

河南省潮土、砂姜黑土基本性质变化分析^①

李少丛, 万红友*, 王兴科, 陈 杰

(郑州大学水利与环境学院, 郑州 450001)

摘 要:通过对河南省潮土、砂姜黑土的室外采集与室内测定, 对其基本性质的时空变化进行研究。结果表明: 潮土和砂姜黑土表层质地均以粉砂壤土为主, 潮土颗粒大小级别以壤质为主, 砂姜黑土颗粒大小级别以细壤质为主; 1979—2012 年, 潮土表层 pH 平均值由 8.3 降为 8.2, 砂姜黑土表层 pH 平均值由 7.8 降为 6.9, 有机质、全氮平均含量均随时间变化上升, CEC 均随时间变化而降低; 砂姜黑土速效钾平均含量增加了 51.3 mg/kg, 潮土速效钾平均含量降低了 21.2 mg/kg; 潮土、砂姜黑土有效磷平均值分别由 5.8 mg/kg 和 4.8 mg/kg 上升至 27.9 mg/kg 和 33.6 mg/kg, 变化幅度较大, 且变异系数较高, 都达 70% 以上; 潮土、砂姜黑土不同地区及不同剖面层次的基本性质均存在较为明显的空间变化。

关键词:潮土; 砂姜黑土; 基本性质; 土壤养分; 时空变化

中图分类号: S153.6

pH、有机质和 CEC 是土壤基本的理化性质, 影响着土壤中许多化学反应和化学过程, 从而影响植物和微生物所需养分的有效性, 支配着化学物质在土壤中的行为, 在土壤生态系统物质循环、能量流动、土壤质量及生产力的维持和保育以及土地资源持续利用方面具有重要作用^[1]。土壤养分是土壤肥力的物质基础, 土壤养分的丰缺程度直接关系到农作物的生长状况和产量水平, 它是评价土壤肥力水平的重要指标^[2], 同时, 土壤肥力也是土壤内在的物质、结构和理化性质与外界环境条件综合作用的结果。

土壤基本性质的变化不仅关系到粮食生产和生态环境的持续发展, 而且影响着该区域在全国生态环境战略布局中的地位, 而河南省是一个典型的农业大省, 随着经济的快速发展, 该区的土壤资源承受着人口增加与经济快速增长带来的压力, 面临如此严峻的形势, 就要寻找农业与经济结合点, 走可持续发展道路。近年来, 土壤资源的时空变化研究广泛, 有国内外学者应用地统计学方法对土壤养分、有机质、化学性质等的时空变异进行了大量研究^[3–8], 也有研究者对土壤质量、土壤基本理化性质、有机碳的时空变化进行研究^[9–12]。但由于不同研究区、不同研究尺度, 土壤特性变异可能存在较大差异^[13], 且对河南省潮土、砂姜黑土基本性质时空变化的研究鲜见

报道。本文以河南省潮土、砂姜黑土为研究对象, 探讨其重要理化性质及土壤养分的时空变化, 为该区土壤的综合评价及合理利用提供基础数据与理论依据, 并保证农业生产的持续稳定发展。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

基于河南省主要粮食生产区分布情况, 选取豫北、豫东的潮土区, 以及豫中豫南的砂姜黑土区作为研究区域。豫北、豫东潮土区域主要地貌类型为洪冲积平原, 气候类型为暖温带大陆性季风气候, 降雨量和蒸发量相差较大, 干燥度约为 1.0~2.0, 以旱耕为主, 种植小麦、玉米等粮食作物, 兼有部分水稻种植区域。豫南南阳盆地、驻马店地区为湖积平原区, 土壤母质发源于第四纪湖相沉积物, 气候处于北亚热带大陆性季风气候带, 以及北亚热带和暖温带的过渡地带, 降雨量较豫北高, 干燥度大约处于 0.5~1.5^[14], 旱耕和水耕并存, 本研究区所选取的砂姜黑土主要以旱耕为主。

1.2 土壤样品的采集

以河南发生学分类面积较大的潮土、砂姜黑土作为研究对象, 采集了 12 个潮土剖面样本和 22 个砂姜黑土剖面样本。潮土样本采集点位于豫北的安阳市、

基金项目: 国家科技基础性工作专项项目(2008FY110600)资助。

* 通讯作者(hywan@zhu.edu.cn)

