

离子交换树脂在土壤测试中的前景

钱佩源

(University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan
Canada, S7N 0W0)

E. O. Skogley

(Montana State University
Bozeman, MT 59717
USA)

摘 要

讨论了传统的土壤测试方法的弊病,并指出了某些弊病的不可克服性。用阴、阳离子交换树脂来提取土壤中植物有效养分的方法业已引起人们的广泛重视。作者根据多年的研究,论证了这个能反映养分对植物有效性的方法是今后土壤测试的方向。

关键词 土壤测试; 化学提取法; 离子交换树脂; 阳离子; 阴离子; 土壤有效养分

当代的土壤测试与50年前相比改进不少,特别由于近年来仪器不断更新及自动分析法日趋完善,更使土壤测试进入一个新的境界。但是,尽管今后还有更先进的仪器可供使用,其基本原则始终如一,即是建立在检测化学提取剂所提取出来的土壤养分。如果提取出来的养分并不能真正代表植物所能吸收的养分(即有效养分),那末用最精密的仪器所测出之结果也乏实际意义。

Skogley^[1](1994)在统计全美每年分析土壤样品的数量时发现,虽然1966年分析的土样数已从1954年的120万个增至375万个,但1966年至今始终维持在每年300万个至350万个之间,未见进一步增加。在1993年,每个被分析的土样所代表的耕地面积已达40公顷。不难看出,在这30年间并非不必分析更多的土样,而是当前分析结果所提出的推荐施肥量,其可信度已使农民及其他土地拥有者却步。

1 当前土壤测试方法存在的问题

要解决当前推荐施肥的可信度,首先要了解当前土壤测试方法(主要是指养分提取部分)是否合理,是否还有进一步改善的余地。据此,我们先假设一个理想土壤测试方法应具备:(1)能正确反映可供植物根吸收的土壤养分状况;(2)能同时提取土壤中所有的有效养分,即具有“通用”(universal)性;(3)能适用于所有类型的土壤,而成为标准化的测试法;(4)结果必须正确可靠;(5)方法力求简捷;(6)分析每个样品的成本要低。

对照上述各条,目前通用的各种土壤测试法还远非理想。如(6),降低成本而言,虽已有相当改进,但仍有潜力可挖;再如(5),简捷,也只能说部分做到简捷快速,因这一点往往仰赖于自动分析技术的改进,与提取方法本身无关。关于(4)结果之正确性,如果说由于现代仪器之精密,分析结果已相当可靠,但是,如果脱离了(1)所提的要求,这个正确性仍匮乏实际意义。

实践证明,不少致力于寻求解决(2)及(3)的努力都功亏一篑。通用提取剂实际上并

不通用,对各个元素的提取量与它们各自对作物的有效性总表现得不尽一致^[2-4]。不受地域限制的标准化提取剂,至今也未找到。相反,根据 Gupta^[5]的统计,单测定磷的方法就有60多种。关于如何满足(1)的要求,由于化学提取的提取原则与植物根吸收养分的机理大不一样,常规的化学测试法对(1)是无能为力的^[6]。

2 离子交换树脂及其在将来土壤测试中的应用价值

最早发现具有离子交换性能的“树脂”是土壤^[7,8]。可是长期来用合成离子交换树脂与“土树脂”进行养分离子的研究很少为科学家们重视^[9]。随着合成树脂工业的建立及发展,各种类型的树脂产品不断问世,其在工农医等学科中的应用也日见广泛^[10]。事实上选用适当的树脂体系进行土壤养分测定的研究已从50年代就开始^[11,12],至70年代已有相当报道^[13-17]。从80年代至今已为大多数科学家所接受,其中大多数局限于单一元素测定及实验室研究^[18-25]。真正系统研究过合成树脂体系在土壤测试中的应用首推 Montana 州立大学的 Skogley^[1,16,24,26-35]。

Skogley 集30年研究,已创立了一套较为完臻的理论体系,并建立了一个相当大的数据库。Skogley^[1]指出,用阴、阳离子混合型交换树脂提取土壤养分可基本满足理想测试之(1),即最重要的一点^[1]。离子交换树脂吸收土壤养分的特性很像植物根,是一种动力学的过程^[29,33-35]。离子交换树脂对养分离子的吸收与该离子在土壤溶液中的浓度高度相关;而且,养分离子在土壤中的扩散是交换性树脂对养分吸收的制约因子^[33-38]。因此,直接控制养分对植物根吸收有效性的因素也同时决定养分离子在树脂表面上的积累。用该机制来提取土壤养分显然是传统化学提取法不能比拟的。因此,我们说理想测试的首要条件已可藉树脂法以完成。

