

里下河农区主要土壤养分变化趋势分析^①

——以江苏省宝应县为例

毛伟¹, 姜义¹, 徐桂红², 程忠波¹, 陈明¹

(1 扬州市土壤肥料站, 江苏扬州 225001; 2 宝应县土壤肥料站, 江苏宝应 225800)

摘要: 以宝应县 2005 年测土配方施肥数据为基础, 结合 1984 年、1989 年、1994 年、2000 年土壤普查数据, 分析了宝应县土壤养分(有机质、有效 P、速效 K)变化趋势。结果发现: 20 年来, 土壤有机质、有效 P、速效 K 含量具有相似的变化规律, 属典型的“V”型变化结构, 即 1984—1994 年土壤有机质、速效 K 含量呈下降趋势, 有效 P 含量呈稳定趋势; 1994—2005 年土壤有机质、有效 P、速效 K 含量均呈上升趋势, 且都达到或超过第二次土壤普查养分水平。且土壤有机质、有效 P 空间分布差异明显, 速效 K 空间分布稳定。不同土壤类型的土壤有机质、有效 P 含量均呈上升趋势, 速效 K 含量呈稳定趋势。土壤养分上升幅度大小为: 有效 P>有机质>速效 K。

关键词: 里下河农区; 土壤有机质; 有效磷; 速效钾

中图分类号: S158.3

里下河地区位于江苏省中部, 西起里运河, 东至串场河, 北自苏北灌溉总渠, 南抵新通扬运河, 总面积 13 500 km², 属江苏省沿海江滩湖洼平原的一部分。因里运河简称里河, 串场河俗称下河, 平原介于这两条河道之间, 故称里下河平原。主要包括淮安市的楚州, 扬州市的宝应, 泰州市的兴化, 盐城市的盐都、建湖等地。该区自然条件优越, 是国家重要的水稻生产基地。

土壤是农业的主要生产资料, 是历史的自然体, 在自然与人为的综合作用下不断变化与更新^[1]。土壤养分是土壤肥力的物质基础, 是土壤的基本属性和本质特征, 对农作物生长有着极其重要的作用, 各种养分的丰富、协调是农作物高产、稳产的前提^[2-3]。随着种植业结构的调整, 特别是土壤管理水平的改变, 土壤肥力状况也会发生变化, 其中土壤有机质(OM)、有效 P、速效 K 是衡量农田土壤养分的重要指标^[4-7]。为了适应农作物高产优质的要求, 及时了解土壤养分的变化状况, 我们研究了里下河农区(以宝应县为例)的土壤有机质、有效 P、速效 K 含量变化趋势, 期为科学施肥、培肥土壤提供借鉴。

1 研究区概况

宝应县位于江苏省中部, 扬州市北缘, 属于里下河地区, 地处 119°07′~119°43′E, 33°02′~33°25′N 之间, 属北亚热带北缘, 为季风湿润气候, 常年平均气温 14.4℃, 无霜期 225 天, 年平均降水量为 938.6 mm, 年日照数平均为 2 185.7 h^②。县域内东部、西部分属里下河区射阳湖水系和高宝湖区宝应湖水系, 境内地形平坦低洼, 河湖众多, 水网密布。根据宝应县第二次土壤普查资料, 土壤类型分为 3 大土类、6 个亚类、10 个土属, 主要土壤类型为水稻土^③。

2 材料与方法

2.1 数据来源

该项研究土壤样品来自 5 个不同时期, 为保证样点数据的可比性, 其他 4 个时期样点采样都是以 1984 年采样分布点位图为基础, 采用相同或相近的原则进行均匀采样。最新数据来源于宝应县 2005 年测土配方施肥数据, 在整个县域范围内采集了 805 个耕层土壤(0~20 cm)的土样。结合宝应县 1984 年土壤养分普查数据(847 个)、1989 年土壤普查点数据(456 个)、