作者简介: 李少丛(1988—), 女, 河南郑州人, 硕士研究生, 主要从事水土污染控制理论与技术研究。E-mail: lsc2008zhu@163.com

新乡市,豫东的商丘市、开封市,以及豫中的鹤壁市、周口市;砂姜黑土样本的采集点位于豫中以及南阳盆地等湖积平原地区的驻马店、南阳、周口等地。各地

市样点数分别为安阳2个、鹤壁1个、开封3个、新乡3个、商丘2个、许昌2个、南阳9个、周口3个、驻马店9个,样点分布见图1。

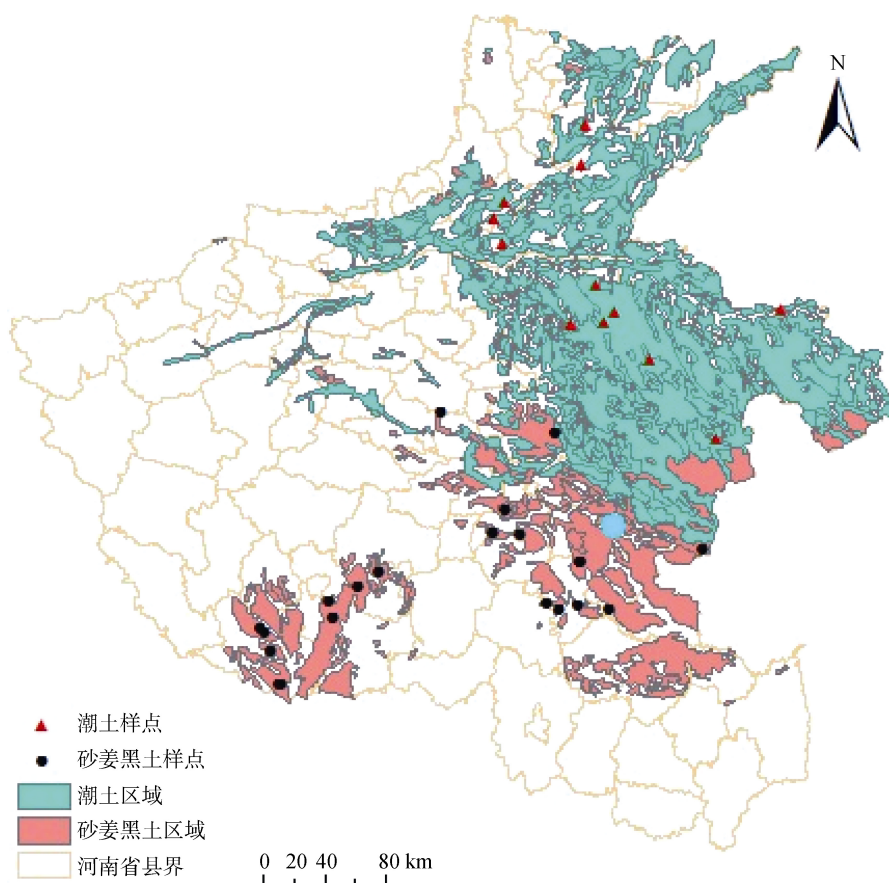


图1 河南省潮土和砂姜黑土样本点位分布图

Fig. 1 Distribution of fluvo-aquic soil samples and lime calcic black soil samples in Henan Province

样本采集远离土壤扰动或潜在扰动可能性较大的地方如村庄、沟渠等。分析样按发生层次每个样本剖面划分5层,每层取1~1.5 kg,用布袋或自封袋保存,风干后剔出>75 mm的岩块,筛分出2~75 mm的土体岩屑和类岩屑,并计算其在整个土样中所占的体积,对≤2 mm的细土部分研磨用于分析化验。

1.3 土壤样品的测定

土壤pH采用电位法测定,有机质采用重铬酸钾-硫酸消化法测定,阳离子交换量采用醋酸铵-EDTA交换法测定^[15];土壤全氮采用半微量凯氏定氮法测定,有效磷采用0.5 mol/L NaHCO₃化学浸提法测定,速效钾采用1 mol/L 乙酸铵浸提-火焰光度法测定^[16]。

