

砂姜黑土区麦田土壤有效磷丰缺指标 及推荐施磷量研究

孙克刚¹, 李丙奇¹, 和爱玲¹, 金修哲²

(1. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002; 2. 河南省农业职业学院, 河南 中牟 451540)

摘要: 2004~2008 连续 4 年在砂姜黑土区布置小麦肥料效应田间试验。用 ASI 土壤分析方法对试验田基础土壤样品进行测试分析, 并以缺磷素区(NK)比推荐施肥区(NPK)冬小麦相对产量 < 50%, 50%~65%, 65%~75%, 75%~95% 和 > 95% 为标准, 分别将对应的土壤有效磷分成“极低”、“低”、“中”、“较高”和“高”5 级。结果显示: 砂姜黑土区土壤有效磷“极低”指标为 < 7 mg/L, “低”指标为 7~12 mg/L, “中”指标为 12~18 mg/L, “较高”指标为 18~38 mg/L, “高”指标为 > 38 mg/L。在上述五级指标下, 推荐施磷量依次为: 135、105、90、75 kg/hm² 及不施或者微施磷肥。

关键词: 砂姜黑土区; 麦田; 土壤有效磷; 丰缺指标

中图分类号: S158.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0159-03

河南省是一个农业大省, 主要以小麦、水稻、棉花、大豆、花生、芝麻、油菜、烟叶等为主。全省农作物总播种面积为 1 408.784 万 hm², 其中粮食播种面积达 946.803 万 hm², 占 67.2%。粮食作物中小麦播种面积为 521.33 万 hm², 占总播种面积 37.0%。小麦平均产量为 5 717 kg/hm², 连续 5 年总产在 500 亿 kg 以上。河南也是全国小麦主要生产区, 小麦产量占全国的 1/4 以上。砂姜黑土在河南省是面积较大、分布较广的一个土类, 是冬小麦生产的主要种植区, 耕地面积 332.71 万 hm², 占全省耕地面积的 37.14%^[1]。因此, 小麦生产及施肥技术的推广和应用, 在河南小麦生产实践中, 迫切需要关键技术作为技术支撑。

近年来, 随着农村种植业结构的调整, 农作物的品种更新换代, 小麦产量有了明显增加。但在生产实践中仍存在进一步提高产量和品质, 降低生产成本等诸多问题。农业人口众多, 农村教育相对落后, 土地面积小, 经营分散等特点, 决定了河南省真正实现平衡施肥是一项长期的任务。目前针对砂姜黑土区麦田土壤有效磷丰缺指标的研究较少, 用 ASI 法研究的更少。此项研究将为当前河南省的平衡施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

研究田间试验于 2004~2008 年在河南砂姜黑

土区进行。分别布置在河南省遂平县、西平县、和驻马店市驿城区等, 每个点每年布置 5 个试验, 一年 15 个试验数。从 2004 年 10 月小麦播种试验开始, 到 2008 年 6 月小麦收获结束, 共计 4 年, 60 个试验。小麦品种为郑麦 366。该区域种植方式为小麦玉米连作, 小麦种植时磷钾肥一次性底施, 供小麦玉米使用, 玉米种植时只施氮肥, 不施磷钾肥。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验处理设为(1)氮磷钾(N₂₂₅P₁₂₀K₁₈₀)处理, (2)氮钾(N₂₂₅K₁₈₀)处理; 氮为 225 kg/hm², 磷(P₂O₅)为 120 kg/hm², 钾(K₂O)为 180 kg/hm²。40%的氮肥、100%的钾肥和 100%的磷肥作为基肥在小麦播种前施入, 60%的氮肥在小麦拔节前追施。

分别在土壤肥力的低、中和高的砂姜黑土区域选取 60 个试验点, 小区面积为 30 m², 重复 3 次, 随机区组排列。各小区单打单收, 小麦籽粒产量为各小区实收产量。田间管理按丰产田要求, 并记载生物学性状。氮磷钾肥分别以尿素(N 46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 10%)和氯化钾(K₂O 60%)形式施入。钾肥用加拿大产氯化钾。

