

# 对 Truog-Ramamoorthy 测土施肥方法 的研究与讨论\*

刘成祥      周鸣铮  
(吉林省农科院土肥所)      (浙江省农科院土肥所)

## DISCUSSION ON THE PRINCIPLE AND PROCEDURE OF FERTILIZER RECOMMENDATION PROPOSED BY TRUOG AND RAMAMOORTHY

Liu Chengxiang  
(Institute of Soils and Fertilizers, Jilin Academy of Agricultural Science)

Zhou Mingzheng  
(Institute of Soils and Fertilizers, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences)

### 一、问题的提出与经过

美国著名土壤科学家 Truog 也是测土施肥科学创始人之一,他于1960年第七次国际土壤学会上做了题为“测土工作五十年”的报告<sup>[1]</sup>。他对测土施肥研究十分重视,并提出其独创的观念与方法,其要点是:(1)100蒲式尔产量的玉米总共吸收150磅N,60磅P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>与120磅K<sub>2</sub>O,这已被多年实验所证实;(2)在作物吸肥过程中,土壤供应多少养分?乃随土壤肥力而异,作物在不施该养分小区中对该养分的总吸收量可代表土壤供应量,但在实际应用时则不够方便;(3)Truog发现,土测值往往大于上述土壤供应量(他都使用磅/英亩为单位),他认为这是因土壤速效养分也存在“当季利用率”之故,倘测试方法不变,对一类土壤,这个“利用率为常数”。他用 Truog-Shihata 法测定速效 N<sup>[1]</sup>,用 Truog 法测定速效 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sup>[2]</sup>,用醋酸铵法测定速效 K<sub>2</sub>O<sup>[10]</sup>。他认为“利用率”均为40%;(5)土测值乘“利用率”为土壤供应量,目标产量的总吸收量减去土壤供应量即为所缺养分量,再除以肥料的当季利用率便得到较为准确的需要施肥量。

本法目前称为“目标产量测土施肥法”。于1967年印度的 Ramamoorthy 著文推广应用本法<sup>[11]</sup>,并根据 Truog 的观点列出公式(从略)。然而美国现代著名土壤肥力学家 Stanford 直至1978年前后发表的三篇论文均未表态同意上述观点<sup>[12,13]</sup>。他在1973年提出的氮肥需用量公式为:  $N_f = (N_c - N_s) / E_f$  (式中  $f$  指肥料,  $c$  指作物吸收,  $s$  指土壤,  $E_f$  指肥料利用率);1978年提出的公式为:  $N_f = [N_c - E_s(N_m + N_s)] / E_f$  (式中  $N_m$  为土壤矿化氮的绝对值,  $N_s$  为残留无机氮的绝对值,  $E_s$  为上述两个绝对值的“利用率”)。尽管这些公式引入了“利用率”,但不是针对土测值的(它仅仅是一个相对值)。因此 Stanford 式

\* 参加本试验研究部分工作的还有孙国发、沈银宝、张淑芬、陶晓微、相铁成与姜文斌等同志。

子与 Truog-Ramamoorthy 的观点是不同的。

1981年,谢泰云引用 Ramamoorthy 公式在上海做了不少工作。1983年,周祖澄与王洪玉等<sup>[1,2]</sup>在吉林省详细研究了本法,并提出了  $N_f = (N_c - E_s N_s) / E_f$  的公式。他们称之为 Truog-Stanford 式。尽管吉林省在测土施肥实践上取得很大成绩,但由于公式中的  $N_s$  成为土测值(相对值),故此式实际上只符合 Truog 的观点而不符合 Stanford 的观点。

1983年,周鸣铮与黄德明先后指出<sup>1)</sup>: Truog-Ramamoorthy 方法的基本问题乃是把吸收量与土测值之间的对数曲线关系当做直线关系来看,企图用一个  $E_s$  系数把土测值换算成吸收量。此外,这个方法中混淆相对值与绝对值的界线,而所谓“目标产量”乃是主观指标,有些土壤往往达不到这一“目标”。

