

我国北方土壤养分吸附特性研究

王红娟¹, 白由路²

(1. 湖北省农业科学院果树茶叶研究所, 湖北 武汉 430209; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要: 在GIS和GPS的技术支持下, 对东北平原和华北平原的粮食主产区按20 km的间距在耕层土壤(0~20 cm)取样, 通过土壤养分状况系统研究法测定土壤速效养分含量和土壤养分吸附能力。结果表明, 我国北方粮食主产区耕层土壤对磷、钾、硼、铜、锰和锌的吸附率分别为42.88%、65.36%、57.47%、20.18%、29.38%和28.84%, 土壤养分的吸附固定能力从大到小依次为钾、磷、硼、锰、锌、铜。北方粮食主产区应适当增加磷肥、钾肥和硼肥的用量。

关键词: 粮食主产区; 土壤; 养分; 吸附能力

中图分类号: S158 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)12-0010-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2014.12.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2014.12.004)

Study on Soil Adsorption Characteristics to Nutrient Elements in North China

WANG Hong-juan¹, BAI You-lu²

(1. Institute of Fruit and Tea, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan Hubei 430209, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy Agriculture Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Application of information technology GIS and GPS, cultivated layer soil (0~20 cm) is collected every 20 km in north of China. The soil adsorbing trials are analyzed by systematic approach (ASI). The result shows that the order of the adsorbing ability of soil is: K>P>B>Mn>Zn>Cu, the adsorbing rate to P, K, B, Cu, Mn and Zn are 42.88%, 65.36%, 57.47%, 20.18%, 29.38% and 28.84%. So attention should be paid to fertilizer of phosphorus, potassium and boron, when fertilized on main grain production area in north of China, the application amount of phosphorus, potassium and boron should be increased.

Key words: Main grain production area; Soil; Nutrient elements; Adsorbing ability.

东北平原和华北平原是我国的粮食主产区, 对我国的粮食综合生产能力起着至关重要的作用。合理施肥是粮食生产的关键, 在充分利用土壤资源、保护土壤、提高土壤肥力的同时, 寻求客观反应土壤养分状况的分析方法指导施肥十分关键。在前人土壤测试及研究的基础上, Hunter A H 于 1980 年提出了能够评价土壤养分状况的系统研究法(简称ASI法)^[1], Portch S 于 1988 年又对其稍作修改^[2], 现已在许多国家进行推广应用。我国自 1988 年引进该方法以来, 已在 30 个省进行应用, 取得了较好的结果^[3]。阮云泽用 ASI 法对海南花岗岩砖红壤进行分析, 发现土壤养分为缺钙>缺氮>缺铜, 并在菠菜上得到了很好的验证^[4], 此类研究在山东的风砂土、棕壤、褐土, 福建的赤红壤, 湖北的黄棕壤、棕红壤以及湖南的红壤上, 四川的棕紫泥土, 杭州的潮土, 陕西

的娄土、黑泸土、黄绵土和黄泥巴, 河南的粘质潮土、黄褐土上对土壤的养分状况、吸附特性方面做了分析^[5-10], 并进行了生物学效应验证。为了明确我国北方粮食主产区土壤养分状况和吸附特性, 我们在 GPS 和 GIS 的支持下, 大区域、系统地研究了我国粮食主产区土壤养分吸附特性, 以期为我国北方粮食主产区合理施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概述

东北平原又称松辽平原, 位于东北地区中部, 东经 118° 40' ~128°, 北纬 40° 25' ~48° 40', 总面积约 35 万 km², 是我国最大的平原, 处于温带和暖温带范围, 有大陆性和季风性气候特征。夏季短促而温暖多雨, 冬季漫长而寒冷少雪, 冬夏季之间季风交替。年降水量 350~700 mm, 由东南向西北递减。降水量的 85%~90%集中于暖季

收稿日期: 2014-11-14

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD02A14)资助

作者简介: 王红娟(1975—), 女, 山东菏泽人, 副研究员, 主要从事土壤养分精准管理研究。E-mail: whjuan274933@163.com

通讯作者: 白由路(1961—), 男, 河南温县人, 研究员, 主要从事精准农业方面的研究。E-mail: ylbai@caas.ac.cn

(5—10月), 雨量的高峰在7、8、9月。东北平原资源丰富、物产富饶、工业发达、交通便利, 是国家重要的粮食、大豆和畜牧产品生产基地。

华北平原位于我国东部沿海, 东经 $100^{\circ} \sim 200^{\circ}$, 北纬 $32^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 总面积约 30 万 km^2 , 是我国第二大平原。平均海拔 50 m 以下, 地势较平坦, 主要由海河、黄河、淮河等河流冲积而成, 是一个典型的冲积平原。华北平原地处半干旱、半湿润气候带, 由于受大陆性季风气候的影响, 水资源较为紧缺。年降水量从南部的 800 mm 向北部的 500 mm 过渡, 且主要集中在夏季。大部分地区作物两年三熟, 南部地区一年两熟, 是我国小麦的主要生产基地, 有“中国麦仓”之称。