1.2.2 土壤的采集与分析 土壤基础土样均在前茬作物收获后、小麦基肥施用前采集 0~20 cm 耕层土壤。送中国农业科学院中一加实验室测定。ASI 法对土壤有效 P 的测定: 采用联合浸提剂, 即 0.25 mol/L NaHCO₃ + 0.01 mol/L EDTA + 0.01 mol/L NH₄F 溶液。钼锑抗比色法测 P^[2]。

收稿日期: 2009-06-10

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划“华北小麦-玉米一体化施肥关键技术研究与示范”(2008BADA4B07); 河南省科技厅攻关项目“小麦玉米一体化栽培、施肥简化优化措施研究”(092102110041); 国际植物营养研究所(IPNI)北京办事处资助项目

作者简介: 孙克刚(1965—), 男, 河南固始人, 副研究员, 硕士, 主要从事植物营养与施肥和精准农业养分管理研究。

1.2.3 土壤有效磷施肥指标的确定 根据籽粒产量对土壤有效磷含量的关系,建立土壤有效磷施肥指标。具体方法为,利用缺磷(NK)处理占平衡施肥处理(NPK)的相对产量数据与土壤有效磷测定值的关系作散点图,选择对方程拟合冬小麦相对产量与土壤有效磷测定值之间的关系。把相对产量 < 50% 的土壤磷的测定值定为“极低”,50% ~ 65% 为“低”,65% ~ 75% 为“中”,75% ~ 95% 为“较高”, > 95% 为“高”,以此来确定土壤有效磷施肥指标^[8]。

2 结果与分析

2.1 砂姜黑土区麦田土壤速效养分状况

从作物所需的各种营养元素看,特别是作物所需的 3 种大量营养元素氮磷钾来看,全部土壤极缺氮,土壤速效态氮(NH₄⁺ - N)在 6.9 ~ 36.1 mg/L,平

均值为 16.2 mg/L,显著低于临界值水平,并且所有土壤样品测定值全部低于临界值。土壤速效磷在 0.2 ~ 65.6 mg/L,平均值为 16.4 mg/L,但土壤样品测定值中有 40.2% 的样品磷的含量低于临界值。土壤速效钾在 38.1 ~ 274.0 mg/L,平均值为 64.81 mg/L,土壤样品测定值中有 79.4% 的样品钾的含量低于临界值。农田土壤养分中微量元素 S、Zn、B 等元素也存在缺乏。土壤速效态硫在 0.6 ~ 37.0 mg/L,平均值为 8.5 mg/L,土壤样品测定值中 84.5% 的土壤样品测定值低于临界值 12 mg/L。土壤速效锌在 0.7 ~ 8.7 mg/L,平均值为 1.6 mg/L,土壤样品测定值中 79.4% 的土壤样品测定值低于临界值 2.0 mg/L。土壤速效硼在 0 ~ 1.77 mg/L,平均值为 0.39 mg/L,土壤样品测定值中 22.7% 的土壤样品测定值低于临界值 0.2 mg/L。

表 1 麦田土壤速效养分含量范围及临界值指标(mg/L)

Table 1 Wheat soil available nutrients content and critical values of wheat field

项目 Items	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
最大值 Max	7.12	36.10	28.10	65.60	274.00	37.00	176.80	13.70	168.30	8.70	1.77
最小值 Min	4.71	6.90	0.00	0.20	38.10	0.60	7.20	2.00	3.00	0.70	0.00
平均值 Mean	5.57	16.19	8.46	16.38	64.81	8.49	107.52	3.79	57.41	1.64	0.39
中值 Median	5.39	15.80	8.50	15.70	61.60	4.80	120.30	3.50	47.40	1.50	0.33
标准差 Std	0.64	4.62	5.85	11.15	26.55	9.57	44.28	1.58	40.42	0.91	0.30
变异系数 CV(%)	11.50	28.55	69.10	68.10	40.97	112.78	41.18	41.63	70.40	55.56	76.35
低于临界值土样数占 总土样数的百分数(%) Percentage of soil samples be- low critical values in the total		100.00	—	40.20	79.40	84.50	0.04	0.00	0.05	79.40	22.70
临界值 Critical value		50.00	—	12.00	78.20	12.00	10.00	1.00	5.00	2.00	0.20

