

刘爱云,高建国. 江苏省如东县耕地主要土壤养分变化趋势分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(17):287-291.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.17.057

江苏省如东县耕地主要土壤养分变化趋势分析

刘爱云,高建国

(江苏省如东县土肥站,江苏如东 226400)

摘要:对江苏省如东县 2007 年、2017 年测土配方施肥主要土壤养分数据比较分析,发现如东县不同土壤类型、不同农区的土壤有机质、有效磷、速效钾含量均呈上升趋势。耕地土壤主要养分的变化与测土配方施肥、秸秆还田、绿肥种植等技术的应用密切相关。

关键词:土壤养分;土壤有机质;有效磷;速效钾;耕地

中图分类号: S158.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)17-0287-05

耕地是不可再生的自然资源,是人类赖以生存和发展的物质基础,在高强度开发背景和耕地面积持续减少的态势下^[1],耕地质量的变化正在对生态环境和社会经济发展构成严重的威胁,将导致耕地存量隐性损失^[2],因此研究耕地质量变化具有重要的现实意义。土壤肥力是耕地质量的重要指标,土壤养分可直接表征土壤的肥力情况,其含量对作物产量影响较大,土壤养分的变化与土壤属性、耕作制度和施肥情况等密切相关^[3]。本研究以江苏省如东县为例,研究如东县土肥站 2007 年和 2017 年耕地土壤在施肥和耕作利用条件下土壤养分变化趋势,以期为耕地质量提升、培肥地力和粮食安全生产提供借鉴和参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

江苏省如东县地处长江三角洲北翼,位于江苏省东部和南通市域东北部,120°42′~121°22′E,32°12′~32°36′N,南与南通市通州区为邻,西与如皋市接壤,西北与海安县毗邻,东面和北面濒临黄海;如东县总面积 1 872 km²,其中耕地面积为 108 511 hm²,占总面积的 57.94%,属北亚热带海洋性季风气候区,常年无霜期 223 d,年平均气温 15.4 ℃,年平均降水总量 1 074.6 mm^[4]。如东县

耕地土壤分为潮土、水稻土、滨海盐土三大土类,分别占耕地面积的 69.47%、4.15%、26.37%^[5]。

1.2 数据来源

本研究以 2007 年和 2017 年测土配方施肥土壤样品分析结果为依据,其中 2007 年土样 300 个,2017 年土样 173 个。以 2007 年采样点为基础,采用相近或相同的原则均匀采集土壤样品(0~20 cm),分析耕层土壤样品的有机质、有效磷、速效钾含量。

1.3 分析方法

为了保证 2 个年度数据的可比性和可靠性,所有样品的土壤有机质含量均采用重铬酸钾法测定,有效磷含量采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定^[6]。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质

2.1.1 土壤有机质含量变化 土壤有机质是表征耕地质量的重要因子,在调节土壤理化性质、改善土壤结构、培育土壤肥力等方面有着极其重要的作用^[7]。从表 1 可知,2017 年土壤有机质含量为 7.3~42.7 g/kg,平均为 23.2 g/kg,标准差为 7.86,变异系数为 33.88%;2007 年土壤有机质含量范围 6.7~37.4 g/kg,平均为 18.6 g/kg,标准差为 5.97,变异系数为 32.10%。2017 年土壤有机质含量与 2007 年相比平均增加 4.6 g/kg,增加了 24.73%。根据全国第二次土壤普查标准^[8](下同),与 2007 年土壤有机质以 3、4 级为主相比,2017 年土壤有机质以 2、3、4 级为主,平均含量水平由 2007 年的 4 级

收稿日期:2019-09-17

基金项目:农业农村部测土配方施肥项目(编号:苏财农[2017]48号);耕地质量等级变更调查与评价项目(编号:苏财农[2017]68号)。

作者简介:刘爱云(1969—),女,江苏如东人,高级农艺师,主要从事土壤肥料技术与推广。E-mail:1352343774@qq.com。

提高到了 2017 年的 3 级,其中 3 级以上占比大幅度提高,由 2007 年的 41.33% 提高到 2017 年的 59.06%,表明土壤有机质含量明显提高。可见自