①基金项目: 农业部耕地地力调查专项项目和江苏省农业三项工程项目(SX(2009)61)资助。

作者简介: 毛伟(1983—), 男, 江苏泰州人, 助理农艺师, 主要从事耕地质量变化研究。E-mail: maowei918@163.com

②宝应县统计局. 宝应县统计年鉴. 宝应, 2008

③宝应县土壤普查办公室. 宝应县土壤志. 宝应, 1985

1994 年土壤普查点数据（295 个）及 2000 年土壤肥力状况调查点数据（348 个）。

2.2 分析方法

为了保证历年土壤样品分析数据的可比性、可靠性。测定方法与历次土壤普查的方法相同。即有机质采用重铬酸钾法测定、有效 P 采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定、速效 K 采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定^[8]。

3 结果与分析

3.1 土壤有机质

3.1.1 土壤有机质含量

土壤有机质是土壤肥力

的核心，土壤的耕作性、保肥性、供肥性等多方面性质与有机质含量密切相关，维持或提高土壤有机质含量历来为土壤培肥重点^[9-10]。由表 1 分析可知，2005 年土壤有机质含量范围为 9.1 ~ 67.9 g/kg，平均值为 33.6 g/kg，为 2 级水平（全国第二次土壤普查标准^[8]，下同），标准差为 8.06，变异系数 24%；与 1984 年第二次土壤普查数据相比较，有机质含量的平均值由 27.5 g/kg 增至 33.6 g/kg，由 3 级变为 2 级，1~3 级样品份数的百分比由 81.35% 增至 89.32%，变异系数下降了 4%。表明 2005 年土壤有机质含量水平比第二次土壤普查数据含量有明显提高。

表 1 宝应县土壤养分变化统计特征
Table 1 Statistical characteristics of soil nutrients in Baoying County

年份	分级	有机质		有效 P		速效 K	
		标准 (g/kg)	比例 (%)	标准 (mg/kg)	比例 (%)	标准 (mg/kg)	比例 (%)
2005 年	1	>40	10.43	>40	5.34	>200	12.55
	2	30~40	52.80	20~40	33.29	150~200	44.84
	3	20~30	26.09	10~20	49.07	100~150	38.01
	4	10~20	10.43	5~10	11.80	50~100	4.60
	5	6~10	0.25	3~5	0.50	30~50	0.00
	6	<6	0.00	<3	0.00	<30	0.00
	样本数	805		805		805	
	最大值	67.9		53.7		280	
	最小值	9.1		3.2		51	
	平均值	33.6		18.6		155	
	标准差	8.06		9.18		35.5	
	变异系数	24%		49%		22%	
1984 年	1	>40	5.43	>40	0.00	>200	9.33
	2	30~40	25.15	20~40	0.00	150~200	38.49
	3	20~30	50.77	10~20	7.32	100~150	45.34
	4	10~20	12.04	5~10	30.58	50~100	6.73
	5	6~10	0.35	3~5	36.48	30~50	0.12
	6	<6	0.12	<3	25.62	<30	0.00
	样本数	847		847		847	
	最大值	59.5		20		277	
	最小值	1.2		1		50	
	平均值	27.5		5.2		153	
	标准差	7.66		2.8		36.5	
	变异系数	28%		54%		24%	

3.1.2 土壤有机质含量的时空变异 由表 2、图 1 分析可知，宝应县 1984—2005 年土壤有机质含量呈先下降后上升的趋势，属典型的“V”型结构。即从 1984—1994 年土壤有机质含量是呈下降趋势，达到最

小值；1994—2005 年明显呈上升趋势，且上升幅度较大，比第二次土壤普查数据提高 22%。

为了更直观地反映出研究区域土壤主要养分（有机质、有效 P、速效 K，下同）含量变化效果，

通过 GIS 对 1984 年和 2005 年土壤主要养分含量插值形成面状图,并对 2005 年与 1984 年分布图层进行了图层空间差减提取比较。从 2 年土壤有机质分布(图 2、3)分析可知,1984 年高含量有机质主要分布在研究区中部,中低含量有机质分布在东西部,

