

# 山东省主要耕地土壤的养分含量及空间变异分析

张英鹏<sup>1</sup>,李彦<sup>1</sup>,于仁起<sup>2</sup>,孙明<sup>1</sup>

(1. 山东省农业科学院 土壤肥料研究所,山东 济南 250100;2. 胶州市农产品质量监督检测站,山东 胶州 266300)

**摘要:**采用 GPS 定位研究了山东省三大土类主要耕地的养分空间变化情况。结果表明,山东的绝大部分耕地存在有机质含量普遍较低,绝大部分土壤的氮在麦收后呈缺乏状态,山东主要耕地土壤的供磷情况是尽管中高磷含量的耕地占有一定比例,但土壤的有效磷水平整体偏低;山东耕地的钾供应情况是钾素供应充足,无缺钾情况。影响山东三大土类的耕地质量高低的主要养分因子是有效磷和速效钾,其次是有机质和碱解氮,pH 值影响最小,但土壤酸化现象不容忽视。因此,在山东省应因地制宜,提高施肥措施,改善肥料施用结构,防止土壤酸化,才能保持山东主要耕地的生产力。

**关键词:**养分含量;空间变异;三大土类;耕地质量;山东

**中图分类号:**S158.5;S153.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2008)增刊-0310-05

## Nutrient Contents of Main Plough-land in Shandong Province and Their Analysis of Spatial Variability

ZHANG Ying-peng<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, YU Ren-qi<sup>2</sup>, SUN Ming<sup>1</sup>

(1. Soil and Fertilizer Institute, Shandong Academy of Agriculture Sciences, Jinan 250100, China;

2. Jiaozhou Agricultural Products Quality Supervision and Control Station, Jiaozhou 266300, China)

**Abstract:** Nutrient spatial status of three soils in Shandong Province were studied with GPS locating system. Results showed that organic matter contents were widely low in most plough-land of Shandong Province and N nutrients of most lands were deficient after wheat harvest. Although there were some media and high-P plough-lands, but the available P levels were absolutely low; K nutrients were supplied adequately in plough-land of Shandong Province and there was no deficiency of potassium. The main nutrient factors which affected quality of plough-land in Shandong Province were available phosphorus and available potassium, then organic matter and alkali-hydrolyzable nitrogen. pH value had the lowest effect on quality of plough-land but soil acidification should be paid more attention. Thus, the production of main plough-lands of Shandong Province can be kept to improve the fertilizer manners and modify the fertilizer ratio adjusting measures to local conditions.

**Key words:** Nutrient content; Spatial variability; Three soils; Quality of plough-land; Shandong province

耕地地力与质量一直是土壤科学研究的基本内容之一,近几年来我国各地相继开展了一些工作,取得了较多成果<sup>[1-5]</sup>。2005 年农业部在全国范围内开展了耕地地力调查与质量评价的试点工作,这对查清区域各类耕地的肥力及其环境质量状况、分析存在的问题、提出合理的建议与对策、改善农业生态环境、提高农产品质量、促进农业可持续发展,均具有十分重要的意义。

山东省是一个农业大省,大的土类共有 15 种,其中棕壤、褐土、潮土为山东省的主要土壤类型,三种土类约占土壤总面积的 68%。棕壤土类是山东的地带性土壤,主要分布在鲁东丘陵区,并在鲁中南山地丘陵区与褐土呈复域分布。土壤总面积 177.7 万  $\text{hm}^2$ ,占山东土壤总面积的 14.68%。褐土土类是山东的地带性土壤,主要分布在鲁中南山地丘陵区,与棕壤呈复域分布。褐土总面积 177.5 万  $\text{hm}^2$ ,占土

收稿日期:2008-06-30

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD25B06)

作者简介:张英鹏(1977-),男,山东烟台人,助理研究员,博士,主要从事作物营养与施肥、农业生态环境保护等方面的研究。

通讯作者:李彦(1970-),女,黑龙江肇源人,副研究员,博士,主要从事作物养分管理与农业环境保护等方面的研究。

壤总面积的 14.66 %。潮土土类广泛分布在鲁西北黄河冲积平原及鲁中南山地丘陵区的河流下游冲积平原,是山东省面积最大的土壤类型。潮土总面积 410.6 万  $\text{hm}^2$ ,占山东土壤总面积的 38.53 %。因此,了解山东耕地质量的现状就要对山东三大类土壤进行农田养分空间变化的综合调查与研究。

农田土壤养分的时空变化特性,除受成土母质、地形的影响外,种植作物、耕作、施肥和灌溉等人类活动因素对土壤养分的时空变异特性产生极其深刻的影响<sup>[6-13]</sup>。本研究以山东省的棕壤、褐土和潮土为调查对象,采用 GPS 系统定位在山东省各地市采集具有不同肥力水平、轮作方式相似的不同耕地土样研究土壤养分的时空变化情况,为指导合理施肥及研究提升耕地质量的关键技术提供理论依据。

