

一个测定土壤元素生物有效性的新方法

A DESORPTION METHOD FOR ASSESSING SOIL ELEMENT BIOAVAILABILITY

吴启堂

WU Qitang

(土化系)

(Department of Soil Science & Agrochemistry)

关键词 水土比; 土壤溶液浓度; 缓冲能力; 可解吸性元素; 生物有效性

Key Words Water to soil ratio; Soil solution concentration; Buffer power; Desorbable element, Bioavailability

目前表征土壤元素生物有效性有强度、容量和数量指标。这些指标需分别测定, 比较费时。而且数量和容量指标通常用化学试剂浸提法和吸附等温线法, 不一定能真正反映土壤的供给能力^[1]。本文旨在找出一种能同时测定这些指标又比较简单的方法。

1 原理和方法

称取一定量风干、过 1 mm 孔径筛的土壤, 加蒸馏水使水土比为 1:1、2:1、5:1、10:1, 振荡半小时, 静置 24 h (在静置期间摇匀 1~2 次), 再摇匀过滤, 测定滤液中的元素浓度。氮的测定用加 $\text{FeSO}_4 \sim \text{Zn}$ 粉还原剂的蒸馏法, 磷用磷钼蓝比色法; 钾用火焰光度法; 镉用原子吸收光谱法、pH 用电位法。

土壤溶液某一元素的浓度 (C) 与水土比 (H) 的关系可用下式描述:

$$C = C_1 \cdot H^a \quad (0 < a < 1) \dots\dots\dots (1)$$

回归常数 C_1 为在 H 等于 1 时的 C; a 描述 C 随 H 变化的趋势。a 越大, C 随 H 的增加就下降的越快, 即是说土壤缓冲能力越弱。

在某一水土比时解吸到土壤溶液的元素总量为:

$$Q = C \cdot H = C_1 \cdot H^{1+a} \dots\dots\dots (2)$$

植物根系吸收土壤溶液中的元素而使其浓度降低。当土壤溶液元素浓度降低至根系吸收所要求的最小浓度 ($C_{\min}$) 时土壤可解吸出来的该元素总量即为可供根系吸收的量, 或者说土壤有效元素含量。该含量的大小为:

$$Q = \int_{C_0}^{C_{\min}} dQ = \int_{H_0}^{H_{\max}} C \cdot dH \dots\dots\dots (3)$$

式中 C_0 为溶液起始浓度, 相应的土壤含水量为 H_0 (风干土); $C_{\min}$ 为根系吸收动力学最小浓度^[1], $H_{\max}$ 为相应的水土比。

将 (1) 式代入 (3) 式、并解出积分可得:

$$\begin{aligned} Q &= [C_1^{1/a} / (1-a)] (C_{\min}^{-1/a+1} - C_0^{-1/a+1}) \\ &= [C_1 / (1-a)] (H_{\max}^{1-a} - H_0^{1-a}) \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

1991-09-25 收稿

(4) 式表明, 土壤有效元素含量随 C_1 的增加而增加, 随 a 和 C_{max} 的增加而减少。由于 C_{max} 对不同的植物来说是不同的, 因此, 土壤有效元素含量也与植物种类有关。目前只有很少一些元素和植物的 C_{max} 是知道的, 因此在实用上可用 $H_{max} \approx 100$, $H_0 \approx 0.05$ 来估计土壤有效元素含量, 且称为可解吸性元素含量:

$$Q \approx [C_1 / (1-a)] (100^{1-a} - 0.05^{1-a}) \dots\dots (5)$$

由于水土比即为土壤湿度, 因此 (1) 式可用以估计田间水分含量 (H_0) 条件下的土壤溶液浓度 (C_1):

$$C_1 = C_0 \cdot H_0^{-a} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{该条件下的土壤平均缓冲能力系数为: } b = Q/c_1 \dots\dots\dots (7)$$

根据以上方法, 我们进行了二方面的试验:

1. 1 镉

取法国洛林 (Lorraine) 地区两种土壤 (表 1)。加入不同含量和形态的镉, 进行连续 2 年的黑麦草盆栽试验^[2], 测定黑麦草吸镉量和不同处理土样在不同水土比下的土壤溶液镉浓度。

1. 2 氮、磷、钾和 pH

土样取自华南农业大学农场水稻土、象岗山赤红壤和老桑园赤红壤。我们进行了玉米盆栽试验, 每盆装土 5 kg, 设 3 次重复, 各种玉米 3 株, 6 周后收割其地上部分, 测定干物重和氮磷、钾含量。

