

选择土壤有效磷化学提取剂的探讨*

林 忠 焱

(土化系)

提 要

本文根据作者及前人的试验结果,探讨了以往选择土壤有效磷化学提取剂的各种依据,提出了应根据土壤有效的各形态磷量多少的顺序选择提取剂的观点,并据此观点制成“土壤有效磷化学提取剂选择表”可供实际运用时参考。

土壤有效磷化学提取剂的选择问题,前人已做了大量的研究工作,取得了很大的进展。过去,曾以土壤一些不同的性质作为选择的依据,如土壤母质、质地、阳离子代换量;土壤各形态磷的绝对含量;土壤酸碱度;地区土壤类型(土壤区域性划分)等。按这些依据选择的提取剂运用于测定土壤有效磷有很多成功的例子,但也有不少例外;以这些依据去解释试验结果时,存在一些矛盾。近来,比较一致的意见是必须通过对提取剂进行细致的相关研究才能最后作出选择。但是,进行这种相关研究必须选择多种提取剂进行土壤测定,并且需栽培作物以取得作物产量和吸磷量作参比标准,还需作相关统计分析,所代表的面积往往又很有限,既花工又花时,实际运用时不易做到;而且,这种相关研究无法说明其原因和作用效果。因此,很有必要寻求一种更可靠的依据来选择提取剂,并且对选择结果能以此依据从本质上给予解释。

根据本文作者的试验结果^[8]和参考有关文献,作者认为:应根据土壤有效的各形态磷量多少的顺序选择提取剂,所选取的提取剂提取各形态磷量多少的顺序与土壤有效的各形态磷量多少的顺序必须基本一致。

一、土壤有效的各形态磷量

土壤有效的各形态磷相对磷量拟以下式表达:

有效的某形态磷相对磷量(%)

$$= \frac{\text{有效的该形态磷量}}{\text{土壤有效磷总量}} \times 100$$

$$= \frac{\text{该形态磷量} \times \text{该形态磷有效性}}{\text{土壤有效磷总量}} \times 100$$

各形态磷量与成土母质、风化程度等有关^[9]。各形态磷的有效性指活性的某形态磷量

* 本文在茹皆耀教授指导下完成;承蒙余鹿庄副教授和连兆煌副教授提供了宝贵意见,谨致衷心谢意。

占该形态磷量的百分比,与土壤质地、水分状况和施肥管理等都有关。目前,还无法准确测出土壤有效磷总量及各形态磷有效性(张守敬等曾提出用比表面活性表示^[13]),因此,还无法计算出有效的各形态磷量的数值或有效的各形态磷相对磷量的数值,但可以通过间接的方法确定有效的各形态磷量多少的顺序。

许多试验已表明,土壤中有有效的各形态磷量是不同的,各种土壤都有其一定的多少顺序。有效磷量最高的第一位磷源固然重要,有效磷量较少的第二、三位磷源也不可忽视。提取剂对土壤有效磷的提取必须符合这种顺序,否则,这种提取剂就不适用^[8]。选择提取剂必须以有效的各形态磷量多少的顺序为依据(即以各形态磷向作物供磷的贡献大小顺序为依据^[8])。如上式所表达,有效的某形态磷量除与该形态磷量有关外,还与该形态磷的有效性有关。据此可分析以往选择提取剂的各种依据的不足之处。

土壤母质、质地、阳离子代换量等不能全面反映土壤各形态磷量的数量分布比例及各形态磷的有效性,即不能可靠地反映土壤有效的各形态磷量多少的顺序,因此作为选择提取剂的主要依据是不妥当的。

以前曾按土壤各组无机磷的绝对含量来对土壤磷肥力进行归类并以此指导选用提取剂。然而,后来的研究工作证明,有些水稻土中磷在含量上最多的形态并不一定是向水稻供磷的主要形态^{[9][7]},一些研究结果说明,大多数温带与热带酸性土壤中有有效磷的主要形态不是含量最多的Fe—P,而是Al—P^{[5][8][15]}。其原因是有效的各形态磷量除与各形态磷绝对含量有关外,还与各形态磷的有效性有关。因此,以各组无机磷的绝对含量为依据选择提取剂有时会得出错误的结论。