1.2 土壤样品采集

于 2005 年 3—6 月从东经 $127^{\circ} 06'$ 、北纬 $47^{\circ} 54'$ 到东经 $112^{\circ} 05'$ 、北纬 $32^{\circ} 32'$, 在 GPS 引导下按 20 km 的间距取样, 共 46 个采集样点, 贯穿黑龙江、吉林、内蒙、辽宁、河北、河南、山东 7 省(区)(图 1)。土壤样品编号顺序是从北到南。每个取样点的样品是 0~20 cm 土层的 10~20 个点混合样, 重 1 000 kg, 将采集的土样风干后分别过孔径为 2 mm 的筛。

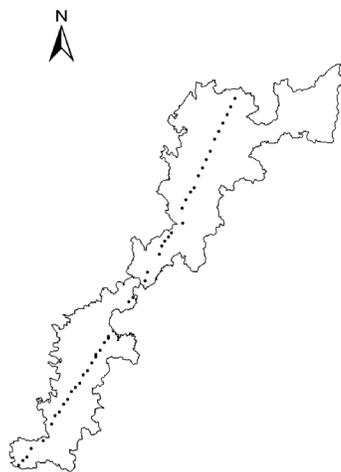


图 1 土壤取样点分布

1.3 测定方法

用土壤养分状况系统研究法(ASI)测定土壤养分状况^[3]。土壤速效磷(P)、钾(K)、铜(Cu)、铁(Fe)、锰(Mn)和锌(Zn)采用 ASI 联合浸提剂(0.25 mol/L NaHCO_3 -0.01 mol/L EDTA-0.01 mol/L NH_4F)浸提; 土壤有效硫(S)用 0.08 mol/L 过磷酸钙溶液浸提; 速效钙(Ca)、镁(Mg)和氨态氮(N)用 1 mol/L KCl 浸提; 有机质用 0.2 mol/L NaOH-0.01 mol/L EDTA-2% 甲醇溶液提取。有机质、N、P、B 用比色法测定, K、Cu、Fe、Mn、Zn 用原子吸收

分光光度计测定^[11~12]。

1.4 吸附特性研究

吸附试验在国家测土施肥重点实验室进行。吸附液中元素的浓度见表 1, 以去离子水做对照。将土样和吸附液等体积混合, 在无尘条件下静放数日, 模拟田间土壤组分从水分饱和到自然风干的变化过程。用常规化学分析方法相同的浸提液浸提土壤, 测定土壤中各种营养元素的浸提量, 然后以每个元素的加入量对风干后的可浸提量做吸附曲线来评价土壤的吸附固定能力。

表 1 吸附液中元素的浓度 mg/L

浓度序列	K	P	B	Cu	Mn	Zn
1	0	0	0	0	0	0
2	25	20	0.25	1	5	2.5
3	50	40	0.50	2	10	5.0
4	100	80	1.00	4	20	10.0
5	200	160	2.00	8	40	20.0
6	400	320	4.00	16	80	40.0

2 结果与分析

2.1 土壤养分吸附模型拟合效果

土壤施肥量不能仅仅考虑土壤养分的含量, 还要考虑土壤对养分的吸附固定能力。施入土壤中的肥料量要超过土壤的吸附固定量, 植物很难吸收利用。

通过验证, 土壤对养分的吸附模型和一元线性方程 $y=a+bx$ 拟合度非常高, 大部分在 0.99 以上(表 2), 因此对北方大部分粮食主产区的土壤, 选用一元线性方程比较合适。线性方程 $y=a+bx$ 的导数 $dy/dx=b$, 即该养分的提取率, 由此得出土壤对该养分的吸附率是 $(1-b)\%$ 。为了便于比较, 将土壤吸附固定能力人为地分成 5 级, 吸附率低于 10% 为吸附能力极低, 10%~30% 为吸附能力低, 30%~50% 为吸附能力中等, 50%~70% 为吸附能力高, 大于 70% 为吸附能力极高。