2 结果与分析

潮土、砂姜黑土表层颗粒组成与质地名称(美国制)如表1、表2所示。潮土和砂姜黑土表层质地均

以粉砂壤土为主;潮土表层颗粒大小级别以壤质为主,而砂姜黑土表层颗粒大小级别以黏壤质为主。

2.1 土壤性质的时间变化

由表3可知,1979—2012年,潮土表层pH平均值由8.3变为8.2,变化较小,变异系数较高,达41.5%;砂姜黑土表层pH平均值由7.8下降至6.9,最小值仅5.0,由弱碱性转变为中性,变异系数较小,为14.2%。

潮土表层有机质平均含量由9.40 g/kg上升至13.68 g/kg,砂姜黑土表层有机质平均含量由12.60 g/kg上升至13.11 g/kg,较潮土上升幅度小。有机质含量的高低,直接影响到土壤氮素供应水平和保肥供肥性能,该研究区33年来有机质含量均呈上升趋势,有利于土壤肥力的增加。影响土壤有机质含量随时间变化的因素可能是土地利用方式的改变及土壤质地的变化^[18];另外,秸秆还田和施用有机肥也是有机质含量普遍上升的原因^[19]。

表 1 河南省潮土颗粒组成与质地
Table 1 Particle size composition and texture of fluvo-aquic soil in Henan Province

样本编号	土壤层次 (cm)	颗粒组成(g/kg)			质地名称	颗粒大小 级别 ^[17]
		砂粒 2 ~ 0.05 mm	粉粒 0.05 ~ 0.002 mm	黏粒 < 0.002 mm		
41-161	0 ~ 36	183.14	548.06	215.02	粉砂壤土	黏壤质
41-162	0 ~ 15	239.68	545.32	142.78	粉砂壤土	壤质
41-163	0 ~ 30	499.91	330.96	116.26	砂质壤土	壤质
41-164	0 ~ 18	240.38	559.92	127.15	粉砂壤土	壤质
41-166	0 ~ 17	229.08	542.59	161.70	粉砂壤土	壤质
41-177	0 ~ 20	426.70	371.09	155.54	壤土	壤质
41-178	0 ~ 17	266.77	501.54	172.59	粉砂壤土	壤质
41-179	0 ~ 18	551.61	271.66	138.77	砂质壤土	壤质
41-180	0 ~ 16	148.42	607.35	180.62	粉砂壤土	壤质
41-181	0 ~ 18	293.41	506.10	137.76	粉砂壤土	壤质
41-182	0 ~ 20	176.66	557.18	210.72	粉砂壤土	黏壤质
41-185	0 ~ 8	172.85	496.06	312.49	粉砂壤土	黏壤质

注：编号均为原始采样序号，“41”代表河南，下表同。

表 2 河南省砂姜黑土表层颗粒组成与质地
Table 2 Particle size composition and soil texture of lime calcic black soil in Henan Province

样本编号	土壤层次 (cm)	颗粒组成(g/kg)			质地名称	颗粒大小 级别 ^[17]
		砂粒 2 ~ 0.05 mm	粉粒 0.05 ~ 0.002 mm	黏粒 < 0.002 mm		
41-084	0 ~ 20	70.41	582.72	329.69	粉砂壤土	黏壤质
41-086	0 ~ 19	103.26	569.95	303.89	粉砂壤土	黏壤质
41-087	0 ~ 18	134.77	593.67	222.19	砂质壤土	黏壤质
41-088	0 ~ 25	123.67	484.21	402.80	粉砂壤土	黏壤质
41-089	0 ~ 20	150.17	588.20	202.12	粉砂壤土	黏壤质
41-092	0 ~ 18	178.86	555.36	215.02	粉砂壤土	黏壤质
41-093	0 ~ 16	436.15	331.87	183.49	壤土	壤质
41-099	0 ~ 18	137.82	593.67	200.69	粉砂壤土	黏壤质
41-103	0 ~ 18	63.59	594.58	319.66	粉砂壤土	黏壤质
41-104	0 ~ 17	101.99	562.65	270.93	粉砂壤土	黏壤质
41-105	0 ~ 17	144.02	569.04	247.99	粉砂壤土	黏壤质
41-107	0 ~ 21	67.39	652.05	219.32	粉砂壤土	黏壤质
41-108	0 ~ 19	57.27	634.84	252.29	粉砂壤土	黏壤质
41-168	0 ~ 21	228.36	550.80	147.94	粉砂壤土	壤质
41-170	0 ~ 8	102.72	514.31	381.30	粉砂壤土	黏壤质
41-171	0 ~ 20	273.96	489.68	183.49	粉砂壤土	壤质
41-174	0 ~ 20	156.99	611.00	153.67	粉砂壤土	壤质
41-175	0 ~ 18	101.39	630.16	203.56	粉砂壤土	黏壤质
41-183	0 ~ 10	343.69	438.60	164.42	粉砂壤土	壤质
41-184	0 ~ 10	230.52	508.83	212.16	粉砂壤土	黏壤质
41-187	0 ~ 10	129.70	574.51	249.42	粉砂壤土	黏壤质
41-190	0 ~ 20	109.21	595.49	245.12	粉砂壤土	黏壤质