过去亦曾根据土壤的酸碱度选择提取剂,但实际运用时有不少不符合之处。如对于酸性土壤一般推荐酸性氟化铵法,但一些试验表明这种方法用于一些酸性土壤是不适宜的^{[4][8][9]}。其原因是土壤风化程度决定土壤各形态磷的数量分布比例,但有效的各形态磷量多少一般情况下却不是由其起主要决定作用。pH单独不能支配土壤各形态磷的有效性及其提取特性^{[8][14]}。

至于按区域性划分土壤来选择提取剂,因同一区域内土壤的风化程度、酸碱性、水肥状况等仍可能有很大差别,使土壤有效的各形态磷量多少的顺序亦可能有很大差异,因此,选择的结果可能不理想。

除了热带森林土壤供磷主要是有机磷外,其余土壤的有效磷一般都来自非闭蓄态无机磷(Al—P、Fe—P和Ca—P)。由于有效的各形态磷量与各形态磷量和各形态磷有效性两方面都有关,因此,这三种主要磷形态中的任何一种都可能是最主要的磷源^[9]。可根据有效的这三种形态磷量多少的顺序将土壤分成六类(见表1)。这六类土壤已包括了所有以无机磷为主要有效磷源的土壤。综合前人的研究结果及根据土壤化学原理,可以推断,在多数情况下,酸性旱地土壤属第一或第二类,酸性淹水土壤属第三或第四类,中性及石灰性旱地土壤属第二或第五类,中性及石灰性淹水土壤属第四、五类或第六类。

二、提取剂对土壤各形态磷的提取

目前,已被提出的土壤有效磷提取剂虽然种类繁多,但它们所含有的具有提取能力

的离子则主要是下列几种： H^+ 、 OH^- 、 F^- 、 HCO_3^- 和 $C_2O_4^{2-}$ 。根据这些离子的化学性质以及许多研究试验的结果，已总结出这些离子对土壤各形态磷提取力大小的一般顺序^{[5][14]}。

然而，不少试验表明，上述离子对土壤各形态磷提取数量多少的顺序并不一定符合上述提取力大小的一般顺序，似乎变化无常，使提取剂的选择愈显得复杂。究其原因，是因为当提取剂作用于土壤时，具有作用力的离子一般应该首先与土壤中的活性磷起反应，在一定的浸提剂用量和浸提时间内，离子所提取的各形态磷的数量占该离子提取磷总量的比重大小顺序，并不总是和上述提取力大小顺序一致，还会受土壤中活性的各形态磷量多少的顺序所影响，即提取剂对土壤有一定的适应性。当有效磷量最多的磷形态不是提取剂离子提取力最大的磷形态时，这种影响就特别明显。例如，当土壤中Al—P为主要有效磷源时， H^+ 可能提取Al—P最多而不是提取Ca—P最多。又如当土壤中Fe—P为主要有效磷源而有效的Al—P在有效磷总量中所占比重较小时， F^- 不一定提取Al—P最多^[8]。

三、土壤有效磷化学提取剂的选择

显然，当提取剂提取各形态磷量多少的顺序与土壤有效的各形态磷量多少的顺序一致时，此种提取剂所提取的磷量就能反映土壤有效磷的高低。只要顺序一致就可以了，并非一定要严格按比例提取。

上述提取剂的适宜性，可能是由于这种提取剂对土壤各形态磷提取能力大小的一般顺序与土壤有效的各形态磷量多少的顺序恰好一致；也可能不是这样，而是受土壤活性的各形态磷量多少的影响，提取剂提取各形态磷量多少的顺序与该提取剂对各形态磷提取力大小的一般顺序不一致，但与活性的各形态磷量多少的顺序一致，即如前面所述，这是提取剂对土壤的适应性。两者比较，大部分情况是属于前者，而且前者的适宜性往往比后者好，与作物反应相关系数高。选用前者的提取剂比选用后者的提取剂其适宜性要可靠得多。况且在实际应用时，一般只选用最适宜的提取剂。因此，选用前者的提取剂就可以了。

现主要根据土壤有效的各形态无机磷量多少的顺序和各提取剂离子对土壤各形态无机磷提取能力大小的一般顺序，综合国内外的试验结果，制成“土壤有效磷化学提取剂选择表”（表1）。