2.2 麦田土壤有效磷施肥指标的确定

用对数方程拟合相对产量(y)与土壤有效磷(x)之间的关系,结果显示,两者呈极显著正相关,其关系可用 $y = 26.803\ln(x) - 2.6435$ ($R^2 = 0.7489, n = 60$) 表达。以相对产量 50%, 50% ~ 65%, 65% ~ 75%, 75% ~ 95% 和 95% 为标准,根据方程计算土壤有效磷的临界指标,可知“极低”指标为 < 7 mg/L,“低”指标为 7 ~ 12 mg/L,“中”指标为 12 ~ 18 mg/L,“较高”指标为 18 ~ 38 mg/L,“高”指标为 > 38 mg/L^[8]。

2.3 麦田土壤有效磷的丰缺指标

由表 2 可以看出,60 个试验地块中,极低的有 6 个,占总样本数的 10.0%;低的有 9 个,占总样本数的 15.0%;中的有 15 个,占总样本数的 25.0%;较高的有 26 个,占总样本数的 43.3%;高的有 4 个,占总样本数的 6.7%。处于 12 mg/L 以下的有 15 个,

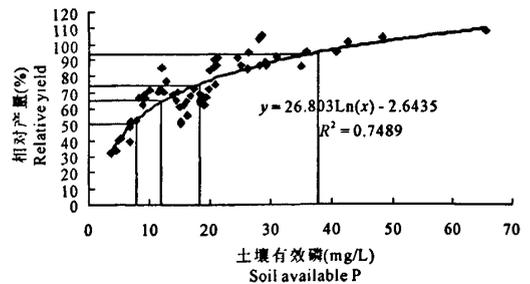


图 1 砂姜黑土区土壤有效磷测定值与小麦相对产量曲线
Fig. 1 The correlation between the relative yield and soil nutrient values

占 25.0%;处于 18 mg/L 以下的有 30 个,占 50.0%;处于 38 mg/L 以下的有 56 个,占 93.3%。可见河南砂姜黑土区有相当一部分的土壤磷素缺乏。土壤磷素含量高时,如果继续施用磷肥,会造成磷素流失,引起水体的富营养化,给环境带来潜在的威胁,同时

也会因土壤养分间的拮抗作用,从而导致土壤其它营养成分作用的降低。因此,对于土壤有效磷含量大于 38 mg/L 的地块应适当减少磷肥用量。

表 2 麦田土壤有效磷的丰缺指标

Table 2 The abundance and deficiency indices of wheat soil available P

肥力等级 Fertility degree	样本数 (总样本 60) Sample number	占总样本的百分数 (%) Percentage	相对产量 (%) Relative yield	P 测定值 (mg/L) Measured P value
极低 Extreme deficiency	6	10.0	< 50	< 7
低 Deficiency	9	15.0	50 ~ 65	7 ~ 12
中 Slight deficiency	15	25.0	65 ~ 75	12 ~ 18
较高 Optimum	26	43.3	75 ~ 95	18 ~ 38
高 Abundance	4	6.7	> 95	> 38

2.4 不同磷肥力土壤的小麦目标产量施肥推荐

在测试分析土壤 P 空间变异性基础上,根据土壤有效磷施肥指标:“极低”指标为 < 7 mg/L,“低”指标为 7 ~ 12 mg/L,“中”指标为 12 ~ 18 mg/L,“较高”指标为 18 ~ 38 mg/L,“高”指标为 > 38 mg/L,结合“目标产量法”,提出小麦籽粒产量的推荐施肥建议。速效磷含量小于 7 mg/L,磷肥推荐为 135 kg/hm²,速效磷含量小于 7 ~ 12 mg/L,磷肥推荐为 105 kg/hm²,速效磷含量小于 12 ~ 18 mg/L,磷肥推荐为 90 kg/hm²,速效磷含量小于 18 ~ 38 mg/L,磷肥推荐为 75 kg/hm²,速效磷含量大于 38 mg/L,建议不施或者微施磷肥^[6]。