表 3 河南省潮土、砂姜黑土基本性质随时间变化
Table 3 Temporal variability of fluvo-aquic soil and lime calcic black soil basic properties in Henan Province

年份	指标	潮土						砂姜黑土					
		pH	有机质 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH	有机质 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
1979	$\bar{x}$	8.3	9.40	9.12	0.65	5.8	139.3	7.8	12.60	31.26	0.83	4.8	139.1
2012	$\bar{x}$	8.2	13.68	4.50	0.96	27.9	118.1	6.9	13.11	13.91	1.20	33.6	190.4
	SD	0.34	5.46	1.81	0.31	22.2	47.83	0.98	7.54	9.38	0.30	23.93	85.37
	CV(%)	41.5	39.9	40.2	32.3	79.7	40.5	14.2	57.5	67.4	25.0	71.2	44.8
	最大值	9.0	21.4	6.8	1.6	86.4	218	8.1	26.9	33.84	1.64	91.2	444
	最小值	7.7	3.75	1.9	0.34	4.5	70	5.0	1.5	5.12	0.39	5.5	71

注：表中 1979 年(第二次土壤普查)数据均来自河南土壤，各地区仅作表层比较，下表同。

2012 年，潮土和砂姜黑土表层 CEC 的平均值分别为 4.50 cmol/kg 和 13.91 cmol/kg，与1979 年相比下降了 50% 以上，变异系数分别高达 40.2% 和 67.4%。土壤 CEC 的下降说明土壤保持养分的能力下降，而砂姜黑土表层的 CEC 含量是潮土的 3 倍，说明砂姜黑土比潮土的保肥性强，与相关文章^[20]观点一致。

潮土和砂姜黑土有效磷平均值分别由 1979 年的 5.8 mg/kg 和 4.8 mg/kg 上升到 2012 年的 27.9 mg/kg 和 33.6 mg/kg，变异系数最高，分别为 79.7% 和 71.2%，砂姜黑土相比潮土上升幅度更大。施肥管理、土地利用方式和土壤性质的改变等均是造成这些变化的可能性因素^[21]。

潮土和砂姜黑土全氮含量 2012 年平均值分别为 0.96 g/kg 和 1.20 g/kg，较 1979 年含量升高，与有效磷的变化基本一致，但并未出现有效磷那样的总体大幅上升，其变异系数也比较低，分别为 32.3% 和 25.0%，说明变化幅度不大。秸秆还田量的增加、土地利用方式的转化是 33 年来影响土壤全氮含量变化的主要人为随机性因素^[22]。

33 年间，潮土表层速效钾含量由 139.3 mg/kg 下降至 118.1 mg/kg，而砂姜黑土表层速效钾含量由 139.1 mg/kg 上升至 190.4 mg/kg，变异系数分别为 40.5% 和 44.8%。有报道指出，土壤速效钾含量与 CEC 呈显著的正相关，显示土壤 CEC 的重要保钾功能^[23]。潮土表层 CEC 含量太低，保肥能力弱，导致速效钾含量降低，砂姜黑土比潮土 CEC 含量高，故砂姜黑土比潮土的速效钾含量高。