表 2 土壤养分吸附模型拟合效果

养分	样品数(份)	$P_{0.01}$ ^①	相关系数
P	46	0.357	$0.997\ 0 \pm 0.003\ 60$
K	46	0.357	$0.993\ 3 \pm 0.009\ 30$
B	46	0.357	$0.979\ 9 \pm 0.021\ 20$
Cu	46	0.357	$0.999\ 4 \pm 0.000\ 50$
Mn	46	0.357	$0.949\ 5 \pm 0.034\ 10$
Zn	46	0.357	$0.999\ 0 \pm 0.008\ 13$

① $P_{0.01}$ 表示极显著水平相关。

2.2 土壤对养分的吸附能力

2.2.1 土壤对磷的吸附能力 从图 2 可以看出, 供试土样对磷的吸附能力较强, 平均吸附率达 42.88%。土样间吸附率的变化幅度较大, 变异系数为 38%。从东经 $127^{\circ} 06'$ 、北纬 $47^{\circ} 54'$ 到东经 $125^{\circ} 20'$ 、北纬 $46^{\circ} 14'$, 以及从东经 $112^{\circ} 47'$ 、

北纬 $33^{\circ} 15'$ 到东经 $112^{\circ} 05'$ 、北纬 $32^{\circ} 32'$ 的土壤对磷的吸附率均高于 50% 以上, 吸附能力处于高水平以上, 主要是分布在黑龙江境内的黑土、黑钙土和河南省内的黄褐土和黑姜砂土。从东经 $124^{\circ} 57'$ 、北纬 $45^{\circ} 44'$ 到东经 $112^{\circ} 47'$ 、北纬 $33^{\circ} 15'$ 之间土壤对磷的吸附能力均在中、下水平, 包括吉林、辽宁、河北、山东和河南的一部分, 尤其是河南省的部分土壤对磷的吸附能力偏低。

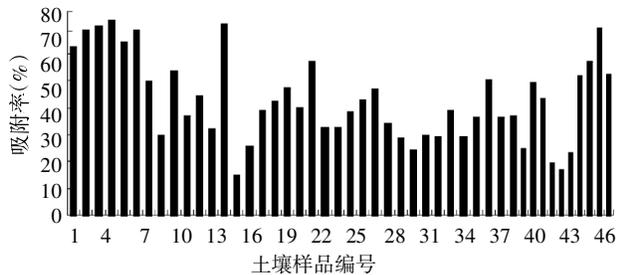


图2 土壤对磷的吸附率

2.2.2 土壤对钾的吸附能力 从图3可以看出, 在所有供试土样的土壤养分中, 参试土壤对钾的吸附能力最高, 平均吸附率为 65.36%。样品间的吸附率变化幅度不大, 变异系数为 24%。对钾的吸附能力中等水平和中等水平以下的土样只占总数的 10.82%, 主要是来自吉林省的部分黑钙土和来自内蒙境内的风砂土, 其余土样对钾的吸附能力达到高水平以上。

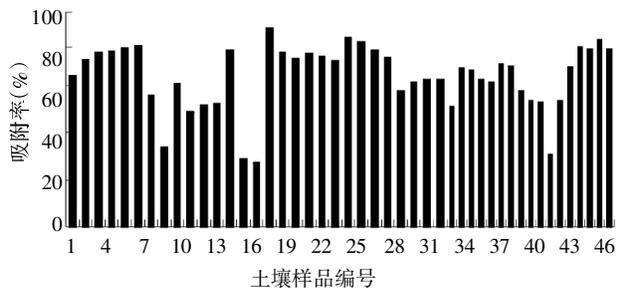


图3 土壤对钾的吸附率

2.2.3 土壤对硼的吸附能力 从图4可以看出, 供试土样对硼的吸附能力较强, 平均吸附率为 43.49%, 仅次于钾。中等吸附能力以上的土样占总数的 93.75%。相对其它土壤养分, 土壤对硼的吸附能力差别最小, 变异系数为 22%。吸附率主