而 2005 年高含量有机质主要分布在东北部,其他区域有机质含量都为中等;从 2 个图层差减(图 4)结果可知,研究期间该区土壤有机质含量空间分布差异明显,中部有机质含量降低,东西部有机质含量升高。

表 2 宝应县土壤养分变化情况

Table 2 Changes of soil nutrients in Baoying County

项目	1984 年 (847 个样)	1989 年 (456 个样)	1994 年 (295 个样)	2000 年 (348 个样)	2005 年 (805 个样)
有机质含量 (g/kg)	27.5	24.8	21.5	29.5	33.6
有效 P 含量 (mg/kg)	5.2	7.1	4.5	13.2	18.6
速效 K 含量 (mg/kg)	153	135	83	126	155

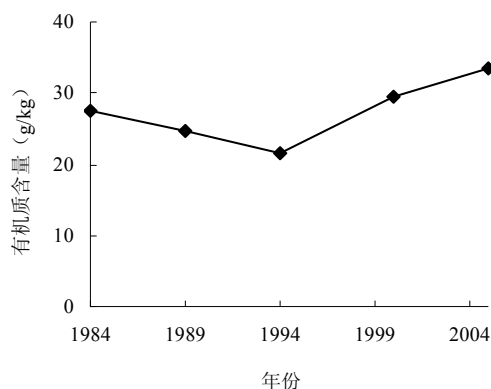


图 1 土壤有机质含量动态变化

Fig. 1 Variation of soil OM

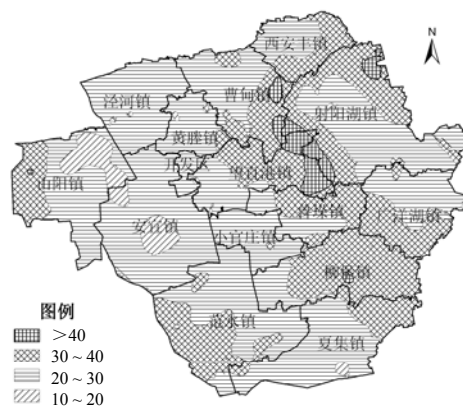


图 2 1984 年宝应县土壤有机质含量 (g/kg) 分布

Fig. 2 Distribution of OM in 1984

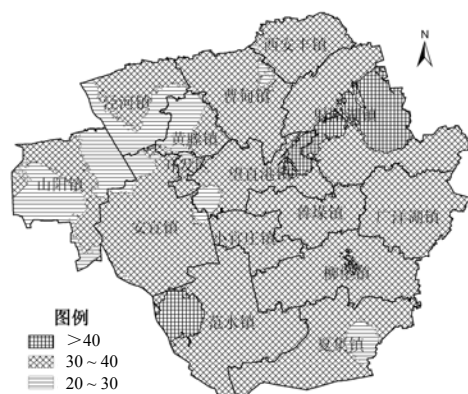


图 3 2005 年宝应县土壤有机质含量 (g/kg) 分布

Fig. 3 Distribution of OM in 2005

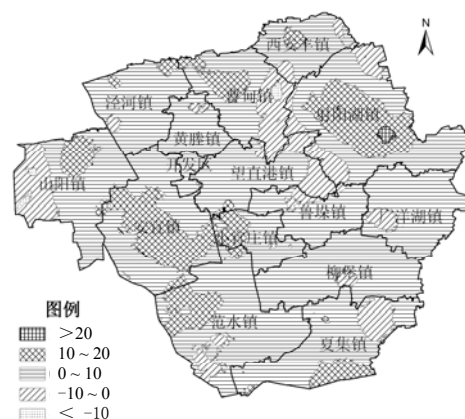


图 4 2005 年与 1984 年土壤有机质含量 (g/kg) 变化

Fig. 4 Variation of soil OM from 1984 to 2005

3.1.3 不同土壤类型有机质含量变化状况 由表 3 及图 5 分析可知, 3 种土壤类型有机质含量高低为沼泽土>水稻土>潮土, 沼泽土、水稻土、潮土 2005 年