2.2 土壤性质的空间变化

2.2.1 潮土不同地区的性质变化 由表 4 知，在所采集样本中，商丘 pH 最高，为 8.5，开封 pH 为 8.2，其他地区 pH 均为 8.1。由此得出潮土不同区 pH 变化不大，呈弱碱性；周口有机质含量最高，达 21.4 g/kg，商丘有机质含量最低，只有 8.5 g/kg，其他地区有机质含量均在 11 g/kg 以上；除商丘 CEC 只有 2.2 cmol/kg 外，其余地区均保持在 3.8 cmol/kg 以上，安阳 CEC 最高，达 6.3 cmol/kg。其中商丘虞城县韩楼村潮土 pH 高达 9，有机质含量只有 4.77 g/kg，CEC 仅 1.9 cmol/kg，与其他地区潮土基本理化性质差异很大。

表 4 河南省不同地区潮土性质变化
Table 4 Spatial variability of alluvial soil properties in different areas in Henan Province

地区	pH	有机质 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
安阳	8.1	14.3	6.3	0.9	58.1	100
新乡	8.1	11.1	3.8	0.9	27.4	105
鹤壁	8.1	14.3	5.9	0.8	15.3	107
商丘	8.5	8.5	2.2	0.6	23.3	112
开封	8.2	16.6	4.1	1.1	21.2	113
周口	8.1	21.4	5.8	1.6	13.9	218

注：采样点来自安阳(2 个)、新乡(3 个)、鹤壁市(1 个)、商丘(2 个)、开封(3 个)、周口(1 个)；各性质含量均为表层平均值，下表同。

潮土区六市中，周口全氮含量与速效钾含量最高，分别为 1.6 g/kg 和 218 mg/kg，而有效磷含量最低，为 13.9 mg/kg；安阳有效磷含量最高，达 58.1 mg/kg，

而速效钾含量最低，仅 100 mg/kg，全氮含量保持中等水平；商丘全氮含量最低，仅 0.6 g/kg，有效磷和速效钾含量居中上等水平；鹤壁有效磷含量最低，为

15.3 mg/kg, 全氮含量和速效钾含量居中下等水平; 新乡全氮含量、有效磷含量和速效钾含量均处于中等水平。

2.2.2 潮土不同剖面层的性质变化 土壤性质在剖面上下层间的变化如图 2 所示。图中剖面点依次位于商丘市睢县潮庄镇李胡同村、开封市杞县高阳乡东王堌村、新乡市新乡县关堤乡白马村、安阳市滑县白道口镇北留村。

由图 2 可知, 潮土 pH 随剖面的下降基本保持不

变;有效磷含量和有机质含量在剖面由上到下不断下降的趋势基本一致, 有效磷含量和有机质含量均在 0~40 cm 快速下降, 40 cm 之后下降缓慢, 开封王堌村有机质含量在 90 cm 开始出现上升趋势;全氮含量和 CEC 总体保持缓慢下降趋势, 说明各层变化不明显, 但新乡白马村 CEC 在 68 cm 开始出现缓慢上升趋势;潮土速效钾含量随剖面下降变化曲折, 大致趋势是先降低后增加再降低, 且在 0~40 cm 都呈下降趋势。

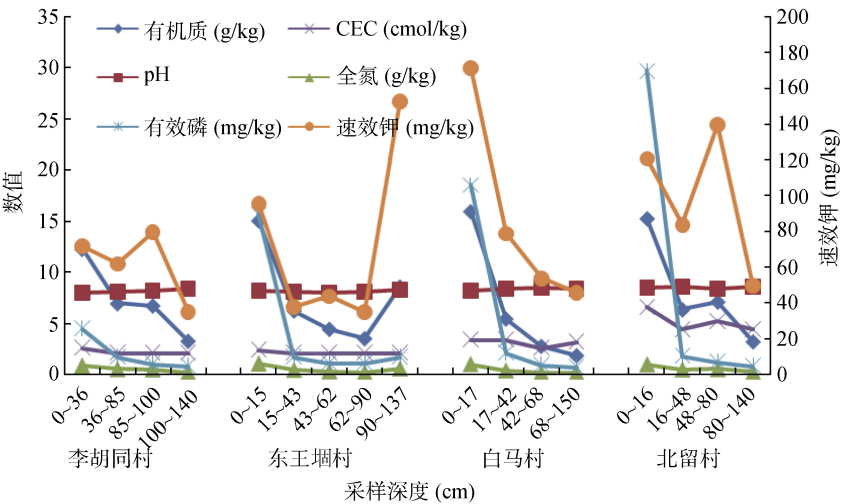


图 2 潮土基本性质剖面变化
Fig. 2 Vertical variability of fluvo-aquic soil properties in profiles