2005 年如东县实施测土配方施肥项目以来,大力推广应用秸秆全量还田、增施有机肥技术、种植绿肥还田等,取得了明显的效果。

表 1 如东县土壤养分变化

年份	分级	有机质含量		有效磷含量		速效钾含量	
		标准(g/kg)	比例(%)	标准(mg/kg)	比例(%)	标准(mg/kg)	比例(%)
2007 年	1	>40	0	>40	10.67	>200	5.33
	2	30~40	2.33	20~40	28.67	150~200	9.67
	3	20~30	39.00	10~20	30.33	100~150	35.67
	4	10~20	49.67	5~10	19.00	50~100	43.67
	5	6~10	9.00	3~5	11.33	30~50	5.33
	6	<6	0	<3	0	<30	0
	样本数	300		300		300	
	最大值	37.4		89.1		328.0	
	最小值	6.7		3.1		28.0	
	平均值	18.6		20.4		109.0	
	标准差	5.97		15.82		48.21	
	变异系数(%)	32.10		77.55		44.23	
2017 年	1	>40	0.58	>40	12.28	>200	5.85
	2	30~40	23.39	20~40	33.92	150~200	12.87
	3	20~30	35.09	10~20	36.84	100~150	41.52
	4	10~20	38.01	5~10	14.62	50~100	38.60
	5	6~10	2.92	3~5	2.34	30~50	1.17
	6	<6	0	<3	0	<30	0
	样本数	171		171		171	
	最大值	42.7		88.0		356.0	
	最小值	7.3		3.6		48.0	
	平均值	23.2		23.0		121.0	
	标准差	7.86		15.89		50.72	
	变异系数(%)	33.88		69.09		41.92	

2.1.2 不同土壤类型有机质含量变化 由表 2 和图 1 可知,2017 年水稻土、潮土、滨海盐土有机质平均含量分别为 29.1、24.6、16.3 g,2007 年水稻土、潮土、滨海盐土有机质平均含量分别为 22.2、19.8、13.1 g/kg;2007 年和 2017 年的土壤有机质含量均表现为水稻土>潮土>滨海盐土;与 2007 年相比,2017 年 3 种土壤类型的有机质含量均呈上升趋势,水稻土、潮土、滨海盐土有机质分别上升 6.9、4.8、

3.2 g/kg,有机质含量增幅由大到小为水稻土>潮土>滨海盐土。水稻土、潮土、滨海盐土质地由重到轻,质地重的土壤,土壤胶体含量高,保水保肥性能好,土壤养分易积累,土壤有机质含量相对较高^[3]。

2.1.3 不同农区土壤有机质含量变化 如东县主要分为旱作区和水旱轮作区两大农区。旱作区为豆(菜)一玉米轮作,水旱轮作区主要是麦(油菜)一

表 2 不同土壤类型土壤养分变化

土壤类型	有机质含量(g/kg)			有效磷含量(mg/kg)			速效钾含量(mg/kg)		
	2007 年平均值	2017 年平均值	增量	2007 年平均值	2017 年平均值	增量	2007 年平均值	2017 年平均值	增量
潮土	19.8(219)	24.6(123)	4.8	21.1(219)	23.6(123)	2.5	108(219)	120(123)	12
滨海盐土	13.1(62)	16.3(36)	3.2	17.4(62)	20.6(62)	3.2	112(62)	128(62)	16
水稻土	22.2(19)	29.1(12)	6.9	22.5(19)	24.3(12)	1.8	100(19)	112(12)	12

