

土壤水含量的表述及方程式

杨继民¹⁾ 郭柏寿¹⁾ 潘学燕¹⁾ 成敏¹⁾ 杨继涛^{2)†}

1)西北农林科技大学《西北农业学报》编辑部;2)西北农林科技大学《陕西农业科学》编辑部;712100,陕西杨凌

摘要 列举书刊中关于土壤水含量的表述及方程式,指出其表述及方程式的疏漏和错误之处。认为:土壤水含量以质量计的应称为土壤质量含水量或土壤水土质量比,采用量符号 ξ ;以体积计的应称为土壤体积含水量或土壤水体积分数,采用量符号 φ 。分别给出了规范的量方程式和数值方程式。

关键词 土壤质量含水量;质量比;土壤体积含水量;体积分数;量方程式;数值方程式

Description and equation for soil moisture content // YANG Jimin, GUO Baishou, PAN Xueyan, CHENG Min, YANG Jitao

Abstract This paper enumerates definitions and equations of soil moisture content in books and periodicals, and pointed out their oversights and mistakes. It is suggested that the soil moisture content measured by mass should be called the mass soil moisture content or the mass ratio of moisture to soil and symbolized with the quantity mark ξ ; that measured by volume should be called the volumetric soil moisture content or the volume fraction of moisture and marked with φ . The standard quantity equation and the numerical value equation are provided respectively.

Key words mass soil moisture content; mass ratio; volumetric soil moisture content; volume fraction of moisture; quantity equation; numerical value equation

First-author's address Editorial Department of Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, Northwest A&F University, 712100, Yangling, Shaanxi, China

依据文献[1]的要求,1995年7月1日以后出版的科技书刊、报纸、教材等在使用量和单位的名称、符号、书写规则时,都应符合新标准的规定。GB 3101中对量方程式与数值方程式分别进行了说明,指出了二者的区别^[2],并指明要优先采用量方程式;但现行书刊中,不规范的量与单位使用情况还比较多,真正规范的量方程式并不多见。在量与方程式使用方面,农业类书刊的随意性更大,在许多量的表述及方程式书写上都存在问题。笔者查阅了近年出版的一些农业方面的论著、大学教材、期刊等,对书刊中土壤水含量的表述及方程式进行归纳^[3-10],分析其疏漏之处,与大家共同探讨规范的表述及方程式。本文论述未涉及以水层厚度或相对含水量表示的土壤水含量。

1 土壤水含量的表述

在查阅相关文献时,经常会看到这样的表述:“土

壤水含量为……%”“土壤水的百分含量”“土壤水分百分数为……%”等。其实,这样的表述都是不确切、不规范的。首先,“含量”不能认为是物理量,在科技语言中,“含量”囊括了混合物组成的各个量,包括质量分数、体积分数、质量浓度、摩尔分数、质量比等。虽说现阶段,在“口头”和书面上不用“含量”也不现实^[11],但也要在不产生歧义的情况下才可使用。其次,在对土壤水含量表示的常用方法中,单位为“1”的,可以用“%”表示,有的以质量计,有的以体积计。显然,用“含量”和“%”的表述无法表明数据的特性,也就无法将二者区分开来。既然“含量”的含义并不确定,那么在其前面加上“百分”则使其含义更不确定,事实上,百分含量属已废弃的旧名称,应不再使用。

土壤水含量的定义,以质量计的大多为:土壤中所含水的重量(应为质量)占烘干土重量的百分比^[4-8];以体积计的大多为:土壤水分容积(应为体积)占整个土壤水分容积的百分数^[3-4,6-7]。

