



A S I 与 O I s e n 法土壤有效磷相关性及其直接推荐磷肥

张国辉 王秀芳 谢佳贵 王立春 侯云鹏 尹彩侠 张宽
(吉林省农业科学院农业环境与资源研究中心, 长春, 130033)

摘要: 土壤测试得出: “A S I” 与 “O I s e n” 法测得的土壤有效磷之间存在极密切直线正相关, 其函数式为 $Y = 0.2111 + 0.406X$ ($R = 0.9178^{**}$), 说明两种结果均可作为推荐磷肥的科学依据。试验得出: 玉米施用磷肥最大效益和最高产量用量同供试土壤有效磷测定值之间存在极显著的直线负相关, 其函数式分别为 $Y = 100.16 - 1.2506X$ ($R = -0.8002^{**}$) 和 $Y = 117.47 - 1.2966X$ ($R = -0.7642^{**}$); 依据两个关系式, 提出了玉米施用磷肥最大效益和最高产量的推荐量。通过土壤有效磷含量不同 (2.1 ~ 81.2 毫克/公斤) 的白浆土、黑土和淡黑钙土, 74 个磷肥量级田间校验结果得出: 玉米施用磷肥最大效益与最高产量用量及其变幅 (0 ~ 109.5 公斤/公顷与 10.1 ~ 125 公斤/公顷); 应用上述两项结果运算得出: “用土测值直接推荐磷肥两个最佳用量” 的精准程度 (田间校验获得的两个实际量与推荐量的吻合率高达 92%, 与推荐量的相对差值仅仅为: -14.7 ~ 15.3% 与 -13.1 ~ 13.9%) 均高于吉林省第二次土壤普查期间采用的 “目标产量法”。

关键词: A S I 法、O I s e n 法、土壤有效磷、玉米、磷肥最佳用量、精准程度

近年来, 测土推荐施肥工作已在吉林省普遍开展起来了。对克服全省盲目施肥现象, 充分发挥化肥增产效应, 提高化肥利用效率, 实现科学用肥, 增加粮食总产和农民收入, 促进我省高效农业发展均做出了较大贡献。但是, 这项工作在全省发展的很不平衡, 有的市县在完成的数量与质量上均落后于先进的县市。其主要原因之一是这些市县仍采用常规方法对土壤进行化验分析; 应用习惯技术对化肥进行施肥推荐, 这就严重影响了土样的化验速度与数量及化肥推荐的精准程度。土壤常规分析法存在的主要问题是化学浸提剂提取的元素单一、分析过程繁琐、分析速度较慢、数量较少。以 O I s e n 法测定有效磷为例: 一名化验员一天只能完成 20 ~ 30 个土壤样品 (即 20 ~ 30 项次) 的化验分析, 这样的化验速度与数量远远不能满足大面积测土施肥的需求。如果能将当前世界较先进的 A S I 法 (即土壤养分状况系统研究法^[1、2、3], (该法采用联合浸提剂和系列配套设施, 一次可以提取多种元素, 每人每天可完成 100 个土样、六种元素: P、K、Zn、Cu、Mn、Fe, 约 600 个项次的测定)^[4] 同惯用的常规分析方法 (O I s e n 法) 所获得的化验结果结合起来运用, 并应用两种分析方法的土测值进行磷肥最大效益与最高产量施磷量的直接推荐, 这不仅能加快测土施肥进度, 扩大覆盖范围, 同时还提高了测土推荐施肥的精准程度。但要实现上述目标必须具备两个条件, 一是 “A S I” 与 “O I s e n” 两种方法的土壤有效磷测定值必须存在密切函数相关; 二是土壤有效磷测定值同磷肥对玉米的最大效益与最高产量施磷量之间必须存在密切函数关系。为此, 本文将通过大量化验数据和田间试验结果来阐述这两个问题。同时, 还通过大量田间校验结果, 验证本推荐方法的精准程度。

1 材料和方法

1.1 在吉林省公主岭、梨树和伊通等市县的黑土、草甸黑土和冲积土上，试验田与示范田的24块农田中，取0—20厘米耕层土样。应用“Olsen”法和“ASI”法测定土壤有效磷含量，探讨二者的相关性。