1984年,刘成祥在周鸣铮教授的指导下完成其试验研究工作,完全证明了吸收量与土测值之间是非直线关系,并计算出作为斜率的  $E_s$  值的非常数性。同年,陆允甫与周鸣铮在浙江省也得到同样的结果<sup>2)</sup>。本文实验部分乃是刘成祥在吉林省草甸土上对磷的测土施肥的研究工作。

## 二、试验研究方法及结果

(一) 供试土壤与试验方法 供试土壤共 45 种,质地为粘壤至粘土, pH6.2—8.0, 有机质含量 1.35—3.29%, 全氮 0.1—0.2%, 全磷 (P) 0.06—0.15%。数据从略。盆栽试验共 10 种土壤样品,施用 <sup>32</sup>P 标记肥料以计求 A 值;田间试验 1982 年 12 个点,1983 年 18 个点。合并总结以计求相对产量与总吸磷量。指示作物均为玉米。

土壤速效磷提取测定法为: Olsen 法 (1:20)、Bray I 法 (1:10) 和 Bray I 法 (1:50)。

(二) 相关研究及其结果 必须先进行相关研究,然后才可能研究土测值与 NK 区吸磷量之间的数学关系。如果提取测定法的结果与参比标准之间不存在显著相关,则下一步研究将失去意义。在盆栽试验中, Olsen-P 与 A 值之间,  $r = 0.9314^{**}$ , 与相对产量之间,  $r = 0.8548^{**}$ ; 在田间试验中, Olsen-P 与相对产量之间,  $r = 0.7432^{**}$ , 与总吸磷量之间,  $r = 0.7063^{**}$ , 均达到极显著水平。Bray I 法 (1:50) 的结果也相当好,而 Bray I 法 (1:10) 的结果较差,数据从略。下一步研究中即以 Olsen-P 的数值为准。

(三) 吸收曲线的例子 无论根据 Truog 的观念或 Stanford 的观念, NK 区作物的全生长期总吸磷量可以代表土壤供磷量。在本田间试验中,土壤供磷量(斤/亩)与 Olsen-P (P, ppm) 之间的明显的对数模式曲线关系及其回归方程如图 1 所示。这条曲

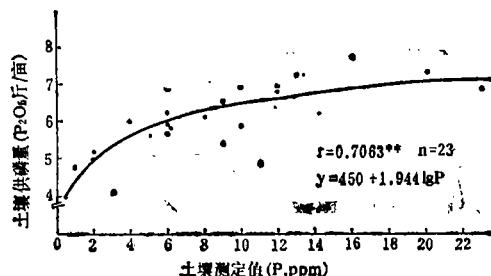


图1 田间试验中土壤供磷(玉米总吸磷)与 Olsen-P 之间的曲线关系

(注: 图 1 和图 2 中的  $r$  均是先把曲线直线化后所得直线相关系数)

1) 土壤养分丰缺指标研究,全国协作会议上的报告(1983)。

2) 陆允甫、周鸣铮,1986: 浙江红壤旱地玉米测土施肥的研究。(待刊稿)

线的拟合程度经过试验,其曲线相关指数 ( $R^2$ ) 达到 0.9829, 故为对数模式曲线无疑。

1984 年, 陆允甫与周鸣铮在浙江省红壤上研究玉米总吸钾量与交换性 K 测定值 (K ppm) 之间的关系, 结果也得到一条对数模式的曲线, 其方程式为  $y = 21.7964 \lg x - 31.1$  ( $r = 0.7497^{**}$ ,  $n = 24$ ), 曲线图从略<sup>1)</sup>。由此可见, 土壤供肥量 (不论是 N, P 或 K) 与土测值之间的直线关系并不存在。