表 3 不同磷肥力土壤的推荐施肥指标

Table 3 Indices of recommended P application

肥力等级 Fertility Degree	土壤磷测定值 (mg/L) Soil P measured value	各等级平均值 (mg/L) Grade mean	目标产量 (kg/hm ²) Coal output	推荐施磷量 (kg/hm ²) Recommended P fertilization rate
极低 Extreme deficiency	< 7	5.2	6000	135
低 Deficiency	7 ~ 12	8.9	6500	105
中 Slight deficiency	12 ~ 18	15.6	7000	90
较高 Optimum	18 ~ 38	25.8	7500	60
高 Abundance	> 38	52.3	7500	0

把各等级平均值和推荐施磷量建立曲线,可得出方程 $y = -59.024\ln(x) + 239.44$ ($R^2 = 0.9711$)。比如土壤磷的测试值为 16.8 mg/L,此测试值在中

等肥力等级内,确定其目标产量为 7 000 kg/hm²,根据方程计算出施磷 72.9 kg/hm²。

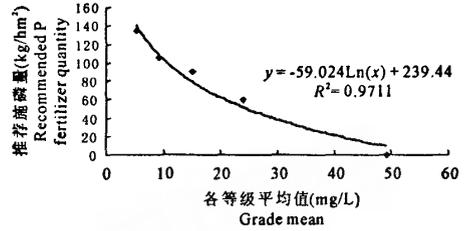


图 2 推荐施磷量与各等级平均值曲线

Fig.2 Curve of the correlation between the recommended P fertilization rate and value of soil nutrient grade mean

3 结论与讨论

世界上一直在长期开展此类试验研究工作,美国各州都建立了土壤养分丰缺和推荐施肥指标体系,通过土壤、植物测试为农场提供施肥配方。艾奥瓦州立大学编制了《艾奥瓦州作物养分与石灰施用推荐指南》,规定了土壤样品采集、分析方法,建立了一套比较完整的测土配方施肥指标。本项研究得出:以缺素区与推荐施肥区冬小麦相对产量 < 50%, 50% ~ 65%, 65% ~ 75%, 75% ~ 95% 和 > 95% 为标准,分别将土壤有效磷分成“极低”、“低”、“中”、“较高”和“高”5 级。砂姜黑土区麦田土壤有效磷“极低”指标为 < 7 mg/L,“低”指标为 7 ~ 12 mg/L,“中”指标为 12 ~ 18 mg/L,“较高”指标为 18 ~ 38 mg/L,“高”指标为 > 38 mg/L。而中国农业科学院国家测土配方施肥中心实验室作为 ASI 法将土壤有效磷含量划分为 6 个等级:“< 7 mg/L”为严重缺磷、“7 ~ 12 mg/L”缺磷、“12 ~ 24 mg/L”中等、“24 ~ 40 mg/L”较高、“40 ~ 60 mg/L”高、“> 60 mg/L”极高^[5]。研究结果较为一致。据此来对砂姜黑土区小麦进行推荐施肥:速效磷含量小于 7 mg/L,磷肥推荐为 135 kg/hm²,速效磷含量 7 ~ 12 mg/L,磷肥推荐为 105 kg/hm²,速效磷含量 12 ~ 18 mg/L,磷肥推荐为 90 kg/hm²,速效磷含量 18 ~ 38 mg/L,磷肥推荐为 75 kg/hm²,速效磷含量大于 38 mg/L,建议不施或者微施磷肥。本项研究建立的砂姜黑土区麦田土壤有效磷丰缺指标,可以指导砂姜黑土区麦田的精准施肥。

参考文献:

[1] 国家统计局河南调查总队. 河南调查年鉴[R]. 2008.
 [2] 金继运, 白由路, 杨刚辛. 高效土壤养分测试技术与设备[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 187.