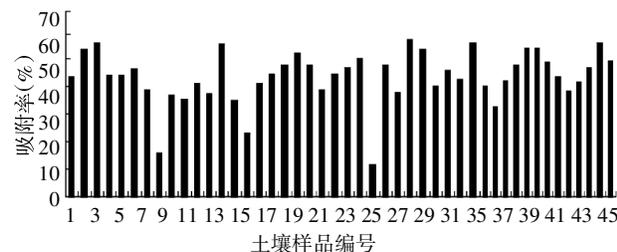


图4 土壤对硼的吸附率

要分布在 30.00% ~ 50.00%, 无极高水平和极低水平的土样。

2.2.4 土壤对铜的吸附能力 从图5可以看出, 供试土样对铜平均吸附强度为 20.18%, 样品间的差异最大, 变异系数达 78%。80.43% 的土样吸附能力处在低等水平, 其中有 1/4 以上供试土样对铜吸附能力处于极低水平。吸附率最高的达到了 57.02%, 最低为 0。从东经 $124^{\circ} 57'$ 、北纬 $45^{\circ} 44'$ 到东经 $112^{\circ} 47'$ 、北纬 $33^{\circ} 15'$ 的土壤, 对铜的吸附强度在平均水平以下, 且大多分布在吉林、内蒙、辽宁、河北、河南、山东省内, 包括黑土、黑钙土、褐土、潮土、壤土、砂土。吸附率在 30% 以上的土壤主要分布在黑龙江的境内。

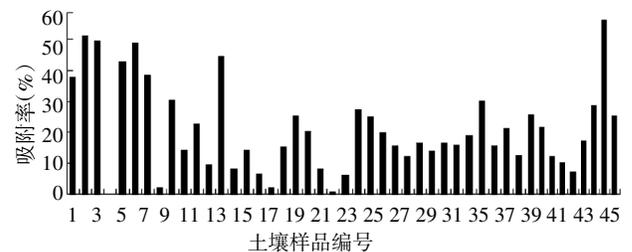


图5 土壤对铜的吸附率

2.2.5 土壤对锰的吸附能力 从图6可以看出, 供试土样对锰的吸附能力较弱, 平均吸附率为 29.39%, 吸附强度变化幅度较大, 变异系数为 75%。吸附率最高为 86.95%, 最低为 -5.02 (负数表明土壤有效锰含量很高, 对外加的锰没有吸附, 不需要追加锰肥)。对锰的吸附率在平均线以下的土壤主要分布在东经 $122^{\circ} 40'$ 、北纬 $43^{\circ} 22'$ 到东经 $112^{\circ} 05'$ 北纬 $32^{\circ} 32'$ 范围内, 贯穿辽宁、河北、山东、河南四省, 包括砂土、壤土、潮土、褐土和砂姜黑土 5 种类型的土壤。

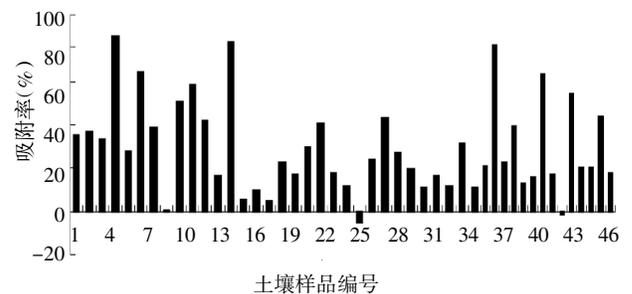


图6 土壤对锰的吸附率

2.2.6 对锌的吸附能力 从图7可以看出, 供试土样对锌的吸附能力较低, 平均吸附率为 28.84%, 仅高于铜。相对其它土壤, 分布比较均匀, 变异系数为 34%。大多数土样的吸附率集中在 20.00% ~ 30.00%。吸附率在平均水平以下的土壤占供试土壤总数的 54.35%, 多数分布在河

南省内,而且主要是潮土。

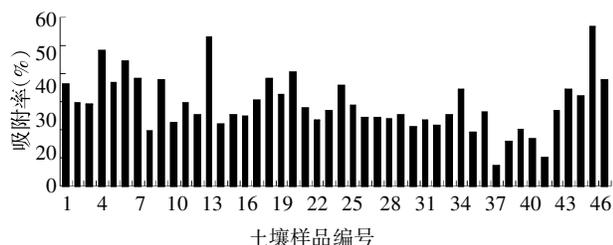


图 7 土壤对锌的吸附率

3 结论与讨论

1) 试验结果表明,我国北方粮食主产区土壤对磷的吸附能力较强,平均吸附率达 42.88%,尤其是黑龙江境内的黑土、黑钙土和河南省内的黄褐土和黑姜砂土,对磷的吸附能力均在高水平以上。吉林、辽宁、河北、山东、河南省的一部分,尤其是河南省的部分土壤对磷的吸附能力偏低。土壤养分吸附率低的地方,磷肥的应用效果较好,但多施易流失。土壤对钾的吸附能力最高,平均吸附率达 65.36%,施肥时应增加钾肥的用量,施肥效果不明显。土壤对硼的吸附能力仅次于钾,吸附率比较均匀,中等吸附能力以上的土壤占 93.75%。土壤对铜的平均吸附率为 20.18%,80.43%土样的吸附水平在低等水平。土壤对锰的吸附强度的变化幅度最大,但吸附能力不高,平均吸附率为 29.39%,处于较低水平。土壤对锌的吸附强度比较均匀,吸附率为 28.84%,处于低水平范围。考虑到土壤对磷、钾和硼的吸附能力比较强,应适当多施相应的肥料。