2.2.3 砂姜黑土不同地区的性质变化 由表 5 可知, 南阳、驻马店砂姜黑土 pH 均小于 7, 周口、许昌 pH 均为 7.8; 南阳速效钾含量高达 255.3 mg/kg, 明显大于其他 3 个地区; 周口 CEC 高达 28.25 cmol/kg, 远大于其他地区, 全氮含量为 1.34 g/kg, 与南阳、许昌全氮含量基本持平, 高于驻马店全氮含量; 而有效磷含量最低, 仅 15.4 mg/kg; 许昌有机质含量及有效磷含量均为最高, 分别为 24.3 g/kg 和 42.7 mg/kg, 但 CEC 最低, 为 11.40 cmol/kg; 驻马店 pH、有机质含量、全氮含量均为最低, 分别为 6.5、8.9 g/kg, 1.00 g/kg, 速效钾含量与许昌基本持平。

2.2.4 砂姜黑土不同剖面层的性质变化 砂姜黑

土性质在剖面上下层间的变化如图3所示。图中剖面点依次位于南阳市邓州市刘集镇曾家村、驻马店市汝南县留盆镇大冀村、许昌市禹州市小吕乡大吕村、周口市项城市永丰乡栗营村。

由图 3 可知, 砂姜黑土有效磷含量在剖面由上到下呈不断下降的趋势, 且均在 0~30 cm 内下降迅速; 土壤 pH 随剖面的下降基本保持不变; 全氮含量总体保持缓慢下降的趋势, 这与潮土剖面相同性质的变化基本一致。除驻马店大冀村, 有机质含量在剖面由上到下不断下降, 且在 0~30 cm 迅速下降; 许昌大吕村及周口栗营村 CEC 变化趋势一致, 均先降低后增加又降低, 但周口栗营村 CEC 变化幅度更大, 驻马

表 5 河南省砂姜黑土不同地区性质变化
Table 5 Spatial variability of lime calcic black soil properties in different areas in Henan Province

地区	pH	有机质 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
南阳	6.9	13.3	12.88	1.33	41.6	255.3
驻马店	6.5	8.9	12.30	1.00	27.6	141.7
周口	7.8	20.3	28.25	1.34	15.4	165.5
许昌	7.8	24.3	11.40	1.33	42.7	142.0

注: 采样点来自南阳(9 个)、驻马店(9 个)、周口(2 个)、许昌(2 个)。

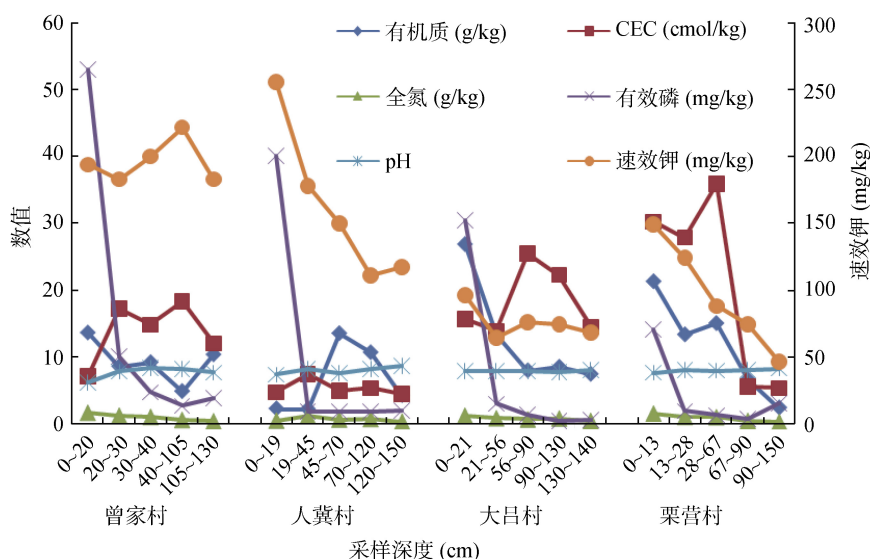


图 3 砂姜黑土基本性质剖面变化

Fig. 3 Vertical variability of lime calcic black soil properties in profiles

店大冀村 CEC 基本保持不变,而南阳曾家村 CEC 呈开口向下的抛物线趋势;不同地区砂姜黑土速效钾含量随剖面下降变化不同,除南阳曾家村外,砂姜黑土速效钾含量在 0~50 cm 均随剖面下降而迅速降低。