对于土壤水含量,不管是以质量计还是以体积计,其SI单位均为“1”,在定义中规定其单位是不科学的,不能认为土壤水含量只能用“%”来表示,定义中出现的“百分比”和“百分数”显得多余;所以,以质量计的土壤水含量定义应纠正为:土壤中水分质量与干土质量的比值^[9-10],称为土壤质量含水量(mass soil moisture content)或土壤水土质量比(mass ratio,下文称“土壤水土质量比”);以体积计的土壤水含量定义纠正为:土壤水分体积与土壤体积之比^[10],称为土壤体积含水量(volumetric soil moisture content)或土壤水体积分数(volume fraction of moisture,下文称“土壤水体积分数”)。

2 土壤水含量的方程式

2.1 土壤水土质量比 土壤水土质量比的方程式,文献列出的主要有以下4种。

$$1) \quad \overline{\omega}_{\text{重}} = [(\overline{\omega}_1 - \overline{\omega}) / \overline{\omega}] \times 100\% \quad (1)$$

式中: $\overline{\omega}_{\text{重}}$ 为土壤水分重量百分数; $\overline{\omega}_1$ 为土壤湿土重量(克); $\overline{\omega}$ 为烘干土重量(克)^[3,9]

$$2) \quad \text{水分(干基}\%) = (m_2 - m_1) / (m_1 - m_0) \times 100\% \quad (2)$$

† 通信作者

式中: m_0 为烘盒质量(g); m_2 为烘前土样和烘盒质量(g); m_1 为烘后土样和烘盒质量(g)。^[8]

3) 土壤含水量(重量)% = [(土壤鲜重 - 土壤干重)/土壤干重] × 100。^[4,7] (3)

4) $\theta_m = (\omega_1 - \omega_2)/(\omega_2 - \omega_3) \times 100$ 。^[10] (4)

土壤水土质量比是质量的比值,故以上4式中的质量比,均应采用规范的质量比符号“ ξ ”;此外,式中的重量均应改为质量。式(1)的原意是把水土质量比的结果表述为以“%”为单位的数值,但这违反了在定义方程式中,不得包含或暗含特定单位的原则^[11],一个量的单位可以任意选择,只不过某些单位(包括%)对某个量比较实用(或习惯用)而已,但绝不是唯一的单位。

式(1)右边分子与分母的单位相同,所得结果单位为“1”,而单位“1”可以表述为“%”“0.01”或“ 10^{-2} ”,不能预先加以限定。

除此以外,式(1)和(2)的式注中还注明了各个物理量的单位,无此必要;因量方程式表示的只是各物理量之间的关系,与单位的选择无关,没必要限定单位^[12]。列出量的方程式,并在式注中说明各量的单位,是将量方程与数值方程揉合在一起使用,给人的感觉是量方程只在特定的单位下才可以成立,容易引起歧义。式(1)和式(2)错用了质量的量符号,应改为“ m ”,已经规范了的量,且已经有了标准的量符号,就要使用规范的符号。

式(3)和(4)等号左边是要以“%”为单位表示所得结果,但从代数式的运算来看,它与等号右边的数值并不相等,按式(3)运算,因% = $10^{-2} = 0.01$,正常运算,式(3)所得结果是实际值的10 000倍,按式(4)运算,计算结果是实际值的100倍;但在具体的应用中,人们却从错误的式子中得到了正确的结论,这实际上是在运算时不自觉地改变了运算规则,并未完全遵从方程式的运算法则。

据以上的分析,土壤水土质量比规范了的量方程应为:土壤水土质量比 = (土壤鲜质量 - 土壤干质量)/土壤干质量。用量符号表示,则为 $\xi(\text{H}_2\text{O}) = (m_f - m_d)/m_d$ (式中: m_f 为土壤湿土质量; m_d 为烘干土质量)。 $\xi(\text{H}_2\text{O})$ 的单位可用“1”或“%”,也可以用2个单位的比值,如“g/g”“mg/g”“g/kg”等表示。单位不同,但其量方程式相同。