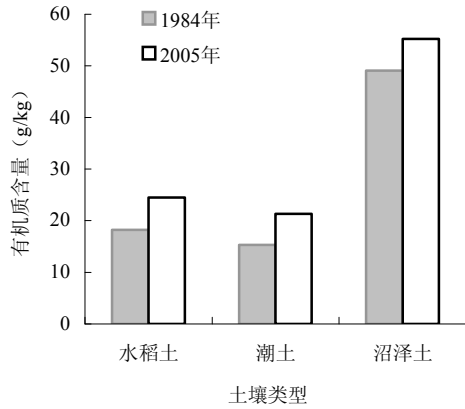


图 5 不同土壤类型有机质含量变化
Fig. 5 OM variations of different soil types

表 3 宝应县不同类型土壤养分变化

Table 3 Nutrient variations of different soil types in Baoying County

	有机质含量 (g/kg)			有效 P 含量 (mg/kg)			速效 K 含量 (mg/kg)		
	1984 年平均值	2005 年平均值	增减	1984 年平均值	2005 年平均值	增减	1984 年平均值	2005 年平均值	增减
水稻土/样本数	18.2/680	24.5/660	6.3	6.6/680	25.8/660	19.2	118/680	120/660	2
潮土/样本数	15.3/120	21.3/105	6.0	5.9/120	21.6/105	15.7	160/120	165/105	5
沼泽土/样本数	49.1/45	55.2/40	6.1	3.2/45	8.5/40	5.3	182/45	180/40	-2

3.2.2 土壤有效 P 含量的时空变异 由表 2、图 6 分析可知, 宝应县 1984—2005 年土壤有效 P 含量呈先基本保持平衡后上升的趋势。即从 1984—1994 年土壤有效 P 含量呈基本平衡阶段; 1994—2005 年土壤有效 P 含量呈上升阶段, 且上升幅度较大, 比第二次土壤普查数据提高了 258%。

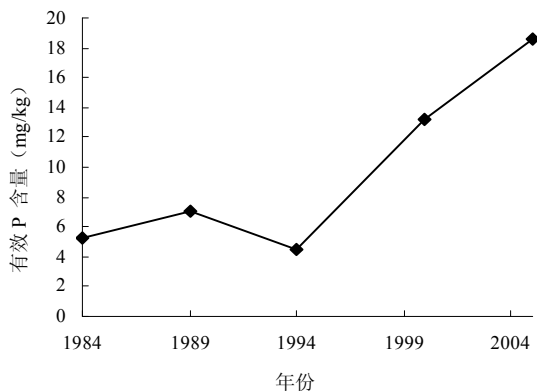


图 6 土壤有效 P 含量动态变化
Fig. 6 Variation of soil available P

土壤有机质含量均明显高于第二次土壤普查水平, 分别提高了 14%、35%、39%。

3.2 土壤有效磷

3.2.1 土壤有效 P 含量 P 是植物生长发育必需的营养元素, 土壤 P 素的丰缺状况, 是衡量土壤肥力水平高低的标志之一。而土壤有效 P 是当季作物可从土壤获取的主要 P 养分资料^[11]。因此, 研究投入土壤有效 P 含量的动态变化情况非常有意义。由表 1 分析可知, 2005 年土壤有效 P 含量范围 3.2~53.7 mg/kg, 平均值为 18.6 mg/kg, 为 3 级水平, 标准差为 9.18, 变异系数 49%。与 1984 年第二次土壤普查数据相比较, 有效 P 含量的平均值由 5.2 mg/kg 增至 18.6 mg/kg, 提高幅度较大; 由 4 级变为 3 级, 1~4 级样品份数的百分比由 37.90% 增至 99.50%, 变异系数下降 5%, 表明 2005 年土壤有效 P 含量水平比第二次土壤普查数据含量有大幅度的提高。