注:括号内数据为样本数。表 3 同。

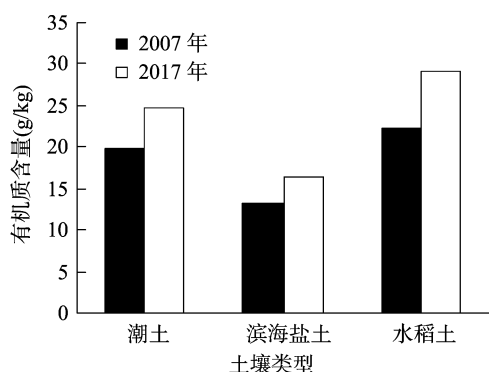


图1 不同土壤类型有机质含量变化

水稻轮作。由表 3 和图 2 可知,2017 年旱作区和水

表 3 不同种植制度下土壤养分变化

农区类型	有机质含量(g/kg)			有效磷含量(mg/kg)			速效钾含量(mg/kg)		
	2007 年平均值	2017 年平均值	增量	2007 年平均值	2017 年平均值	增量	2007 年平均值	2017 年平均值	增量
旱作区	11.8(46)	14.5(28)	2.7	19.8(46)	21.1(28)	1.3	112(46)	141(28)	29
水旱轮作区	19.8(254)	24.9(143)	5.1	20.5(254)	23.4(143)	2.9	108(254)	117(143)	9

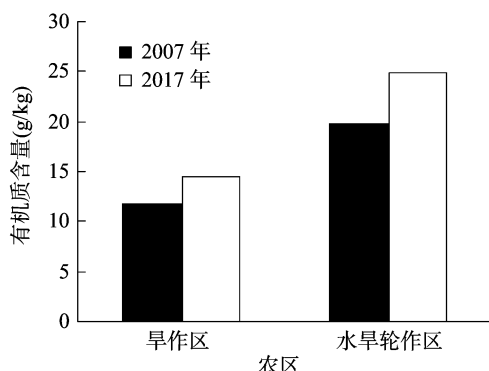


图2 不同农区有机质含量

2.2 土壤有效磷

2.2.1 土壤有效磷含量的变化 土壤有效磷能被直接被作物吸收利用,是土壤磷素养分供应水平高低的重要指标,也是评价耕地质量以及环境污染的重要指标之一^[9-10];土壤有效磷含量测定结果可为农业生产提供依据^[11]。由表 1 可知,2017 年土壤有效磷含量为 3.6~88.0 mg/kg,平均为 23.0 mg/kg,标准差为 15.89,变异系数为 69.09%;2007 年土壤有效磷量为 3.1~89.1 mg/kg,平均为 20.4 mg/kg,标准差为 15.82,变异系数为 77.55%。2017 年与 2007 年土壤有效磷均以 2、3 级为主,其中 2017 年 3 级以上比例为 83.04%,2007 年比例为 69.67%,3 级以上占提高了 13.37 百分点。可知 2017 年与 2007 年相比土壤平均有效磷含量增加了 2.6 mg/kg。

2.2.2 不同土壤类型有效磷含量的变化 不同土

旱轮作区土壤有机质含量分别为 14.5、24.9 g/kg,2007 年旱作区和水旱轮作区土壤有机质含量分别为 11.8、19.8 g/kg,2017 年比 2007 年土壤有机质分别提高 2.7、5.1 g/kg,水旱轮作区比旱作区土壤有机质提高幅度高。水旱轮作区土壤有机质腐殖化过程较强,矿化过程较弱,养分积累较快。而旱作区土壤有机质含量本身就较低,矿化过程较强,腐殖化过程较弱,土壤有机质含量积累少^[3]。另外还由于水旱轮作区推广秸秆机械化全量还田,稻麦轮作区田块年秸秆还田量平均达到 2 323 kg/hm²,使有机质含量上升幅度较大。

壤类型土壤速效磷含量有一定的差异,保肥保水能力强的质地黏重土壤有效磷含量的含量高,保肥保水能力弱的质地越轻的含量越低。由表 2 和图 3 分析,2017 年和 2007 年 2 年的土壤有效磷含量均为水稻土>潮土>滨海盐土;与 2007 年相比,2017 年水稻土、潮土、滨海盐的土壤有效磷依次分别提高了 1.8、3.2、2.5 mg/kg。