1.2 在吉林省榆树、德惠、九台、梨树、伊通、公主岭、长岭、前郭、双辽、扶余、永吉、蛟河等市县的黑土、淡黑钙土、白浆土等三个代表性土壤上，布置玉米磷肥量级试验。探讨土壤有效磷含量同玉米施用磷肥最大效益和最高产量施用量的关系，检验“应用土测值直接推荐磷肥最佳用量”方法的精准程度。

1.2.1 取土：在各试验点的供试土壤上，取0—20厘米耕层土样并用Olsen法和ASI法测定土壤有效磷含量。

1.2.2 试验处理与化肥用量：在N（150—280公斤/公顷），钾（K₂O 60—90公斤/公顷）基础上，设六个磷肥量级（P₂O₅ 0—150公斤/公顷）处理。

1.2.3 田间设计：试验小区面积为20—30平方米，小区为长方形，四垅区，试验设三次重复，试验小区为随机排列，试验重复间设一米宽间道，试验区周边设3—6垅保护行。

1.2.4 秋收与测产：玉米成熟后收获各试验小区内中间两垅，单收单测产，以18%含水量计算产量。

1.2.5 结果统计：首先运用各试验点的玉米产量结果与磷肥用量，通过程序运算求得二者的函数相关模式： $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$ ，经检验在确定该方程达到显著或极显著水准后，再将其回归系数和有关经济参数（玉米与磷肥的价格）一并输入电脑，进行“FERT-1”和“FERT-2”程序运算，便求得各试验点的磷肥最大效益与最高产量施用量。

2 结果与分析

2.1 ASI法与Olsen法土测值存在密切函数关系

应用“Olsen”与“ASI”两种方法，测定吉林省伊通、梨树、公主岭等市县黑土、草甸黑土和冲积土等土壤有效磷含量（见表1）。并对表1中24组数据进行函数相关运算得出：两种方法土壤有效磷测定值之间存在着极显著的直线正相关，其方程式为 $Y = 0.2111 + 0.406X$ （ $R = 0.9178^{***}$ ）；Olsen法与ASI法两组土壤有效磷测定值的相关图为直线（见图1）。

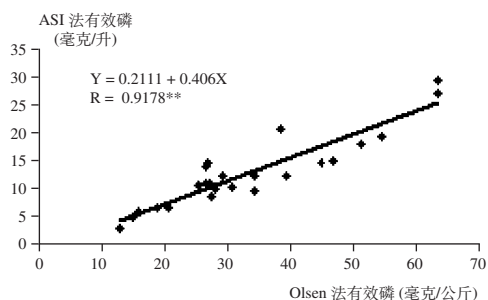


图1 Olsen法有效磷与ASI法有效磷相关图

从图1清楚可见，ASI法与Olsen法土壤有效磷测定值高低趋势一致。即两组测定值之间存在着极密切的函数关系，说明两组有效磷测定值可同时作为推荐磷肥用量的科学依据。在农业生产中，作物施用磷肥的推荐方法较多，但能否找出一种既简便易行、又快速准确的方法是当前我省测土推荐施肥工作中亟待解决的一项重要技术问题。为此，我们正在探索作物施用磷肥的最大效益用量和最高产量施用量同土壤有效磷含量之间的关系。如果二者存在极密切函数关

系，我们就可以直接用土壤有效磷测定值来推荐磷肥用量。

表 1 土壤有效磷测定值

土壤代号	土壤名称	Olsen 法磷 (毫克/公斤)	ASI 法磷 (毫克/升)	土壤代号	土壤名称	Olsen 法磷 (毫克/公斤)	ASI 法磷 (毫克/升)
1	冲积土	12.6	3.9	13	黑土	28.9	13.1
2	冲积土	14.6	5.9	14	草甸黑土	30.4	11.1
3	黑土	15.7	7.0	15	冲积土	33.8	13.2
4	冲积土	18.5	7.6	16	草甸黑土	33.9	10.6
5	黑土	20.4	7.6	17	黑土	38.0	21.2
6	黑土	25.0	11.4	18	黑土	38.9	13.2
7	黑土	26.3	11.8	19	草甸黑土	44.5	15.5
8	黑土	26.3	14.8	20	草甸黑土	46.4	15.7
9	黑土	26.6	15.3	21	草甸黑土	50.8	18.7
10	黑土	26.9	11.9	22	草甸黑土	54.0	20.0
11	黑土	27.0	9.4	23	冲积土	62.9	27.5
12	黑土	27.5	10.8	24	冲积土	63.0	29.8