从 2 个年份土壤有效 P 分布 (图 7、8) 分析可知, 1984 年高含量有效 P 主要分布在研究区中部, 中低含量有效 P 分布在东西部; 而 2005 年中低含量有效 P 零星分布, 其他区域有效 P 含量都为高含量; 从 2 个图层差减 (图 9) 结果可知, 研究期间该区土壤有效 P 含量空间分布差异明显, 整体呈上升趋势。



图 7 1984 年宝应县土壤有效 P 含量 (mg/kg) 分布
Fig. 7 Distribution of available P in 1984

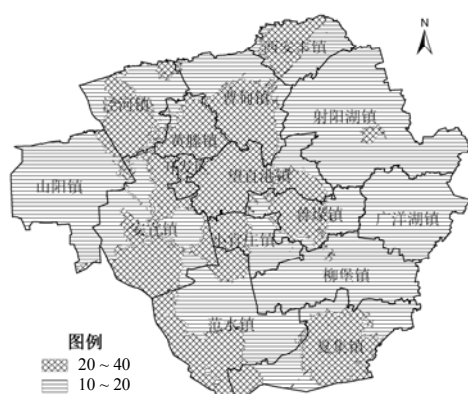


图8 2005年宝应县土壤有效P含量(mg/kg)分布

Fig. 8 Distribution of available P in 2005

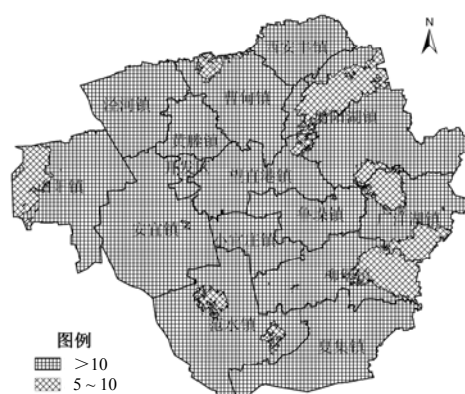


图9 2005年与1984年土壤有效P含量(mg/kg)变化

Fig. 9 Variation of available P from 1984 to 2005

3.2.3 不同土壤类型有效P含量变化状况 由表3、图10分析可知,3种土壤类型有效P含量高低为水稻土>潮土>沼泽土,沼泽土、水稻土、潮土2005年土壤有效P含量均明显超过第二次土壤普查水平,分别提高了165%、291%、266%。

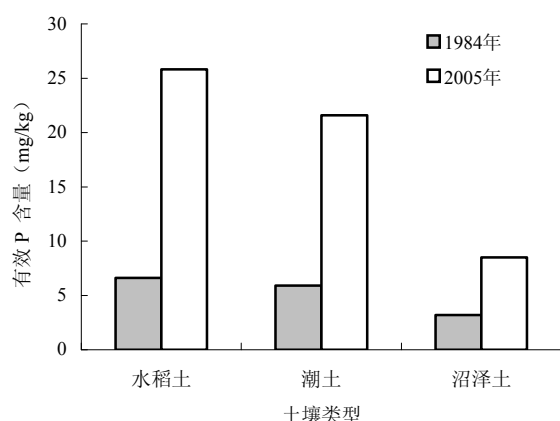


图10 不同土壤类型有效P含量变化

Fig. 10 Variations of available P in different soil types

3.3 土壤速效钾

3.3.1 土壤速效K含量 K是作物生长不可缺少的大量营养元素,土壤速效K的含量是衡量土壤K素养分供应能力的现实指标,它标志着目前乃至近期内可供植物吸收利用K的含量,因此,研究土壤速效K含量的动态变化情况有着重要意义。由表1分析可知,2005年土壤速效K含量范围51~280 mg/kg,平均值为155 mg/kg,为2级水平,标准差为35.5,变异系数22%。与1984年第二次土壤普查结果相比较,速效K含量的平均值由153 mg/kg增至155 mg/kg,基本保持不变;土壤分级水平保持不变,1~3级样品份数的百