2) 在 80 年代以前,我国北方土壤的钾含量丰富,在北方大部分地区和大部分粮食作物上所作的研究表明,施钾并不增产^[13~14]。但由于多年的高密度、掠夺式种植,没有重视钾肥的投入,使我国北方土壤的钾含量急剧降低,尤其是进入 80 年代以后,北方缺钾的报道逐渐增多^[15~16]。在第二次全国规模化肥肥效试验中,磷肥增产在北方土壤上开始显效。到了 80 年代第 3 次化肥肥效试验的时候,磷肥的肥效在北方主要粮食作物上越来越明显^[17]。本研究表明,土壤对钾、磷肥的吸附率比其它元素高,施肥时要着重考虑钾、磷肥的施肥水平必须高于土壤的吸附量,否则不能满足植物对养分的需求量。我国钾肥资源缺乏,农业中的钾肥主要靠进口维持。在辽宁和河北均有缺锌和锌肥增产的报道^[18~19],土壤对锌的吸附强度不大,锌肥的使用效果应该比较好,锌肥使用应引起必要的重视,适当增加投入量。

参考文献:

[1] HUNTER A H. Laboratory and greenhouse technique for

nutrient survey to determine the soil amendment required optimum plant growth[R]. Florid: Mincograph Agro Services International Inc, 1980.

- [2] PORTH S. Greenhouse/screenhouse soil nutrient survey procedures. Mimeograph[M]. Hong kong: Potash and Phosphate Institute, 1998.
- [3] 杨俐苹. 评价与改善土壤肥力的系统研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [4] 阮云泽, 孙桂, 唐树梅. 土壤养分状况系统研究法在菠菜平衡施肥上的应用[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(4): 530-535.
- [5] 张军, 董晓霞, 张淑茗, 等. 速效养分的吸附特征与生物有效性[J]. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(2): 116-124.
- [6] 章明清, 彭嘉桂, 林琼, 等. 花生种植地土壤养分吸附特性与施肥效应研究[J]. 福建农业学报, 1999, 14(2): 45-49.
- [7] 刘景福, 成瑞喜, 朱端卫, 等. 土壤营养元素的吸附特性指导中、酸性土壤施肥的研究[J]. 土壤肥料, 1994(6): 11-15.
- [8] 张英鹏, 林咸永, 章永松, 等. 杭州市郊菜园土壤的养分状况及其障碍因子研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2003, 29(3): 244-250.
- [9] 梁东丽, 李小平, 赵护兵, 等. 陕西省主要土壤养分有效性的研究[J]. 西北农业大学学报, 2000, 28(1): 37-42.
- [10] 焦有, 李贵宝, 孙克刚, 等. ASI 土壤养分状况系统研究法在棉田上的应用[J]. 棉花学报, 1999, 11(3): 128-133.
- [11] 王玉萍, 朱晓涛, 崔旭章. 金塔县耕地土壤养分状况评价[J]. 甘肃农业科技, 2010(9): 32-34.
- [12] 贺生兵, 曹文亮, 潘晓燕. 敦煌市耕层土壤养分现状分析研究[J]. 甘肃农业科技, 2013(1): 11-13.
- [13] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国化肥区划[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1986.
- [14] 林葆. 化肥合理施用研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 1989.
- [15] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 北方土壤钾素及钾肥效益研究[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1989.
- [16] 刘荣乐, 金继运, 吴荣贵, 等. 我国北方土壤—作物系统内钾素平衡及钾肥肥效研究, 主要种植制下的土壤钾素平衡与调控[J]. 土壤肥料, 1999(6): 3-11.
- [17] 林葆, 李家康. 50 年来中国化肥肥效的演变和平衡施肥[C]//国际平衡施肥讨论会论文集. 北京: 中国农业出版社, 1988: 110-117.
- [18] 李培芝. 辽宁省土壤锌的有效性性与作物反应[J]. 土壤通报, 1991, 22(5): 220-230.
- [19] 孙祖琰, 周起如, 孙全先. 河北土壤锌的含量分布消长规律与利用分区[J]. 华北农业学报, 1986, 1(3): 91-97.

(本文责编: 杨杰)