(下转第 182 页)

Comparison of spatial interpolation methods for soil nutrient elements

—A case study of Yuyang County, Shaanxi Province

ZHANG Tie-chan, CHANG Qing-rui, LIU Jing

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Taking five kinds of soil nutrient elements including soil organic matter, hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, total nitrogen in Yuyang County of Shaanxi Province as an example, we made spatial interpolation for soil nutrient elements by using three types of representative interpolation methods, including Inverse Distance Weighted (IDW), Spline and Ordinary Kriging and validated and appraised the results. And a comparison is made between methods with optimized parameters. There were 1459 samples used for interpolation, and cross validation method was used to verify and analyze interpolation. It is showed that the density of samples has greater effects on interpolation results: better results in intensive samples area while worse results in sparse samples area. The results of comparison indicate that ordinary Kriging exhibits best effect in characterizing spatial distribution trend of soil nutrient elements, yet the optimized models and parameters of semi-variogram are still pending for further study; Inverse Distance Weighted and Spline interpolate less accurately for the spatial distribution of soil nutrient elements, but they are easy to use and to select optimized parameters.

Keywords: soil nutrient element; spatial interpolation; cross validation; IDW; Spline; Ordinary Kriging

(上接第 161 页)

- [3] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1994: 431—450.
- [4] 自由路, 杨俐苹. 我国农业中的测土配方施肥[J]. 土壤肥料, 2006, (2): 3—7.
- [5] 加拿大钾磷研究所北京办事处. 土壤养分状况系统研究法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992: 54—70.
- [6] 马玉兰, 冯静, 尹学红, 等. 宁夏自流灌区粮食作物施肥指标体系的研究[J]. 宁夏农林科技, 2008, (3).
- [7] 杨莉琳, 胡春胜. 太行山山前平原高产区精准施肥指标体系研究[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(2): 71—75.
- [8] 魏义长, 自由路, 杨俐苹, 等. 基于 ASI 法的滨海滩涂地水稻土壤有效氮、磷、钾丰缺指标[J]. 中国农业科学, 2008, (1).
- [9] 杨俐苹, 金继运, 自由路, 等. 土壤养分综合评价法和平衡施肥技术及其产业化[J]. 磷肥与复肥, 2001, 16(4): 63—65.
- [10] 王锋有, 张春利, 周丽君, 等. 玉米及水稻施肥指标体系研究[J]. 农业科技与装备, 2008, (4): 24—26.
- [11] 王海云, 姜远茂, 彭福田, 等. 胶东苹果园土壤有效养分状况及与产量关系研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2008, 39(1): 31—38.
- [12] 刘顺国, 邢岩, 韩晓日, 等. 辽宁省水稻土壤养分丰缺指标建立初探[J]. 土壤通报, 2008, 39(4): 871—873.

Abundance and deficiency indices of soil available P for wheat and fertilization recommendation in Shajiang black soil areas

SUN Ke-gang¹, LI Bing-qi¹, HE Ai-ling¹, JIN Xiu-zhe²

(1. Institute of Plant Nutrition, Agricultural Resources and Environmental Science, He'nan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, He'nan 450002, China; 2. He'nan Vocational College of Agriculture, Zhongmu, He'nan 450002, China)

Abstract: To provide theoretic support for formula fertilization in wheat production by soil testing in Shajiang black soil areas, field experiments on fertilizer efficiency of winter wheat were carried out. The study used ASI (Agro Services International) method to test soil samples and calibrate ASI soil test according to the typical response categories (50%, 65%, 75% and 95% of relative yield to soil nutrient values) to establish the abundance and deficiency indices of soil available P for wheat in Shajiang black soil areas based on ASI soil testing and fertilizer recommendation. The very low, low, medium, high and very high indices for soil available P were < 7 mg/L, 7 ~ 12 mg/L, 12 ~ 18 mg/L, 18 ~ 38 mg/L, and > 38 mg/L, respectively. This experiment suggested that the recommended fertilization rates were 135 kg/hm², 105 kg/hm², 90 kg/hm² and 75 kg/hm². When soil available P was > 38 mg/L, the fertilization rate can be very little or even not applied.

Keywords: wheat; ASI; phosphorus; abundance and deficiency indices