Skogley 的混合型(mixed-bed)体系^[39]可以同时提取土壤中各种阴、阳离子,而且各种养分离子被混合型丸球(capsule)吸附是同时进行而互不干涉的^[33,39]。显然,用混合型树脂丸球很容易做到理想土壤测试的(2)。用膜型(membrane form)离子交换树脂^①来提取土壤养分,因为还未见其正混合型产品供应,尚不能做到同时提取阴、阳离子。但是,用阴离子树脂膜可同时提取各种阴离子,用阳离子树脂膜可同时提取各种阳离子,而用阴离子树脂膜预处理以特定的络合剂则可同时提取多种重金属离子^[39]。膜型交换性树脂虽然不能十分符合理想测试之(2),但它比传统测试法已有很大提高,且其二维性的特点使之使用十分方便,较易被接受。到目前为止,传统测试的通用提取剂仍不断问世。但是,由于它们无法做到像交换性树脂那样养分离子被提取(即被吸附)是同时而又各自独立的^[21,40],其发展前景不容乐观。

鉴于离子交换树脂提取(即吸附)土壤养分离子的机制与植物吸收养分的机制相类似,这种提取法就不受地域的影响。Dobermann^[36]自美国、尼加拉瓜、古巴、越南、菲律宾、叙利亚、埃塞俄比亚、德国及俄罗斯等9个国家采了24个土样用该法进行了多种元素的测试,进一步肯定了上述设想。因此,建立一个适用于全国甚至全球性的标准土壤测试法已不是不可能实现的,关键在于需有足够的示范试验来建立相当数量的数据库。

离子交换树脂,不论是小珠型(bead form)抑或膜型,都可以直接埋置于土壤中,或

① 膜型树脂的系统研究已在 Univ. of saskatchewan 进行了5年。

在实验室或在田间^[20,28,41,42]。直接埋置法可省去大量土壤样品预处理工作,如风干、粉碎和过筛等,不仅大大简化了整个测试作业,也减少了因预处理而造成的误差。由于手续简化以及化学试剂使用减少,树脂法可比传统测试法大大节省开支。据此,树脂埋置法一举解决了理想测试的(4)、(5)及(6)三方面的问题。

另外,由于离子交换树脂,不论是丸球或膜,都能直接埋在田间,而可以不费很大工本地测出田块本身的养分差异。在北美洲,随着农机技术的改进,已可在一个田块内根据不同地区养分含量的差异调整肥料施用量,避免了因施肥量均一造成一部分地区施肥不足、而另一部分地区施肥过多的弊病^[43]。据此,有一个详细的养分分布图是十分重要的。由于树脂丸或膜可以方便地(可以半机械化)埋置田间,且一丸或一膜可同时提取多种养分元素,加上电脑的运用,要绘制各个养分元素分布图并不困难。根据养分实际分布的情况在施肥过程中随时调整肥料流入田间的速度来合理施肥可以成为事实了。

3 结论

用离子交换树脂提取土壤养分,不仅能较为正确地反映植物根对土壤养分的吸收,还能同时提取多种养分且不受地域之影响。目前,尚不能说这一方法已十分理想,但是,用元素取代传统的化学提取法的前景相当美好。它能使土壤测试工作在某一地区或全国甚至全世界范围内规范化。但是,这需要在某一地区、全国或全世界范围的广泛合作,因此,最终实现取代传统土壤测试法还需要相当大的努力,还需要相当的时间。不过在某一地区先推广起来也是可能的。