分比变化不大,变异系数下降2%。表明2005年土壤速效K含量水平与第二次土壤普查数据含量基本保持平衡。

3.3.2 土壤速效K含量的时空变异 由表2、图11可知,宝应县1984—2005年土壤速效K含量呈先下降后上升的趋势,属典型的“V”型结构。即从1984—1994年土壤速效K含量呈下降趋势,达到最小值;1995—2005年呈明显上升趋势,达到与第二次土壤普查水平基本保持平衡。

从2个年份土壤速效K分布(图12、13)分析可知,1984年高含量速效K零星分布,其他区域速效K含量呈中等,2005年速效K含量分布与1984年分布具有相似规律;从2个图层差减(图14)结果可知,研究期间该区土壤速效K含量空间分布稳定,速效K含量变化不大。

3.3.3 不同土壤类型速效K含量变化状况 由表3、图15分析可知,3种土壤类型速效K含量高低为沼泽土>潮土>水稻土,沼泽土、水稻土、潮土2005年土壤速效K含量与第二次土壤普查水平相比,没有明显变化趋势,基本保持平衡。

3.4 讨论

通过对1984—2005年宝应县肥料投入情况分析可以看出(图16),N肥用量总体呈上升趋势;P肥用量1984—1994年呈平稳趋势,1995—2005年呈平稳上升趋势;K肥用量1984—1994年呈先上升后下降趋势,1995—2005年呈平稳上升趋势。这与有效P、速效K含量变化有相似规律。表明施P、K肥对土壤有效P、速效K含量有重要作用。1984—2005年宝应县历史调查资料显示,在1984—1994年间有机肥投入、