(四) 土壤速效养分“利用率”的计算及其是否可能是一个常数的验证 按照 Truog 与 Ramamoorthy 的观点, 计算土壤速效养分要有“利用率”系数 (也称利用系数或利用参数)。Truog 的原文是: “% obtained by first corn crop”, 同时注明是“大致近似值”, 但后人把它绝对化了。目前通用的计算式如下:

$$\text{土壤速效磷测定值的“利用率”\%} = \frac{\text{NK 区总吸磷量(斤/亩)}}{\text{速效磷测定值 ppm} \times 0.3} \times 100$$

式中的 0.3 是把 ppm 数化成斤/亩数的系数 (国内通用)。这个数式成立的先决条件有二: (1) 土壤速效养分测定值是一个绝对量。关于这一点, Bray 的几篇重要论文中早已说明任何提取测定值的相对性质<sup>5,6)</sup>, 它乃是绝对量中按比例的一部分, 到底是几分之一? 仍不明确, 也不需要明确; (2) 提取测定值与土壤供应量之间的直线关系之存在。对于这一点, 本文结果与 1984 年陆允甫、周鸣铮的研究结果均证明直系关系确实不存在。因此尽管本法由 Truog 创始, 国内外均已普遍应用, 但其理论依据是不充分的。

根据此式算出的“利用率”是否为常数? 我们的计算结果证明 (数据从略), “利用率”不是常数, 而与 Olsen-P 呈很好的负相关。即 Olsen-P 测定值增大随伴着“利用率”的明显减少 (图 2)。

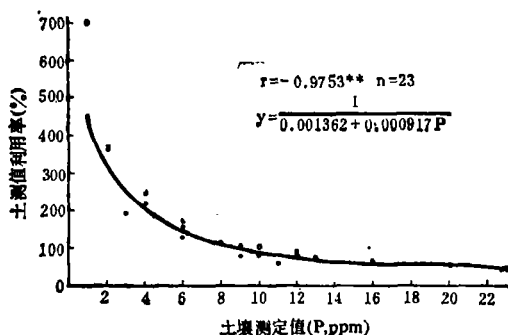


图2 土测值的“利用率”与土测值本身之间的关系

证之另外的研究报告, 也可得到同样结论。除陆允甫、周鸣铮研究所得“利用率”的曲线之外, 还有王洪玉与周祖澄专门研究了土壤碱解氮的“利用率”。他们在结论中写道: “……在不施肥的情况下, 土壤碱解氮的利用率同土壤碱解氮的含量之间呈显著的负相关, 相关系数  $r = 0.6173^*$ , 即土壤碱解氮含量愈低, 其利用率越高”<sup>[2]</sup>。这与本文的结论是一致的。可见, 无论对 N, P 或 K 都不存在一个恒定的“利用率”。

1) 陆允甫、周鸣铮, 1986: 浙江红壤旱地玉米测土施肥的研究。(待刊稿)

### 三、对 Truog-Ramamoorthy 测土施肥方法的改进与应用的讨论

1. 于 1960 年 Truog 提出的测土施肥法在美国、印度、苏联与我国均广泛推行,对测土施肥工作起到积极的推动作用。在我国吉林省于 1984 年,玉米、小麦等作物上推广本法超过 1000 万亩,增产节肥效果均很明显<sup>1)</sup>。然而本法存在着一些理论上与观念上的问题。对“利用率”一词 Truog 当年也只说是“大致近似值”,目前更明确其非常数性的本质。因此我们提出对本法的改进的研究,正是为了今后更好地应用本法,决无损于测土施肥科学鼻祖 Truog 的光辉形象。

2. 本法原存在的问题有:(1)把吸收量与土测值之间的对数曲线关系当做直线关系来看,企图用一个“利用率”来全程换算;(2)把相对值与绝对值混淆。作为相对值,是根本不存在“利用率”这个观念的。对此,如果改为“换算系数”也就可以了;(3)“目标产量”是一个主要指标,不是科学指标。我国产量要求较高,故有些“目标产量”往往达不到“目标”。于 1982 年王竺美与周鸣铮曾对水稻提出“定产”公式<sup>[1]</sup>,可供参考。除此之外,可根据往年产量进行“估产”。本法以称为“估产测土施肥”较妥。