参 考 文 献

- [1] Skogley, E.O., Reinventing soil testing for the future. PP. 187-201. In: havlin, J.L. et al., Soil testing: Prospects for improving nutrient recommendations, SSSA special publication No. 40. ASA, madison WI. USA, 1994.
- [2] Allen, E.R., et al., Soil testing: problems and solutions-current approaches. Agron. abstr. p. 341, 1993.
- [3] Jones, J.B. Jr., Commun. soil sci. plant anal., 1990, 21: 1091-1101.
- [4] Mehlich, A., Commun. soil sci. plant anal., 1978, 9: 477-492.
- [5] Gupta, A.P. et al., J. trop. agric., 1992, 10: 1-23.
- [6] Fixen, P.E. and J.H. Grove, Testing soils for phosphorus. pp. 141-180. In: R. L. Westerman, Soil testing and plant analysis. Third edition, SSSA, madison WI. USA. 1990.
- [7] Thompson, H.S., J. royal agric. soc. engl., 1850, 11: 68.
- [8] Way, J. T., J. royal agri. soc. engl., 1850, 11: 313.
- [9] Kamprath, E.J. et al., Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status of soil, PP. 433-439. In: F.E. Khasawneh, et al., The Role of phosphorus in agriculture, ASA, Madison, WI, USA, 1980.
- [10] Dorfner, K. Ion exchanger. walter de gruyter berlin, New York, 1991.
- [11] Amer, F et al., Plant and soil, 6: 391-408. 1995.
- [12] Pratt, P.F. Soil Sci., 1951, 72: 107-118.
- [13] Hislon, J. and I. L. Cooke, Soil Sci., 1968, 105: 8-11.
- [14] Massee, T. W., et al., Plant and soil, 1977, 47: 663-679.
- [15] Sibbesen, E., Plant and soil, 1978, 50: 305-321.
- [16] Skogley, E. O. and J. E. Dawson, Nature, 1963, 198: 1328-1329.

水箱出水管拉长, 接到每个三通开关管的进水口上, 就实现了水箱共用。

参 考 文 献

- [1] J. Toth等(莫治雄译), 使盆钵土壤维持一定水分状况的简单方法, 土壤学进展, 1992, 20 (2): 39—41。
 [2] (日)三好洋, 丹原一宽著(周顺行等译), 土壤物理性状与土壤诊断, 农业出版社, 1986, 27页。

(上接第163页)

- [17] Turner, F. T. and J. W. Gillam, *Plant and soil*, 1976, 45: 353-363.
 [18] Curtin, D., et al., *J. soil sci.*, 1987, 38: 711-716.
 [19] Krause, H. H., et al., *Can. J. Soil sci.*, 1987, 67: 943-952.
 [20] Qian, P. and J. J. Schoenau, *Fert. Res.*, 1995, (in press)
 [21] Qian, P., et al., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1992, 23: 1791-1804.
 [22] Reith, J. W. S., et al., *Fert. res.*, 1987, 11: 123-142.
 [23] Raj, B. Van, et al., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1986, 23: 1791-1804.
 [24] Skogley, E. O. and B. E. Schaff, *Soil sci. soc. am. j.*, 1985, 49: 847-850.
 [25] Somasiri, L. L. et al., *Analyst.*, 1991, 116: 601-603.
 [26] Skogley, E. O., *Soil sci.*, 1966, 102: 167-172.
 [27] Skogley, E. O., *Agron. j.*, 1969, 61: 317-322.
 [28] Skogley, E. O., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1992, 23: 2225-2246.
 [29] Skogley, E. O., et al., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1990, 21: 1229-1243.
 [30] Skogley, E. O., et al., *Plant and soil*, 1969, 30: 343-359.
 [31] Yang, J. W., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1990a, 54: 1639-1645.
 [32] Yang, J. E., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1990b, 54: 1646-1650.
 [33] Yang, J. E., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1991a, 55: 1358-1365.
 [34] Yang, J. E., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1991b, 55: 762-767.
 [35] Yang, J. E., et al., *Soil sci. soc. am. j.*, 1992, 56: 408-414.
 [36] Dobermann, A. H., et al., *Commun. soil sci. plant anal.*, 1994, 25: 1329-1353.
 [37] Li, M. Z., et al., *J. envir. qual.*, 1993, 22: 715-722.
 [38] Montagne, C. and E. O. Skogley, Burned-unburned resin extractor soil nutrient comparison: final report (mimeo, plant and soil sci. dep., montana state uni.) to USDA national park service. manmoth, WY, 1992.
 [39] 钱佩源, E. O. Skogley, *植物营养与肥科学报*, 1995, 1 (2).
 [40] Schoenau, J. J. et al., *Proceedings of the soils and crops*, pp. 392-400, University of Saskatchewan, Canada, 1993.
 [41] Cooperband, L. R. and T. J. Logan, *Soil sci. soc. am. j.*, 1994, 58: 105-114.
 [42] Qian, P., J. J. Schoenau, L. et al., *Assessing nutrient availability variations in landscapes*, proceedings of the soils and crops. pp. 274-279, Uni. of Saskatchewan, Canada, 1994.
 [43] Carr, P. M. et al., *J. prod. agric.*, 1991, 4: 57-61.