3 结论

(1) 潮土表层 pH 平均值随时间变化由 8.3 降为 8.2,下降幅度较小,而砂姜黑土表层 33 年来 pH 平均值下降了 0.9,由弱碱性变为中性土壤,但尚未达到酸性土壤的程度;潮土、砂姜黑土表层有机质平均含量均随时间变化而上升,但 CEC 在 33 年间呈降低趋势,分别由原来的 9.12、31.26 cmol/kg 降为 4.50、13.91 cmol/kg,降低幅度很大;砂姜黑土表层全氮、有效磷、速效钾及潮土表层全氮、有效磷平均含量均随时间呈上升趋势,但潮土表层速效钾平均含量随时间变化而降低;潮土、砂姜黑土表层有效磷含量上升幅度最大,且变异系数最大,都达 70% 以上。

(2) 潮土不同地区表层土壤 pH、有机质含量、CEC 变化差异不大,而全氮、有效磷和速效钾含量随地区差异变化较大;全氮、有效磷、速效钾含量最高分别为周口的 1.6 g/kg、安阳的 58.1 mg/kg、周口的 218 mg/kg,最低分别是商丘的 0.6 g/kg、周口的 13.9 mg/kg、安阳的 100 mg/kg。潮土 pH 随剖面的下降基本保持不变;有效磷含量和有机质含量随剖面由上到下不断下降的趋势基本一致;全氮含量和 CEC 总体保持缓慢下降趋势;潮土速效钾含量随剖面下降变化曲折。

(3) 砂姜黑土不同地区表层土壤 pH 与全氮含量相近,CEC 除周口外,其他 3 个地区基本一致,

有机质变化差异较大;有效磷、速效钾含量最大值分别是许昌的 42.7 mg/kg、南阳的 255.3 mg/kg,最小值分别为周口的 15.4 mg/kg、驻马店的 141.7 mg/kg。砂姜黑土 pH 随剖面的下降基本保持不变,CEC 在不同地区剖面层次变化趋势不同;有机质、有效磷含量随剖面由上到下不断下降,而全氮含量总体保持缓慢下降的趋势;砂姜黑土速效钾含量随剖面下降变化不同。

参考文献：

- [1] 李学垣. 土壤化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 2-246
- [2] 康轩, 黄景, 吕巨智, 银秋玲, 梁和, 雷振甜, 李仍云. 保护性耕作对土壤养分及有机碳库的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(6): 2 339-2 343
- [3] 崔贝, 王纪华, 杨武德, 陈立平, 黄文江, 郭建华, 宋晓宇, 冯美臣. 冬小麦-夏玉米轮作区土壤养分时空变化特征[J]. 中国农业科学, 2013, 46(12): 2 471-2 482
- [4] 秦静, 孔祥斌, 姜广辉, 刘怡, 李翠珍. 北京典型边缘区 25 年来土壤有机质的时空变异特征[J]. 农业工程学报, 2008, 24(3): 124-129
- [5] Umali BP, Oliver DP, Forrester S, Chittleborough DJ, Hutsonc JL, Kookanab RS, Ostendorf B. The effect of terrain and management on the spatial variability of soil properties in an apple orchard[J]. Catena, 2012, 93: 38-48
- [6] Hattar BI, Taimeh AY, Ziadat FM. Variation in soil chemical properties along toposequences in an arid region of the Levant[J]. Catena, 2010, 83(1): 34-45
- [7] Huang B, Sun WX, Zhao YC, Zhu J, Yang RQ, Zou Z, Ding F, Su JP. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices[J]. Geoderma, 2007, 139(3-4): 336-345

