下稍稍移动数次,务使陶土管感应部分与周围的土壤紧密吻合,然后填上剩余的土壤并轻轻捣实,使仪器固定,并稍高起(防止雨水顺着张力计的管子渗进去)。张力计安装好以后,要在周围作适当保护,但要注意不要过多地扰动和踏实附近的土壤,致使测量的地方失去原来状态。

4.3 仪器安装完毕,一般需 2 h 至 1 d 以后才能与土壤吸力达到平衡。平衡以后,即可读数。一般应在早晨记录读数,以避免土壤的温度和仪器的温度有过大的差别。当温度降至冰点时,应将仪器撤离。张力计的测定范围在 1 000~80 000 Pa 之间,一般林木生长适宜的土壤吸力,多在它的测量范围以内。

5 结果计算

张力计测定结果目前用 Pa 表示。但张力计的真空压力表上的读数是以 mmHg 为单位表示的,可换算如下:

$$1 \text{ mmHg} = 1.33322387 \text{ mbar} = 133.322 \text{ Pa} \quad (1 \text{ mbar} = 0.750069 \text{ mmHg} = 10^3 \text{ MPa} = 10^2 \text{ Pa} = 10^{-4} \text{ MPa})$$

如用 mmH₂O 或 pF 表示,换算如下:

$$1 \text{ atm} = 1.013 \text{ bar} = 1 \ 013 \text{ mbar} = 759.81242 \text{ mmHg} = 1033 \text{ cmH}_2\text{O} \quad (4^\circ\text{C 时}) = 101325 \text{ Pa} \text{ (准确值)}$$

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9.80665 \text{ Pa} \text{ (准确值)}$$

$$1 \text{ bar} = 1 \ 000 \text{ mbar} = 1 \ 020 \text{ cmH}_2\text{O} = 10^6 \text{ dyn/cm}^2 = 100 \text{ J/kg} = 10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$$

$$\text{pF}1 = 10 \text{ cmH}_2\text{O}, \text{pF}3 = 10^3 \text{ cmH}_2\text{O} \dots \dots \text{依次类推。}$$

由于基质势是含水量的函数,故它常以水分特征曲线形式来表示。

注

1 土壤水分特征曲线:当把土壤容积含水量对其土壤中水分的吸力(Pa)或者对其 pF 作图时所得的曲线,称之为土

壤水分特征曲线。

- 2 土壤水分含量的测定,在许多土壤物理学和工程学研究中应用,但不足以提供土壤水状态和运动的说明。为了取得这样的说明,求出土壤水的能量状态(土水势或吸力),测定土水势是必需的。一般说来,土壤含水量和水势这两种性质,应各自直接测定,不应相互换算。
- 3 土壤水总势常被认为是压势、基质势、溶质势、重力势的和,它可以确定土壤水能量状态与植物吸水关系上的特征,是个有用的指标。在田间条件下,当土壤不饱和时,土水势为负号。土壤水总势的主要优点在于它能提供一个统一的尺度,利用它可以评价土壤-植物-大气系统中,水在任何时间和每一地点的状态。
- 4 土水势在文献上的定量表示:
 - a) 单位质量的能——尔格每克或焦耳每千克,常用来作为势的基本表示单位;
 - b) 单位容积的能——即用压力表示,使用的单位是达因每平方米、帕斯卡、巴或气压,这个表示方法对渗透势和压力势较好,极少用于重力势;
 - c) 单位重量的能(水头)——通常用水头的水柱厘米数或吸力的 pF 来表示,因为一个当量水头表示土壤水的负压势时,水头可以大到 $-10\,000\text{ cmH}_2\text{O}$,甚至 $-100\,000\text{ cmH}_2\text{O}$ 。为了避免使用这样麻烦的大数字,斯科菲尔德(Schofield, 1935)建议使用“pF”,它的定义是负压(张力或吸力)头的水柱厘米数的对数, pF1 为张力头是 $10\text{ cmH}_2\text{O}$, pF3 为张力头是 $1\,000\text{ cmH}_2\text{O}$,依次类推。使用各种方法表示土水势,每一种表示方法都可以用下式直接换算成其他表示方法;目前国际制或我国法定单位在压力上的表示采用帕[斯卡], Pa;

$$\Phi = \frac{p}{\rho_w}$$

$$H = \frac{p}{\rho_w g} = \frac{\Phi}{g}$$

式中: Φ ——单位质量的能所表示的势;

p ——压力表示的势;

H ——势头;

ρ_w ——液态水密度;

g ——重力加速度。

上述这些单位的换算法也可以是:

$$10^8\text{ dyn/cm}^2 = 1\text{ bar} = 100\text{ J/kg} = 1\,020\text{ cmH}_2\text{O} = 10^5\text{ Pa} = 0.1\text{ MPa};$$

$$1\text{ atm} = 1.013\text{ bar} = 1\,033\text{ cmH}_2\text{O}(4^\circ\text{C时}) = 101\,325\text{ Pa(准确值)}。$$

附 录 A
(提示的附录)
土壤水的能量水平

表 A1

土水势				土壤吸力 ¹⁾		水气压 Torr ²⁾ (20℃)	相对湿度 % (20℃)
单位质量		单位容积		压力水头			
erg/g	J/kg	bar	cmH ₂ O	bar	cmH ₂ O		
0	0	0	0	0	0	17.535 0	100.00
-1×10 ⁴	-1	-0.01	-10.2	0.01	10.2	17.534 9	100.00
-5×10 ⁴	-5	-0.05	-51.0	0.05	51.0	17.534 4	99.997
-1×10 ⁵	-10	-0.1	-102.0	0.1	102.0	17.533 7	99.993
-2×10 ⁵	-20	-0.2	-204.0	0.2	204.0	17.532 4	99.985
-3×10 ⁵	-30	-0.3	-306.0	0.3	306.0	17.531 2	99.978
-4×10 ⁵	-40	-0.4	-408.0	0.4	408.0	17.529 9	99.971
-5×10 ⁵	-50	-0.5	-510.0	0.5	510.0	17.528 6	99.964
-6×10 ⁵	-60	-0.6	-612.0	0.6	612.0	17.527 3	99.955
-7×10 ⁵	-70	-0.7	-714.0	0.7	714.0	17.526 0	99.949
-8×10 ⁵	-80	-0.8	-816.0	0.8	816.0	17.524 7	99.941
-9×10 ⁵	-90	-0.9	-918.0	0.9	918.0	17.523 4	99.934
-1×10 ⁶	-100	-1.0	-1020	1.0	1 020	17.522 2	99.927
-2×10 ⁶	-200	-2.0	-2040	2.0	2 040	17.508 9	99.851
-3×10 ⁶	-300	-3.0	-3060	3.0	3 060	17.496 1	99.778
-4×10 ⁶	-400	-4.0	-4080	4.0	4 080	17.483 3	99.705
-5×10 ⁶	-500	-5.0	-5100	5.0	5 100	17.470 4	99.637
-6×10 ⁶	-600	-6.0	-6120	6.0	6 120	17.457 2	99.556

1) 不存在渗透作用(即溶液中没有可溶盐)时,土壤水吸力与基质吸力相等,不然它就是基质吸力和渗透吸力的和。
2) 1 Torr=1 mmHg=133.322 Pa。
1 mmH₂O=9.806 65 Pa(准确值)。