表 1 土壤各养分含量的分级标准<sup>[15,16]</sup>

项目 Items		等级 Grades				
pH		酸性 Acidic	弱酸性 Weak acidic	中性 Neutral	弱碱性 Weak alkaline	碱性 Alkaline
		< 5.5	5.5 ~ 6.5	6.5 ~ 7.5	7.5 ~ 8.0	> 8.0
项目及含量 Items and contents		极低 Very low	低 Low	中 Medium	高 High	极高 Very high
有机质/ %Organic matter		< 1.0	1.0 ~ 2.0	2.0 ~ 3.0	3.0 ~ 4.0	> 4.0
碱解氮/ (mg/ kg) Alkali-N		< 30	30 ~ 70	70 ~ 130	130 ~ 160	> 160
速效磷/ (mg/ kg) Available P		< 5	5 ~ 10	10 ~ 24	24 ~ 60	> 60
速效钾/ (mg/ kg) Available K		< 40	40 ~ 80	80 ~ 150	150 ~ 200	> 200

1.3 数据分析

试验数据采用 Origin 8.0 进行各养分含量的频次分布分析。

2 结果与分析

2.1 主要农田各养分含量的分布情况

图 1 表明了 68 个供试土样的主要养分含量分布。调查的山东耕地 pH 值主要分布在 6.5 ~ 8.0,呈明显的正态分布,为中性和弱碱性,约有 51 个土样的 pH 值分布在这个范围,占总数的 75 %;土壤酸化的现象也比较严重,pH < 6.5 的土壤个数约有 13 个,呈弱酸性,占到调查土壤总数的 19 %左右,其中有个别土壤的 pH 值甚至低于 5.5,呈酸性,成为土壤的障碍因子。

根据土壤养分的分级标准,被调查的山东耕地中绝大部分土壤有机质属于中低水平。由有机质含量的频次分布图可知,有机质含量呈显著的正态分布,有机质含量 < 1 %的土样个数为 10 个,占总数的 14.7 %,有机质含量极低,亟待培肥地力;而中低水平有机质含量的土样数 (1.0 % OM < 3.0 %) 达 55 个,约占调查农田的 80.9 %;而有机质含量达到 3.0 %的土样数仅占总数的 4.4 %,说明山东的绝大部分耕地存在有机质含量普遍较低,耕地质量有待

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试土壤取自山东省不同地市的主要农用耕地,土壤类型为代表性的棕壤、褐土和潮土,其中褐土土样 30 个,棕壤土样 21 个和潮土土样 17 个,相关种植信息未给出。采用 GPS 系统定位,在麦收后取土,取耕层 0 ~ 20 cm 土壤,风干,磨细过筛,分析土壤的主要养分指标。

1.2 测试方法

取供试土壤测定 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾等营养指标,各养分的含量分级标准见表 1,具体测定方法参照李酉开<sup>[14]</sup>的方法。

进一步提高等问题。

由图 1 可知,碱解氮含量呈明显的正态分布。碱解氮含量在 30 ~ 70 mg/ kg 的土样个数为 50 个,约占总数的 73.5 %,属于较低水平;含量 70 mg/ kg 的土样数为 10 个,占 14.7 %,属于含量中等水平;而个别土壤的碱解氮含量低于 30 mg/ kg,含量极低。绝大部分土壤的氮在麦收后呈缺乏状态,土壤氮供应匮乏,在下季作物耕种前需供应氮肥。

调查土样的速效磷含量绝大部分集中在 0 ~ 20 mg/ kg 范围内,其中速效磷含量 < 10 mg/ kg 的土样数为 28 个,占总数的 41.2 %,属于低和极低的磷水平;而速效磷含量在 10 ~ 24 mg/ kg 的约有 26 个,占土样总数的 38.2 %,属于中等磷水平;而速效磷含量 > 24 mg/ kg 内的土样个数仅为 14 个,占总数的 20.6 %,属于高磷水平。因此,山东主要耕地土壤的供磷情况是中高磷含量的耕地占有一定比例,但土壤的有效磷水平整体偏低。

速效钾也是衡量土壤速效养分含量高低的一个重要指标。由图 1 可知,山东主要耕地的速效钾含量相对比较充足:经调查未发现速效钾含量属于极低水平,处于 40 ~ 80 mg/ kg 低水平的土样也仅有 9 个,占总数的 13.2 %;处于中等水平 (80 ~ 150 mg/ kg) 的土样 31 个,占调查土壤的 45.6 %;而速效