3. 本法于未改进之前也基本可用,且取得很多实际成绩。道理是很简单的。一条对数曲线倘剔除首尾少数的点,它就完全近似一条直线。而在实际生产工作中所遇到的测土值数据,极大部分均落在曲线的中段。因此只有进行深入的试验研究以后,才有可能发现所存在的问题。但科学理论工作者,是有可能预测出存在的问题。

4. 对本法提出改进的方法已有两种:(1)黄德明首先提出,由刘成祥做出实验数据,把吸收曲线按测定指标分成“高”、“中”、“低”与“极低”四段,分别用四个不同的换算系数(不能称为“利用率”)。也就是把一条对数曲线看成是四段不同斜率的直线所组成,则其换算误差可以忽略。如表 1 所示。(2)周鸣铮提出另一种改进方法,即把横座标改为土测值的对数,即可把曲线全程直线化,从而只需要一个换算系数。

表 1 Olsen-P 的分段指标与换算系数

项 目 \ 分段指标	高	中	低	极 低
Olsen-P (P, ppm)	>14	14—4	4—1	<1
土壤供磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 斤/亩)	6.91	6.36	5.40	4.50
换算系数 (%)	57.9	107.0	251.9	438.8

注:表中数据由刘成祥同志对吉林省草甸土玉米磷肥施用试验所得结果而换算的。

此外,本文作者等发现磷肥的当季利用率也随土测值之不同而变,需要按土类进行事前研究,但不在本文范围内讨论。

1) 刘焯同志在全国第二次合理施肥会议上的报告。

## 参 考 文 献

- [1] 周祖澄等, 1983: 旱地土壤供氮能力与氮肥有效施用的研究。吉林省土壤普查成果应用资料(第一辑), 第16—19页。
- [2] 王洪玉等, 1983: 玉米测土定产施用氮肥主要参数的研究。同上文集第20—27页。
- [3] 王竺美、周鸣铮, 1982: 浙江省水稻土壤基本肥力与水稻最高可得产量之间的关系探讨(初报)。土壤学报, 第19卷3期, 315—322页。
- [4] Stantord G. 1978: 氮在土壤中的转化和习性 with 作物对氮利用的“关系”(中译文)(原文为1978年国际氮肥会议上的报告)。
- [5] Bray, R. H., 1944: Soil plant relation I: The Quantitative relation of exchangeable K to crop yield and the crop response to K addition. *Soil Sci.*, 58: 305—324.
- [6] Bray, R. H., 1948: Requirement of successfull soil tests. *Soil Sci.*, 66: 83—89.
- [7] Truog, E., 1960: Fifty Years of Soil Testing. 7th Intern. Congr. Soil Sci. IV. 7: 46—53.
- [8] Shihata, M. M., 1953: Tests for Available Soil N. Ph. D. Thesis, Univ. Wisconsin, Madison.
- [9] Truog, E., 1930: The Determination of the readily available P in soils. *J. Am. Soc. Agron.*, 22: 874—882.
- [10] Volk, N. J., Truog, E., 1934: A rapid chemical method for determination of the available K in soils. *J. Am. Soc. Agron.*, 26: 537—546.
- [11] Ramamoorthy, B. et al., 1967: Fertilizer application for specific yield targets of sonara-64. *Indian Farming*, 16(4): 46—49.
- [12] Stanford, G., Hunter A. S., 1973: Nitrogen Requirements of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agron. J.*, 65: 442—447.
- [13] Stanford, G., 1973: Rationals for optimum N fertilization in crop production. *J. Environmental Quality*, 2: 159—165.