此表适用于以无机磷为主要有效磷源的土壤。表中，含有不加括号离子的提取剂一般都是适宜的，而且往往是最适宜的提取剂。含有加括号离子的提取剂在多数情况下是适宜的，但不一定是最适宜的提取剂。应该指出，由于提取剂对土壤存在一定的适应性，适宜的提取剂可能不止表中所列，但表中所列往往是最可靠且最适宜的提取剂。还应指出，当土壤有效的各形态无机磷量的多少差别不大时，则与此磷量多少顺序相近的那些土壤类型的适宜提取剂都可适用。例如当第1位和第2位有效磷源的有效的Al—P和Ca—P量多少差别不大时，则表中第二类和第五类土的适宜提取剂都可适用。

值得注意的是Olsen法。因为在此提取剂的碱性溶液中同时存在 OH^- 、 HCO_3^- 、

表1 土壤有效磷化学提取剂选择表

土壤类号	土壤有效的各形态磷量多少的顺序			适宜的提取剂含有的主要离子*
	1	2	3	
一	Al—P	Fe—P	Ca—P	F ⁻ (OH ⁻ + HCO ₃ ⁻)
二	Al—P	Ca—P	Fe—P	F ⁻ + H ⁺ (H ⁺ 或 OH ⁻ + HCO ₃ ⁻)
三	Fe—P	Al—P	Ca—P	OH ⁻ 或 C ₂ O ₄ ⁻ (OH ⁻ + HCO ₃ ⁻)
四	Fe—P	Ca—P	Al—P	OH ⁻ + HCO ₃ ⁻
五	Ca—P	Al—P	Fe—P	HCO ₃ ⁻ + OH ⁻ (H ⁺)
六	Ca—P	Fe—P	Al—P	HCO ₃ ⁻ + OH ⁻

*浸提液的浓度、用量和浸提时间等也要适宜。稀酸浸提液不宜用于强碱性土，稀碱浸提液不宜用于强酸性土。

和CO₃⁼，这些离子对Al—P、Fe—P和Ca—P中的磷都能置换，而且所置换的磷一般是这些磷酸盐表面吸附的磷^{[1]、[2]}。而这些被吸附在固相表面的活性磷正是植物的磷源（土壤有效磷）。这样，Olsen法就能因土而异按比例提取出有效的各形态磷，提取各形态磷量多少的顺序与土壤有效的各形态磷量多少的顺序一致，所提取的磷量往往与植物吸收的磷量有很高的正相关关系。因此，Olsen法的适应性就很强，适用范围就很广，除了强酸性土外，几乎适用于各类土壤（但不一定是最适宜的提取剂，见表1）。当一组土壤包括各种类型土壤时，则用Olsen法较适宜。若国内需统一方法，则Olsen法是较理想的方法。正如有人建议，此法可作为国际通用方法。

表1可以有两方面的作用：

（一）有助于对过去长期以来大量的土壤有效磷提取剂选择的试验结果进行统一的本质的解释。只要试验提供了供试土壤有效的各形态磷量多少顺序的资料，运用此表，对于提取剂的选择结果都可以从本质上给予较完满的解释。

（二）对土壤有效磷化学提取剂的选择可有指导作用。先要确定土壤有效的各形态磷量多少的顺序。目前可有下列三种方法，用三种方法之一确定了这种顺序后，就可参考表1选择适宜的提取剂。比起前面所述以土壤各形态磷绝对含量或土壤酸碱度等为依据选择提取剂的方法来，这样选择远为可靠。比起目前一般所采用的通过栽培作物取得参比项，并用多种提取剂提取土壤有效磷，把测定值与参比项进行相关分析找出相关性最好的提取剂的方法来，这样选择有两个优点，一是有土壤和提取剂的化学理论依据；二是方法比较简便些，可节省部分工作。这三种方法是：1、以植物反应为参比标准的统计分析法^{[8]、[15]}。运用这方法和表1选择提取剂，可不作多种提取剂测定土壤有效磷以及以这些测定值与植物反应参比标准作相关分析的工作。2、测定种植作物后的土壤与不种植作物为对照的土壤各形态无机磷的差值法^[11]。运用此法和表1选择提取剂，除了第1种方法所述可不作的工作外，还可不做取得作物产量和吸磷量的工作。3、运用³²P交换平衡后进行土壤磷分组并测量各组磷放射性强度的同位素平衡法^[12]。