钾含量在 150 ~ 200 mg/ kg 的土样数为 16 个,占到 23.5 %,属于高钾水平;而处于钾极高水平 (> 200

mg/ kg) 的土样数为 12 个,占总数的 17.6 %。因此,山东耕地钾素供应充足,无缺钾情况。

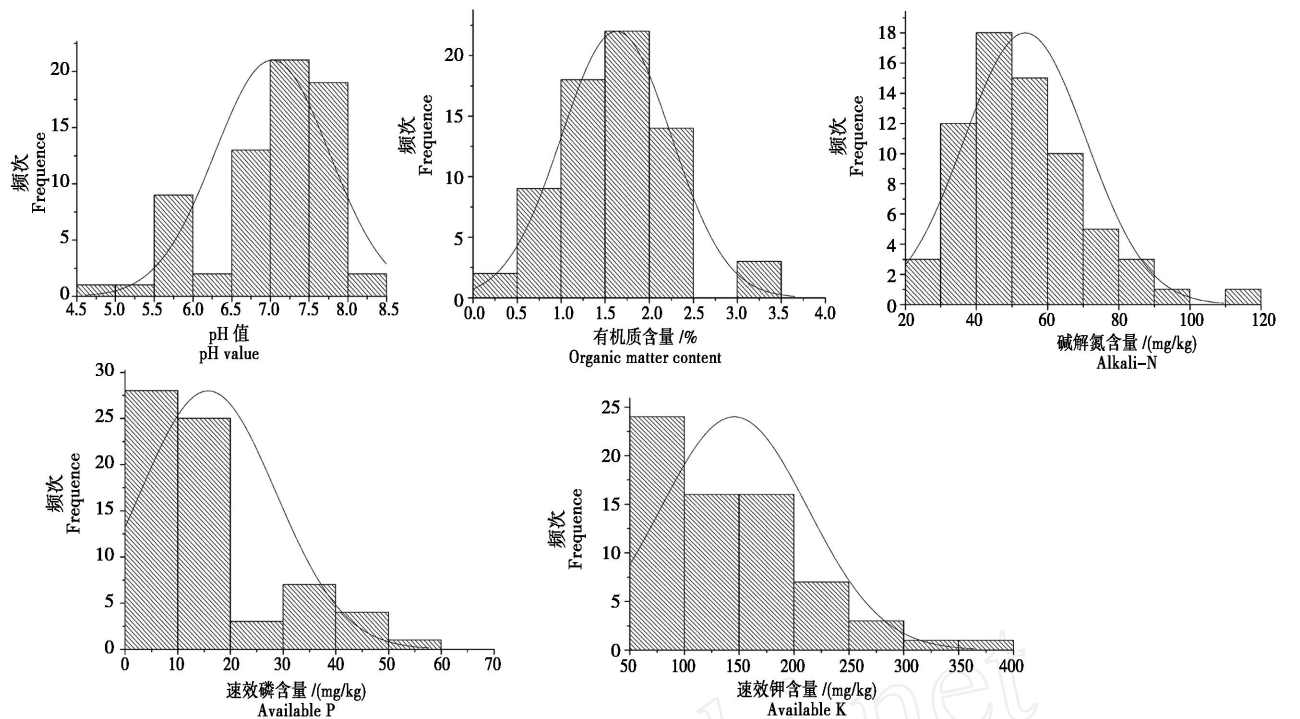


图 1 供试土壤主要养分的频次分布图

Fig.1 Frequency distribute figure of main nutrients of tested soils

2.2 棕壤农田各养分含量的空间变异分析

由表 2 可知,在被调查的 21 个棕壤土壤中,pH 值变化幅度在 5.6 ~ 7.9,整体偏酸性,这主要与山东棕壤土壤的成土母质性质有关<sup>[17]</sup>。变异系数为 10.09 %,说明 pH 值尽管偏低,但土壤间差异不大。有机质含量的变化幅度为 0.47 % ~ 1.99 %,随着土壤肥力水平的高低,呈现比较明显的差异,其变异系数达到了 35.77 %;棕壤的碱解氮含量绝大部分处于中低下水平,这可能跟棕壤的土质有关,供试土壤多为典型的酸性岩类棕壤,细砂含量高,且含较多的粗砂,所以质地较粗,通透性好<sup>[10]</sup>,但保水保肥能力较差,经过小麦一个生长期后,使得土壤本身固持的

碱解氮被消耗从而引起含量明显下降的缘故。土壤速效磷含量的变异系数最大为 86.86 %,变化范围也在 0.91 ~ 59.20 mg/ kg,含量变化在极低至高水平之间,这可能是由于不同地区的施肥措施不同造成的,这也是影响耕地质量高低的一个主要因素;土壤速效钾含量的变化范围在 55.35 ~ 283.46 mg/ kg,基本均属于中高钾供应水平,但由于不同地区不同肥力土壤对于小麦钾素供应的差异,变异系数达 50.16 %,也成为耕地质量高低的限制因子。在棕壤耕地土壤上,限制耕地质量高低的养分因子主要是有效磷,其次是速效钾,再是有机质和碱解氮,pH 值对棕壤耕地质量影响较小。