2.2 玉米磷肥最佳用量与土壤有效磷含量间存在密切函数关系

将 36 个磷肥量级田间试验所获得的玉米最大效益施磷量与最高产量施磷量列入表 2 (略)。应用表 2 中各点供试土壤有效磷测定值，分别同最大效益施磷量与最高产量施磷量进行统计运算得出：玉米最大效益施磷量和最高产量施磷量同土壤有效磷含量之间存在着极显著的直线负相关，其相关模式分别为 $Y = 100.16 - 1.2506X$ ($R = 0.8002^{**}$) 和 $Y = 117.47 - 1.2966X$ ($R = -0.7642^{**}$)，将二者相关图分别列入图 2 和图 3。由于玉米最大效益施磷量和最高产量施磷量同土壤有效磷含量存在极密切函数相关，因此，可将土壤有效磷含量作为玉米施用磷肥最大效益用量和最高产量施磷量的重要科学依据。

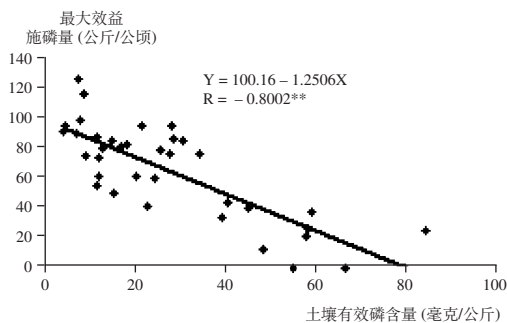


图 2 土壤有效磷含量与最大效益施磷量相关图

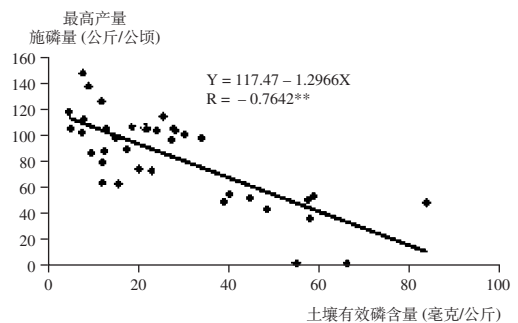


图 3 土壤有效磷含量与最高产量施磷量相关图

2.3 应用土壤有效磷测定值直接推荐玉米磷肥最佳用量

通过上述 36 个田间试验得出：土壤有效磷测定值分别同玉米施用磷肥的最大效益与最高产量用量存在着极密切的函数关系，其模拟方程分别为 $Y = 100.16 - 1.2506X$ ($R = -0.8002^{**}$) 和 $Y = 117.47 - 1.2966X$ ($R = -0.7642^{**}$)。依据这两个方程，针对全省土壤有效磷含量状况，便可提出玉米施用磷肥的推荐量（见表 3），供全省参考与应用。

表 3 磷肥推荐量

土壤有效磷含量		磷肥推荐量 (P ₂ O ₅)		土壤有效磷含量		磷肥推荐量 (P ₂ O ₅)	
Olsen 法 (毫克/公斤)	ASI 法 (毫克/升)	最大效益 施磷量 (公斤/公顷)	最高产量 施磷量 (公斤/公顷)	Olsen 法 (毫克/公斤)	ASI 法 (毫克/升)	最大效益 施磷量 (公斤/公顷)	最高产量 施磷量 (公斤/公顷)
2	1.02	97.7	114.9	28	11.58	65.1	81.1
4	1.84	95.2	112.3	30	12.39	62.6	78.5
6	2.65	92.7	109.7	32	13.20	60.1	75.9
8	3.46	90.2	107.1	34	14.01	57.6	73.4
10	4.27	87.7	104.5	38	15.63	52.6	68.2
12	5.08	85.2	101.9	44	18.06	45.1	60.4
14	5.90	82.7	99.3	50	20.49	37.6	52.6
16	6.71	80.2	96.7	56	22.92	30.1	44.8
18	7.52	77.6	94.1	62	25.35	22.6	37.1
20	8.33	75.2	91.5	68	27.78	15.1	29.3
22	9.14	72.6	88.9	78	30.21	2.6	16.3
24	9.96	70.1	86.3	94	33.45	0.0	0.0
26	10.77	67.6	83.7				