运用这方法和表 1 选择提取剂，不必栽培作物和用多种提取剂测定土壤有效磷以及作两者的相关分析。

目前确定土壤有效的各形态磷量多少顺序的方法仍不够简便。若未能确定有效的各形态磷量多少的顺序，亦可按本文前面所述土壤酸碱度和水旱状况不同的土壤与表 1 所列六类土壤的对应关系，参考表 1 作大致的选择。今后，必须继续探讨决定这种顺序的土壤条件以及确定这种顺序的更简便的方法。

参 考 文 献

- [1] 杰克逊, M.L., (1958, 蒋柏藩等译):《土壤化学分析》, 184—185, 科学出版社, 1964年。
- [2] 黎耀辉: 从不同浸提剂所浸出的磷酸盐形态探讨几种速效磷测定方法的意义, 《土壤学报》, 12 (1) 1964: 78—82。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所:《中国土壤》, 379—382, 科学出版社, 1978年。
- [4] 史陶钧等: 酸性水稻土有效磷测定方法的研究, 《土壤学报》, 16 (4) 1979: 409—413。
- [5] 周鸣铮: 土壤速效磷化学提取测定法探讨, 《土壤通报》, (4) 1980: 48; (5): 42。
- [6] 周鸣铮: 有关水稻土壤养料肥力的某些研究的论述, 《土壤学进展》, (5—6) 1980: 16。
- [7] 傅绍清、宋金玉: 土壤有效磷的测定方法及其与磷素形态关系的研究。《土壤学报》, 19 (3) 1982: 305—310。
- [8] 林忠焱: 水稻土和菜园土有效磷化学测定法及其与磷素形态关系的研究, 《华南农学院学报》, 4 (1) 1983: 1—10。
- [9] Saunder, D.H., 1956: Determination of available phosphorus in tropical soils by extraction with sodium hydroxide. *Soil Sci.*, 82: 457-463.
- [10] Chang, S. C. and Jackson, M. L., 1958: Soil phosphorus fractions in some representative soils. *Journal of Soil Sci.*, 9: 109-119.
- [11] Chang S. C., 1965: Application of phosphorus fractionation to the study of chemistry of available soil phosphorus. *Soil and Fert. in Taiwan*.
- [12] Dunber, A. D. and Baker, D. E., 1965: Use of isotopic dilution in a study of inorganic phosphorus fractions from different soils. *Soil Sci. Soc. Am. P.*, 29: 259-262.
- [13] Chu, w. K. and chang, S. C., 1966: Surface activity of inorganic soil phosphorus. *Soil Sci.*, 101: 459-464.
- [14] Thomas, G. W. and Peaslee, D. E., 1973: Testing soils for phosphorus, in Walsh, L. W. and Beaton, J D. (ed.), *Soil Testing and Plant Analysis*. P. 115-132, *Soil Sci. Soc. Am., Inc., Wise. U. S. A.*
- [15] Enwezor, W. D., 1977: Soil testing for phosphorus in some Nigerian soils: 3. Forms of phosphorus in soils of southeastern Nigeria and their relationship to plant available phosphorus. *Soil Sci.*, 124: 27-33.

PROBE INTO THE SELECTION OF CHEMICAL EXTRACTING AGENTS FOR SOIL AVAILABLE PHOSPHORUS

Lin Zhongyan

(Department of Soil and Agrochemistry)

ABSTRACT

Formerly when we tried to select chemical extracting agents for soil available phosphorus, we often made it on the basis according to the amounts in the order of various forms of available phosphorus. The selected extracting agent to extract various forms of available phosphorus must be in uniformity with the extracting agent in that order.

Soils were classified into six types according to the amount in the order of various forms of available inorganic phosphorus. In this experiment "A selection table of chemical extracting agents for soil available phosphorus" was established according to the amount in the order of various forms of available inorganic phosphorus and to the order of extracting ability of the extracting agents to extract various forms of available inorganic phosphorus.