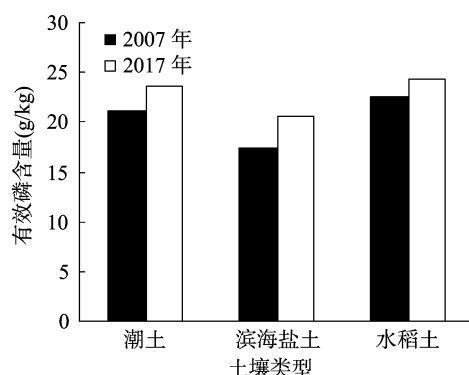


图3 不同土壤类型有效磷含量

2.2.3 不同农区土壤有效磷含量的变化 不同农区的种植制度对土壤有效磷含量有影响。由表 2 和图 4 可知,2017 年和 2007 年 2 年的土壤有效磷含量均表现为水旱轮作区>旱作区,2 个不同农区土壤磷含量变化幅度不一致,其中旱作区提高 1.3 mg/kg;水旱轮作区提高 2.9 mg/kg。

2.3 土壤速效钾

2.3.1 土壤速效钾的变化 土壤速效钾是一类易被作物吸收利用的钾元素,是衡量土壤钾素养分供

应能力的指标,可表征近期内可供植物吸收利用的钾含量^[12]。及时测定、了解土壤速效钾含量及其变化,对指导钾肥的施用十分有必要。由表 1 可知,2017 年土壤速效钾含量为 48.0 ~ 356.0 mg/kg,平均含量为 121.0 mg/kg,标准差为 50.72,变异系数为 41.92%;2007 年土壤速效钾含量为 28.0 ~ 328.0 mg/kg,平均为 109.0 mg/kg,标准差为 48.21,变异系数为 44.23%。2017 年和 2007 年速效钾的平均含量均为 3 级,2017 年 3 级以上比例为 60.24%,2007 年为 50.67%,2017 年平均土壤速效钾含量比 2007 年提高 12 mg/kg。

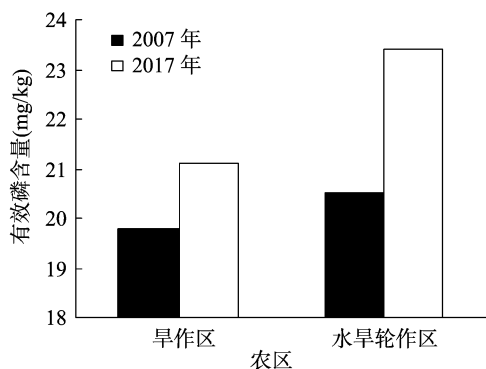


图4 不同农区有效磷含量

2.3.2 不同土壤类型速效钾含量的变化 不同土壤类型、成土母质对土壤钾含量的影响有较大差异^[12]。由表 2 和图 5 可知,2017 年与 2007 年相比,3 种土壤类型的土壤速钾含量均表现为滨海盐土 > 潮土 > 水稻土,3 种土壤类型速效钾含量均明显上升,其上升幅度为滨海盐土 > 水稻土 > 潮土,依次分别上升了 16、12、12 mg/kg。

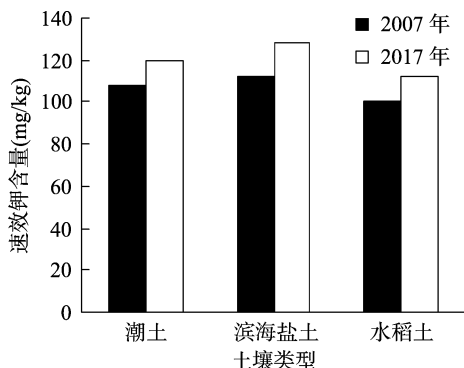


图5 不同速效钾含量

2.3.3 不同农区土壤速效钾的变化 由表 3 和图 6 可知,不同农区速效钾均呈上升趋势。2007 年和 2017 年旱作区土壤速效钾分别为 112、141 mg/kg,上升了 29 mg/kg;水旱轮作区分别为 108、117 mg/kg,上升了 9 mg/kg。上升幅度为旱作区 >