- [8] Zhu HX, Chen XM, Zhang Y. Temporal and spatial variability of nitrogen in rice-wheat rotation in field scale[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2013, 68(2): 585–590
- [9] 姚荣江, 杨劲松, 陈小兵, 余世鹏, 李晓明. 苏北海涂围垦区土壤质量模糊综合评价[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(6): 2 019–2 027
- [10] Sun B, Zhou SL, Zhao QG. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China[J]. *Geoderma*, 2003, 115(1–2): 85–89
- [11] 万红友, 周生路, 赵其国. 苏南典型区土壤基本性质的时空变化——以昆山市为例[J]. *地理研究*, 2006, 25(2): 303–310
- [12] 蔡晓布, 周进. 退化高寒草原土壤有机碳时空变化及其与土壤物理性质的关系[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(11): 2 639–2 645
- [13] 赵彦锋, 史学正, 于东升, 黄标, 王洪杰, 赵永存, Oborn I, Blomback K. 小尺度土壤养分的空间变异及其影响因素探讨——以江苏省无锡市典型城乡交错区为例[J]. *土壤通报*, 2006, 37(2): 214–219
- [14] 王静爱, 左伟. *中国地理图集*[M]. 北京: 中国地图出版社, 2009: 16–31
- [15] 张甘霖, 龚子同. *土壤调查实验室分析方法*[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 38–82
- [16] 鲍士旦. *土壤农化分析*[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 13–18
- [17] 张甘霖, 王秋兵, 张凤荣, 吴克宁, 蔡崇法, 章明奎, 李德成, 赵玉国, 杨金玲. 中国土壤系统分类土族和土系划分标准[J]. *土壤学报*, 2013, 50(4): 821–834
- [18] 朱静, 黄标, 孙维侠, 杨荣清, 邹忠, 丁峰, 苏健平, 黄耀, 金洋, 毕葵森. 长江三角洲典型地区农田土壤有机质的时空变异特征及其影响因素[J]. *土壤*, 2006, 38(2): 158–165
- [19] 胡克林, 余艳, 张凤荣, 王茹. 北京郊区土壤有机质含量的时空变异及其影响因素[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(4): 764–771
- [20] 廖凯华, 徐绍辉, 程桂福, 林青. 土壤 CEC 的影响因子及 Cokriging 空间插值分析——以青岛市大沽河流域为例[J]. *土壤学报*, 2010, 47(1): 26–32
- [21] 廖菁菁, 黄标, 孙维侠, 邹忠, 苏建平, 丁峰, 黄耀. 农田土壤有效磷的时空变异及其影响因素分析——以江苏省如皋市为例[J]. *土壤学报*, 2007, 44(4): 620–628
- [22] 邢喆, 黄标, 董成森, 孙维侠, 胡文友, 田康. 江苏省沭阳县农田土壤有机质和全氮的时空变异及其影响因素[J]. *土壤*, 2013, 45(3): 405–411
- [23] 刘世全, 蒲玉琳, 张世熔, 王昌全, 邓良基. 西藏土壤阳离子交换量的空间变化和影响因素研究[J]. *水土保持学报*, 2004, 18(5): 1–5

Basic Properties Variation of Fluvo-aquic Soil and Lime Calcic Black Soil in Henan Province

LI Shao-cong, WAN Hong-you*, WANG Xing-ke, CHEN Jie

(College of Water Conservancy and Environmental Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Spatial and temporal variability of basic properties of fluvo-aquic soil and lime calcic black soil in Henan Province were studied. The results showed that the main texture was silt loam for both fluvo-aquic soil and lime calcic black soil, and the particle size levels were loam and clayey loam for each of them. From 1979 to 2012, the mean pH of top layer declined from 8.3 to 8.2 in fluvo-aquic soil and from 7.8 to 6.9 in lime calcic black, the mean organic matter and total nitrogen contents of the top layer increased but CEC declined, the mean content of rapidly available potassium increased by 51.3 mg/kg in lime calcic black soil but decreased by 21.2 mg/kg in fluvo-aquic soil, the mean content of available phosphorus of top layer increased obviously in both soils, increased from 5.8 mg/kg to 27.9 mg/kg and 4.8 mg/kg to 33.6 mg/kg, respectively. The above properties of fluvo-aquic soil and lime calcic black soil varied greatly in different areas and different profile layers.

Key words: Fluvo-aquic soil, Lime calcic black soil, Soil basic property, Soil nutrient, Spatial and temporal variability