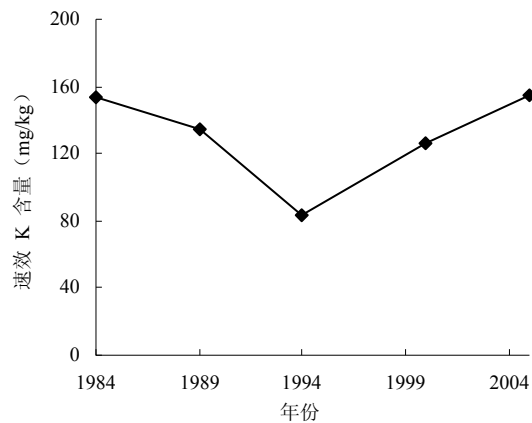


图 11 土壤速效 K 含量动态变化

Fig. 11 Variation of soil rapid available K

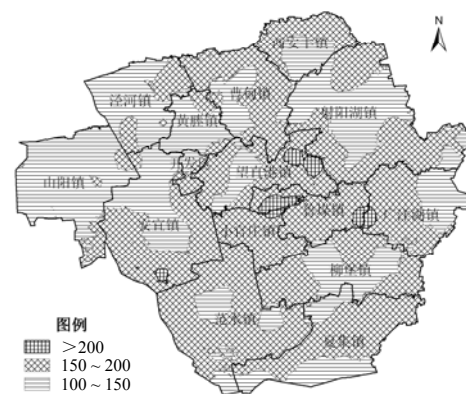


图 12 1984 年宝应县土壤速效 K 含量 (mg/kg) 分布

Fig. 12 Distribution of rapid available K in 1984

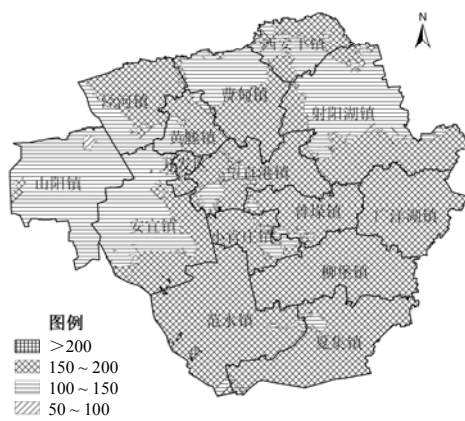


图 13 2005 年宝应县土壤速效 K 含量 (mg/kg) 分布

Fig. 13 Distribution of rapid available K in 2005

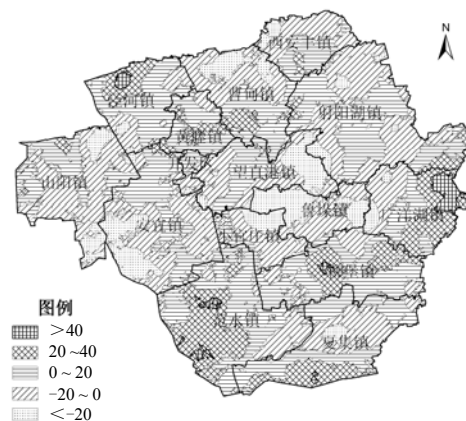


图 14 2005 年与 1984 年土壤速效 K 含量 (mg/kg) 变化

Fig. 14 Variation of rapid available K from 1984 to 2005

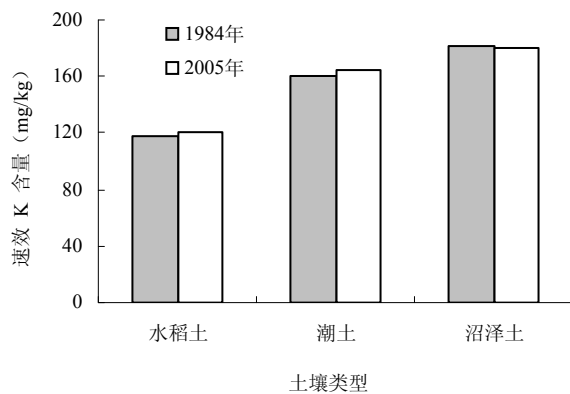


图 15 不同土壤类型速效 K 含量变化

Fig. 15 Variation of rapid available K in different soil types

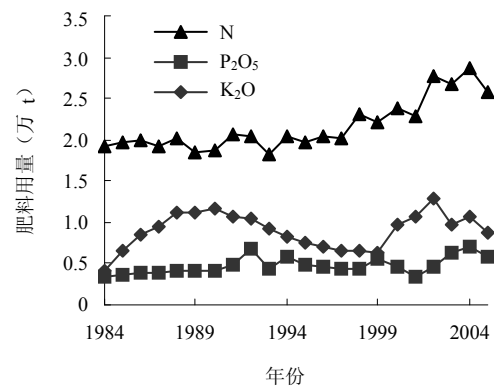


图 16 1984—2005 年肥料投入纯量

Fig. 16 Fertilizer input from 1984 to 2005

绿肥种植、秸秆还田数量呈明显下降趋势; 1995—2005年间, 由于农业部、省农林厅连续发起了“沃土工程”、“补钾工程”、“提高耕地质量年”等一系列重大项目, 在这一段时间, 有机肥投入、绿肥种植、特别是秸秆还田数量呈大幅度增加。这些措施都可能影响土壤中有机质、有效 P、速效 K 含量的变化。

4 结论

2005 年测土配方施肥数据与第二次土壤普查数据相比, 有机质、有效 P 均呈上升趋势, 特别是有效 P 上升幅度较大, 速效 K 含量基本稳定; 土壤有机质、有效 P 空间分布差异明显, 速效 K 空间分布稳定。不同土壤类型中, 土壤有机质、有效 P 含量均呈上升趋势, 土壤速效 K 含量稳定。土壤养分上升幅度大小为: 有效 P>有机质>速效 K。