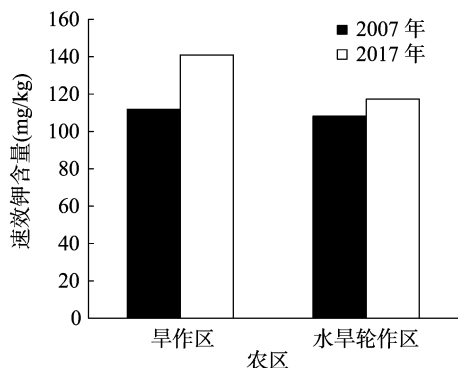


图6 不同农区速效钾含量

水旱轮作区。

3 讨论与结论

2005 年江苏省如东县作为全国首批测土配方施肥补贴项目县,在全面调查如东县土壤养分和施肥情况基础上,结合相关试验数据,提出了“控氮稳磷补钾”的施肥策略。2007—2017 年,通过大力推广秸秆还田、氮磷钾配施、大量元素与中微量元素相结合、有机肥替代化肥等测土配方施肥技术,如东县耕地土壤耕层有机质、有效磷、速效钾含量总体上呈上升态势,在土壤固有属性不变的情况下,施肥和利用方式对土壤养分含量变化起了关键性作用。长期施肥导致土壤养分发生变化^[13],连续施用有机肥可明显提高土壤养分含量^[14-16]。根据统计,2007—2017 年,如东县化肥用量逐年下降,由 2007 年的 6.36 万 t 下降到 2017 年的 4.01 万 t,粮食总产量逐年上升,由 2007 年的 75.72 万 t 上升到 2017 年的 93.23 万 t^[17]。化肥用量减少、粮食总产量提高与有机肥施用量的提高密切相关。根据 2007—2017 年秸秆还田调查数据,如东县小麦和水稻以机械收割为主,小麦秸秆全量还田面积从 2007 年 55.6% 提高到 87.5%,麦秸秆平均还田量由 1 015 kg/hm² 增加到 1 310 kg/hm²,水稻秸秆留茬高度在 15.5 cm 以上,平均还田量由 862 kg/hm² 增加到 1 013 kg/hm²;旱作区大豆、蚕豆作物以收获青豆为主,其余茎叶部分作为绿肥全部还田,绿肥种植面积由 6 510 hm² 增加到 7 330 hm²。肥情调查和监测点调查结果显示,秸秆还田面积和还草量逐年提高,2015—2017 年平均秸秆还田覆盖率达 78%,其中大部分作物留茬在机械耕作过程中被切碎还田,增加了进入土壤的生物量,有利于耕地养分的累积。根据 7 年 40 多组试验和调查资料统计,还草量与土壤有机质含量,呈直线正相关关系 $y =$

20.4x + 108.2, 相关系数 $r = 0.999\ 3^{**}$ 。张夫道研究得出, 长期配施有机肥和化肥可提高土壤养分含量^[18]。林葆等也表明, 长期施用有机肥, 可以提高土壤全量和有效养分含量, 氮、磷、钾的配合施用能提高土壤的有机质、有效磷、速效钾含量水平^[19]。根据 15 个肥情点 150 户肥情调查, 如东县农作物氮磷钾肥投入情况如下: 2007 年氮、磷、钾肥施用量分别为 283.18、79.29、82.12 kg/hm², 比例为 1 : 0.28 : 0.29; 2017 年氮、磷、钾肥施用量分别为 250.48、80.03、86.45 kg/hm², 比例为 1 : 0.32 : 0.35, 除秸秆还田外, 有机肥施用量占总肥比例由 2007 年 7.52% 提高到 2017 年的 11.33%。从肥料结构看, 氮肥用量下降, 磷钾肥和有机肥比例明显提高。不同种植制度和栽培方式对土壤养分含量的影响不同^[20-21], 中西部地区以稻麦(油)轮作为主, 东部旱作区以种植豆、菜、玉米等旱作为主, 中西部地区秸秆还田量较东部地区高, 钾肥投入比东部地区低, 有机质含量增加量高, 东部地区以滨海盐土为主, 土壤本身含钾高, 施肥投入的钾肥比西部地区高, 速效钾增加量高。