表 1 土壤溶液镉浓度与水土比的关系

土 壤	处 理	总镉 (mg cd/kg)	回归曲线 $c=c_1 \cdot H^{-a}$ (c 为 $\mu\text{g cd/L}$)	相关 系数 r	观测数 n	可解吸 性镉 ($\mu\text{g cd/kg}$)	黑麦草 含镉量 (mg cd/Kg)
冲 积 性 棕 壤 (砂土)	对 照	0.40	$C=0.92H^{-0.002}$	0.978	5	7.95	0.70
	镉盐	3.40	$C=24.89H^{-0.003}$	0.987	5	214.78	7.80
	污泥 1	1.60	$C=1.24H^{-0.716}$	0.963	5	14.31	1.22
	污泥 2	4.60	$C=4.49H^{-0.700}$	0.920	5	52.48	3.06
淋 溶 性 棕 壤 (壤土)	对 照	0.4	$C=0.62H^{-0.000}$	0.971	4	7.55	0.56
	镉盐	6.40	$C=40.20H^{-0.003}$	0.986	4	347.37	8.29
	污泥 1	1.60	$C=1.55H^{-0.011}$	0.976	4	38.73	1.32
	污泥 2	4.60	$C=2.70H^{-0.003}$	0.985	4	86.80	3.38

2 结果和讨论

表 1 结果表明, 土壤溶液镉浓度与水土比关系符合 (1) 式, 回归相关系数均达显著或极显著水平。壤土镉强度 (C_1) 低于砂土, 但缓冲能力较强。镉盐的加入极显著提高强度指标, 但趋于降低容量指标, 即增加 a 值。污泥处理同时提高强度和容量指标, 但增幅较小。两年的盆栽试验表明, 黑麦草含镉量与强度 C_1 呈显著的相关关系 ($r=0.901^{**}$, $n=24$), 与可解吸性镉的相关性更高 ($r=0.935^{**}$, $n=24$)。

表 2 结果显示, 氮磷、钾和氢离子的浓度与水土比的关系也符合 (1) 式。3 种土壤中,

水稻土氮的有效性最高，磷、钾中等，酸性较强，玉米植株产量和氮、磷、钾浓度中等。象岗山赤红壤钾有效性较高，氮中等，但磷很低，酸性强，玉米植株产量和吸磷量均很低，老桑园赤红壤氮钾有效性不高，但磷较高，酸度低，导致玉米产量较高。这些表明，土壤酸度大、磷有效性低是限制玉米生长的障碍因子。

表 2 土壤元素解吸特征与玉米生长

土 壤	元素	解吸曲线 $C=C_1 \cdot H^{-a}$	观测数 n	相关系数 r	可解性元素 含量 Q	玉米 产量	元素 吸收量
农场 水稻土 (1)	N _i	$C=106.3H^{-0.445}$	4	0.996	947.6		3.19
	P _i	$C=0.118H^{-0.447}$	4	0.991	2.68	12.68	0.563
	K _i	$C=24.16H^{-0.638}$	4	0.999	330.9	±0.64	5.96
	pH _i	$pH=4.40+0.58\lg H^+$	4	0.980	62.88		
象岗山 赤红壤 (2)	N	$84.89H^{-0.872}$	2		743.8		3.28
	P	$C=0.032H^{-0.134}$	2		1.99	1.68	0.280
	K	$C=45.58H^{-0.717}$	2		523.9	±0.13	6.91
	pH	$pH=4.58+0.39\lg H^+$	2		70.87		
老桑园 赤红壤 (3)	N	$C=7.98H^{-0.401}$	2		205.6		1.29
	P	$C=0.082H^{-0.147}$	2		4.88	14.55	0.663
	K	$C=11.87H^{-0.908}$	2		177.0	±3.20	4.42
	pH	$pH=6.26+0.41\lg H$	2		13.94		

* 各参数的单位为：解吸曲线中C为mg/L；可解吸性元素含量中N、P、K为mg/kg±，H⁺为mmol/kg±
玉米产量：克/盆；元素吸收量为：%。

本文介绍的解吸法，测定较简单，得到的表征土壤元素生物有效性的参数较全面，与植物根系吸收的联系较密切，且适合于多种土壤元素，这对于研究土壤的综合养分水平、找出限制因子、指导作物平衡施肥是有益的。它的应用需要更广泛的盆栽和大田试验作先导。

参 考 文 献

1 Barber S, A. Soil Nutrient Bioavailability, A Mechanistic Approach. John wiley & sons, Inc. New york. 1984. 21~47

2 Wu Q T, J L Morel & A Guckert. Effect of nitrogen source on cadmium uptake by plants. C. R. Acad. Sci. Paris, Serie III, 1989, 309, 215~220