若 m_f 、 m_d 单位取 g,则 $\xi(\text{H}_2\text{O})$ 数值方程式为

$$\{\xi(\text{H}_2\text{O})\} = (\{m_f\}_g - \{m_d\}_g)/\{m_d\}_g$$

或

$$\{\xi(\text{H}_2\text{O})\}_{g/g} = (\{m_f\}_g - \{m_d\}_g)/\{m_d\}_g;$$

若 m_f 、 m_d 单位为 g, $\xi(\text{H}_2\text{O})$ 单位取 mg/g,则数值

方程式为

$$\{\xi(\text{H}_2\text{O})\}_{\text{mg/g}} = (\{1\,000m_f\}_{\text{mg}} - \{1\,000m_d\}_{\text{mg}})/\{m_d\}_g。$$

可见,数值方程式与选择的特定单位有关,不但会随量值单位的变化而变化,而且书写也较麻烦。

2.2 土壤水体积分数 土壤水体积分数的方程式,文献列出的主要有以下4种。

1) $\theta_v\% = (\text{土壤水容积}/\text{土壤总容积}) \times 100$ ^[4];
(5)

2) $\theta_v\% = (V_{\text{水}}/V_{\text{土}}) \times 100\%$ ^[9];
(6)

3) 土壤含水量(容积百分数%) = (湿土重 - 烘干土重)/(烘干土重/土壤容重) × 100^[6];
(7)

4) 土壤含水量(容积)% = (水的体积/土壤体积) × 100 = 土壤含水量(重)% × 土壤容重^[7]。
(8)

可以看出,以上4式除存在与“2.1节”同样的量符号误用、预定了量单位、扩大了所得结果的问题外,公式中的“容积”还应改为“体积”^[2]。

$\varphi(\text{B})$ 表示与混合物相同的温度和压力时,混合以前纯 B 的体积与混合以前所有纯组元的体积和之比^[2,12],所以,土壤水体积分数用量符号 φ 表示。除此而外,式(7)和(8)中的“容重”应改为“土壤体积质量”^[13],方程式(7)、(8)右边实为土壤水土质量比 × 土壤体积质量。

土壤水体积分数方程式为:土壤水体积分数 = 土壤水体积/土壤体积,用量符号表示为: $\varphi(\text{H}_2\text{O}) = V_1/V_2$ (式中: V_1 为土壤中水的体积; V_2 为土壤总体积)。 $\varphi(\text{H}_2\text{O})$ 的单位可以用“1”或“%”,也可用2个体积单位的比值,如“ m^3/m^3 ”“ dm^3/m^3 ”“ L/m^3 ”等表示。

若 V_1 、 V_2 单位均为 m^3 , $\varphi(\text{H}_2\text{O})$ 数值方程式为:

$$\{\varphi(\text{H}_2\text{O})\} = \{V_1\}_{\text{m}^3}/\{V_2\}_{\text{m}^3}$$

或

$$\{\varphi(\text{H}_2\text{O})\}_{\text{m}^3/\text{m}^3} = \{V_1\}_{\text{m}^3}/\{V_2\}_{\text{m}^3}。$$

若 $\varphi(\text{H}_2\text{O})$ 单位选择 dm^3/m^3 , V_1 、 V_2 单位为 m^3 ,则数值方程式为

$$\{\varphi(\text{H}_2\text{O})\}_{\text{dm}^3/\text{m}^3} = \{1\,000V_1\}_{\text{dm}^3}/\{V_2\}_{\text{m}^3}。$$

3 结束语

由于历史和学科发展的原因,农业科学研究中许多量和方程式的使用还很不规范,很多是基于个人习惯。虽说是大多数研究人员可以明白其中的含义,并可以运用不确切的量和方程式得出正确的结论,但這些不正确的表达还是带来了一定的混乱。如“土壤水分相对含量”“饱和含量”“发芽势”“发芽率”等,同土壤水含量一样,人们习惯于用“%”来表示,在书写方程式时,习惯于在方程1边或2边加上“%”或是乘以