通过测土配方施肥技术的推广应用, 农户施肥水平普遍提高, 导致如东县土壤耕层有机质、有效磷、速效钾含量总体上升, 但仍存在养分分布不均和不平衡的情况。土壤养分含量的大小及变化, 不仅关系到农业的可持续发展, 也影响着农业生态环境状况。特别是在磷肥施肥中, 过量的磷累积可能会导致磷素随径流、侵蚀或淋溶等途径进入水体, 进而导致富营养化^[22]。因此, 在施肥过程中, 应该做到因地制宜, 根据土壤养分丰缺情况和作物需肥规律精准施肥。同时, 应结合土壤有机质、改良土壤结构等耕地土壤质量提升技术, 继续推广秸秆还田、种植绿肥、增施有机肥和化肥减量的增效技术, 提高肥料利用率, 建立土壤与植物、土壤与环境的养分收支平稳关系, 既让土壤保持较高肥力, 同时又不对环境构成威胁, 保持农业可持续发展。

参考文献:

- [1] 毛伟, 李文西, 陈欣, 等. 扬州市耕地质量演变趋势[J]. 江西农业学报, 2014, 26(11): 75-78.
- [2] 苏建平, 黄标, 丁峰, 等. 江苏省如皋市 30 年来土壤肥力质量演变分析[J]. 土壤通报, 2009, 40(1): 66-71.
- [3] 顾久伟. 如东县土壤养分动态演变及调控对策研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2004: 10-21.
- [4] 如东县年鉴编纂委员会. 如东年鉴[M]. 北京: 方志出版社, 2018: 13-14.
- [5] 江苏省土壤普查办公室. 江苏土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 264-308.
- [6] 全国农业技术推广服务中心. 土壤分析技术规范[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 36-68.
- [7] 蒋明军, 袁道先, 谢世友, 等. 典型岩溶流域土壤有机质空间变异——以云南小红流域为例[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 2040-2047.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [9] 裴瑞娜, 杨生茂, 徐明岗, 等. 长期施肥条件下黑垆土有效磷对磷盈亏的响应[J]. 中国农业科学, 2010, 43(19): 4008-4015.
- [10] 鲁如坤, 刘鸿翔, 闻大中, 等. 我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究 IV. 农田养分平衡的评价方法和原则[J]. 土壤通报, 1996, 27(5): 197-199.
- [11] 宋春雨, 韩俊杰, 高崇升. 土壤有效磷及其化学测试方法研究进展[J]. 农业系统科学与综合研究, 2010, 26(3): 283-287.
- [12] 孙永健, 周蓉蓉, 王长松, 等. 稻麦两熟农田土壤速效钾时空变异及原因分析——以江苏省仪征市为例[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 543-549.
- [13] 谭海燕, 童江云, 包涛, 等. 昆明市滇池片区耕地土壤养分含量空间分布及变化情况分析[J]. 西南农业学报, 2019, 32(7): 1614-1620.
- [14] 刘杏兰, 高宗, 刘存寿, 等. 有机-无机肥配施的增产效应及对土壤肥力影响的定位研究[J]. 土壤学报, 1996, 33(2): 138-147.
- [15] 周广业, 阎龙翔. 长期施用不同肥料对土壤磷素形态转化的影响[J]. 土壤学报, 1993, 30(4): 443-446.
- [16] 周晓芬, 张彦才, 步丰骥. 河北省主要农业土壤有机肥料对土壤钾素的贡献[J]. 河北农业科学, 1997, 1(2): 21-24.
- [17] 江苏省统计局. 江苏统计年鉴(2007—2017 年) 电子版[EB/OL]. [2019-09-01]. <http://tj.jiangsu.gov.cn/2007/tjnj.htm>.
- [18] 张夫道. 长期施肥条件下土壤养分的动态和平衡——II. 对土壤氮的有效性和腐殖质氮组成的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(1): 39-48.
- [19] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化[J]. 植物营养与肥料学报, 1994(1): 6-18.
- [20] 赵平, 王自林, 李字明, 等. 昆明近郊水稻土、菜园土、大棚土养分调查[J]. 湖北农业科学, 2004(6): 37-40.
- [21] 赵明松, 李德成, 张甘霖, 等. 1980—2010 年安徽省耕地表层土壤养分变化特征[J]. 土壤, 2018, 50(1): 173-180.
- [22] 李春林, 陈敏旺, 王寅, 等. 吉林省农田耕层土壤速效磷、钾养分的时空变化特征[J]. 中国土壤与肥料, 2019(4): 16-22.