2.4 “应用土测值直接推荐磷肥最佳用量” 精准程度的田间检验

在吉林省东、中、西部地区，白浆土、黑土和淡黑钙土三大代表性土壤上，布置了 74 个玉米磷肥量级试验，以期检验“应用土测值直接推荐磷肥最佳用量”的精准程度。用 74 个田间试验获得的磷肥最大效益与最高产量用量（结果略）同表 3 相对应的磷肥推荐量进行比较，将靠近表 3 推荐量的磷肥两个最佳用量变幅及其差值变幅，按土壤区域分别列入表 4。

表 4 试验获得的磷肥最佳用量与其推荐量的差值幅度

试验区域	田间试验数量 (个)	供试土壤有效磷 (P ₂ O ₅) 含量范围 (毫克/公斤)	最大效益施磷 (P ₂ O ₅) 量 (92% 试验结果)		最高产量施磷 (P ₂ O ₅) 量 (92% 试验结果)	
			(P ₂ O ₅ : 公斤/公顷)	与推荐量之差 公斤/公顷 %	(P ₂ O ₅ : 公斤/公顷)	与推荐量之差 公斤/公顷 %
东部白浆土区	25	5~81.2	0~96.0	-11.4~14.2 -14.7~13.1	10.1~111.0	-9.4~17.5 -11.8~13.5
中部黑土区	25	6.4~60.3	25.6~96.0	-9.1~13.8 -13.8~14.9	37.4~106.5	-11.2~13.4 -13.1~13.9
西部淡黑钙土区	24	2.1~32.3	51.0~109.5	-8.4~16.8 -12~15.3	71.5~125.0	-9.9~13.2 -11.8~10.4
全省合计与变幅	74	2.1~81.2	0~109.5	-11.4~16.8 -14.7~15.3	10.1~125	-11.2~17.5 -13.1~13.9

从表 4 可见, 供试土壤有效磷 (P_2O_5) 变幅较大 (2.1~81.2 毫克/公斤), 已将吉林省有效磷含量不同的主要土壤均包含在其中。74 个田间试验所获得的磷 (P_2O_5) 肥最大效益与最高产量用量的变幅也较大, 分别为 0~109.5 公斤/公顷与 10.1~125 公斤/公顷。全省与三个地区三种土壤所获得的两个最佳用量一样, 均随着供试土壤有效磷含量的升高而有规律性降低, 说明本结果具有较好的代表性、规律性与可靠性。

从表 4 还可看出: 在 74 个磷肥量级田间试验中, 有 68 个试验 (占 92%) 所获得的最大效益与最高产量施磷 (P_2O_5) 量, 同磷肥推荐量之差仅仅为 -11.4~16.8 公斤/公顷 (-14.7%~15.3%) 与 -11.2~17.5 公斤/公顷 (-13.1%~13.9%); 说明本推荐方法获得的磷肥最大效益与最高产量用量同磷肥推荐量的吻合程度较好, 吻合率已高达 92%, 高于吉林省第二次土壤普查期间采用的目标产量法 (吻合率仅为 50~56%)^[6]。因为磷肥最大效益与最高产量用量同磷肥推荐量的相对差值较小, 仅仅为 -15~15% 与 -13~14%。所以, 本推荐方法的精准程度也超过目标产量法 (同诊断量的相对差值为 -50% (诊断半量)~100% (诊断倍量))^[6]。如此看来, “应用土测值直接推荐磷肥最佳用量的方法” 是精准程度较高, 既简便易行, 覆盖范围又广的一种较好的测土推荐施肥方法。

3 小结与讨论

3.1 获得一种快速、准确而且与作物反应相关性良好的土壤化验分析方法, 是实现大面积测土推荐施肥工作的重要技术保障。“A S I 法” 是美国国际农化服务公司 D. R. H u n t e r 提出, 通过中国-加拿大钾肥合作研究项目引进我国。经过全国多年实践证实, 该法不仅工作效率大于我们惯用的常规分析方法, 同时还适应各类土壤的养分检测, 是当前开展测土推荐施肥工作可以引用的一种高效、快速、准确的土壤化验分析方法。