20 年来, 土壤有机质、有效 P、速效 K 含量变化具有相似的变化规律, 属典型的“V”型变化结构, 即 1984—1994 年土壤有机质、速效 K 含量变化呈下降趋势, 有效 P 含量变化呈稳定趋势; 主要是因为这一阶段肥料投入量较少, 施肥结构不合理, 存在着严重的“重用轻养”现象。1995—2005 年土壤有机质、有效 P、速效 K 含量均呈上升趋势。这一阶段土壤养分得到大幅度上升原因主要是因为政府部门对耕地质量的重视, 大力推广平衡施肥技术、秸秆还田技术等。

参考文献:

- [1] 王洪杰, 李宪文, 史学正, 于东升. 不同土地利用方式下土壤养分的分布及其与土壤颗粒组成的关系. 水土保持学报, 2002,

17(2): 44-47

- [2] 孔祥斌, 张凤荣, 齐伟, 徐艳. 集约化农区土地利用变化对土壤养分变化的影响——以河北省曲周县为例. 地理学报, 2003, 58 (3): 333-342
- [3] 周长辉, 张金萍, 张保华, 王振健, 刘子亭. 山东西部土壤耕层养分变化及持续利用对策. 聊城大学学报(自然科学版), 2008, 21(1): 76-80
- [4] 孔祥斌, 张凤荣, 王茹. 近 20 年城乡交错带土壤养分时间空间变异特征分析——以北京市大兴区为例. 土壤, 2004, 36(6): 636-643
- [5] 张志华, 杜丽, 郭金凤, 杨天军, 单斐. 安阳市耕层土壤养分变化动态及施肥建议. 河南农业科学, 2003(6): 29-31
- [6] 王娜娜, 崔光淇, 方玉东, 宋付朋, 王德科, 刘长庆, 元伟涛, 王全超. 基于 GIS 长期定位耕地土壤养分时空变异评价研究——以肥城市为例. 山东农业大学学报(自然科学版), 2009, 40(1): 75-82
- [7] 徐祖祥. 杭州市土壤养分状况及培肥措施. 土壤, 2009, 41(6): 917-920
- [8] 中科院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- [9] 徐俊兵. 扬州市土壤有机质和速效磷钾的分布研究. 土壤, 2004, 36(1): 99-103
- [10] 全国农业技术推广服务中心. 中国农科院农业资源与区划所编著. 耕地质量演变趋势研究. 北京: 中国农业科技出版社, 2008
- [11] 全国农业技术推广服务中心编著. 耕地地力调查与质量评价. 北京: 中国农业科技出版社, 2005

Research on Trend of Main Soil Nutrients in Lixiahe Agricultural Zone

——A Case Study of Baoying County of Jiangsu Province

MAO Wei¹, JIANG Yi¹, XU Gui-hong², CHENG Zhong-bo¹, CHEN Ming¹

(1 Yangzhou Station of Soils and Fertilizers, Yangzhou, Jiangsu 225001, China; 2 Baoying Station of Soils and Fertilizers, Baoying, Jiangsu 225800, China)

Abstract: Based on the data of soil testing and formulated fertilization in 2005 with the data of soil survey in 1984, 1989 and 2000, the changing trends of soil nutrients such as organic matter, available P and K was studied in Baoying City. The results indicated that there were similar changing trends for soil organic matter, available P and K. Soil organic matter and available K decreased but available P changed less from 1984 to 1994. Soil organic matter, available P and K increased from 1994 to 2005, which were significantly higher than the data of the second soil survey. Spatial distributions in these years were different for soil organic matter and available P but similar for available K. In different soil types, organic matter and available P increased while available K changed less. The increasing range of soil nutrients was in an order of available P > organic matter > available K.

Key words: Lixiahe agricultural zone, Soil organic matter, Available P, Available K