3.2 对公主岭、伊通和梨树等市县试验田与示范田黑土、草甸黑土和冲积土有效磷的测定结果得出: O i s e n 与 A S I 法有效磷测定值之间存在极密切直线正相关, 其方程式为 $y = 0.2111 + 0.406x$ ($R = 0.9178^{**}$)。说明两组测定结果可以同时作为测土推荐施肥的科学依据。针对吉林省省情, 如果将两组结果紧密结合运用, 将会覆盖测土施肥的更大范围、扩大测土推荐施肥的更大面积。

3.3 通过全省 36 个田间试验及其供试土壤有效磷的测定结果得出: 玉米施用磷肥最大效益与最高产量用量随供试土壤有效磷含量的增加而降低, 二者之间存在极显著的直线负相关。其方程式分别为 $y = 100.16 - 1.2506x$ ($R = -0.8002^{**}$) 与 $y = 117.47 - 1.2966x$ ($R = -0.7642^{**}$)。依据两个方程式, 参照吉林省土壤有效磷含量范围, 提出玉米施用磷肥最大效益与最高产量的建议施磷量 (见表 3)。

3.4 在 74 个磷肥量级的田间校验中, 有 68 个试验获得的磷肥最大效益与最高产量施磷 (P_2O_5) 量, 同磷肥推荐量之差仅仅为 -11.4~16.8 公斤/公顷 (-14.7%~15.3%) 与 -11.2~17.5 公斤/公顷 (-13.1%~13.9%)。可见, 二者吻合程度较好, 吻合率已高达 92%, 超过“目标产量法” (吻合率仅为 50~56%)^[6]; 其精度也超过“目标产量法” (同推荐的诊断量相对差值为 -50% (诊断半量)~100% (诊断倍量))^[6]。如此看来, “应用土测值直接推荐磷肥最佳用量法” 是精准程度较高, 简便易行, 覆盖范围较广的一种测土推荐施肥方法。

参考文献:

- [1] 加拿大钾磷研究所北京办事处主编. 土壤养分状况系统研究法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.
- [2] 金继运主编. 土壤养分状况系统研究法学术讨论会论文集[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.
- [3] Dowdle S Portch S A. Systematic approach for determining soil nutrient constraints and establishing balanced fertilizer recommendations for sustained high yield. Proceedings of the International Symposium on Balanced Fertilization [C]. Nov. 8-12, 1988, Beijing, China, 243-251.
- [4] Hunter A H. Laboratory and greenhouse techniques for nutrient survey to determine the soil amendments required for optimum plant growth [R]. Mimeograph. Agro Service International, Florida, U.S.A. 1980.
- [5] 杨俐苹, 金继运等, AS₁ 法测定土壤有效 P、K、Zn、Cu、Mn 与我国常规化学方法的相关性研究, 土壤通报, 2000 年 12 月, 第 31 卷第 6 期.
- [6] 吉林省农牧厅土地管理处. 一九八三年土壤普查成果应用试验示范总结, 吉林省农牧厅, 吉林省土壤普查成果应用资料汇编 (第二辑), 1984 年 8 月.

上接第 1 页

因此, 我国农业, 尤其是种植业, 面临着资源紧缺和环境质量下降的双重挑战。一方面, 满足 13 亿人口和国民经济高速发展的需求, 必须利用有限的耕地生产尽可能多的粮棉油和其他农产品, 这就需要加大投入, 包括增加肥料的施用。但是, 另一方面, 我们又必须坚持生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路, 建设资源节约型、环境友好型社会。我国高投入、高产出、高度集约化的生产体系加大了保持良好的生态环境的难度。因此, 必须加强研究, 通过理论和技术上的创新, 最大限度和科学利用所有可以利用的有机肥料资源, 变废为宝, 减轻其对环境的压力。最大限度的提高化肥的利用效率, 降低损失率, 提高施肥效益。通过建立科学的有机-无机肥料相结合的肥料管理和施用体系, 实现有机和无机肥料资源的合理配置和高效利用, 才有可能实现作物优质高产和保护生态环境的双赢目标。