表 2 棕壤耕地的养分含量变化情况

Tab.2 Varied status of nutrient content of ploughland of brown soils

测试指标 Mesaure index	供试土壤个数 Number of tested soils	养分变化范围 Varied range of nutrients	平均值 Average value	变异系数/ % Coefficient of variation
pH 值	21	5.60 ~ 7.9	6.70	10.09
有机质/ %Organic matter	21	0.47 ~ 1.99	1.25	35.77
碱解氮/ (mg/ kg) Alkali-N	21	25.94 ~ 111.76	55.46	34.33
有效磷/ (mg/ kg) Available P	21	0.91 ~ 59.20	15.47	86.86
速效钾/ (mg/ kg) Available K	21	55.35 ~ 283.46	125.77	50.16

2.3 褐土农田各养分含量的空间变异分析

褐土 30 个耕地土样的养分变化情况见表 3。如棕壤土壤相似,pH 值仍是变异系数最小的养分因子,其变化范围在 4.7 ~ 7.6,尽管个别土样的 pH 值

可能限制了作物的正常生长,但大部分土壤的 pH 值为中性(平均值为 6.8),适合于主要作物的生长;褐土的有机质含量较高,平均值为 2 %,高于山东其他两种主要土壤;但由于褐土性耕地土层薄,砾石含

量较多,养分供给容量较小,因此土壤的碱解氮和有效磷在麦收后都需大量补充。此外,由于褐土所含碳酸盐的影响,增加了对磷的固定,影响了磷的有效性,这可能是褐土有效磷的变异系数较大的主要原因。速效钾含量则在中偏高水平,但变化范围也较

大,为 60.8 ~ 264.3 mg/kg,变异系数达 40.97%,也是各地耕地生产力存在差异的一个主要原因。因此,限制褐土质量高低的主要因子是速效磷,其次是速效钾,碱解氮和有机质次之,pH 值的影响则最低。

表 3 褐土耕地的养分含量变化情况

Tab.3 Varied status of nutrient content of ploughland of cinnamon soils				
测试指标 Mesaure index	供试土壤个数 Number of tested soils	养分变化范围 Varied range of nutrients	平均值 Average value	变异系数/ % Coefficient of variation
pH 值	30	4.7 ~ 7.6	6.8	9.94
有机质/ %Organic matter	30	1.3 ~ 3.5	2.0	26.03
碱解氮/ (mg/ kg) Alkali-N	30	28.5 ~ 98.1	56.2	33.00
有效磷/ (mg/ kg) Available P	30	2.0 ~ 48.8	17.0	81.30
速效钾/ (mg/ kg) Available K	30	60.8 ~ 264.3	137.6	40.97

2.4 潮土农田各养分含量的空间变异分析

被调查的潮土各养分含量变化如表 4 所示。由于山东省的潮土类型除非石灰性潮土和碱化潮土外,其他类型潮土呈中性至微碱性,其 pH 值均高于中性,供试土样的变化范围为 7.3 ~ 8.3,平均值为 7.8,变异不大;有机质的含量则可能由于各地耕作与管理的不同而差异较大,其有机质含量最低为 0.4%,最高为 2.3%,明显低于褐土的有机质含量,属于低中水平;潮土的碱解氮含量也属于较低水平,

这也与潮土的保肥能力略差有关,经过小麦一个生长期后,使得土壤本身固持的碱解氮被消耗而引起含量明显下降。被调查的潮土土样的速效磷含量大部分属于极低水平,平均值为 13.8 mg/kg,这与潮土所含碳酸钙有关,影响了磷的有效性。潮土速效钾的含量在 86.9 ~ 379.6 mg/kg,含量主要分布在中高水平,平均值为 183.6 mg/kg,属于钾供应的高水平。因此,影响潮土耕地质量高低的因素主要是有效磷和速效钾及有机质,再次是碱解氮和 pH 值。

表 4 潮土耕地的养分含量变化情况

Tab.4 Varied status of nutrient content of ploughland of fluvo-aquic soils				
测试指标 Mesaure index	供试土壤个数 Number of tested soils	养分变化范围 Varied range of nutrients	平均值 Average value	变异系数/ % Coefficient of variation
pH 值	17	7.3 ~ 8.3	7.8	2.67
有机质/ %Organic matter	17	0.4 ~ 2.3	1.4	39.03
碱解氮/ (mg/ kg) Alkali-N	17	28.5 ~ 67.5	47.1	20.80
有效磷/ (mg/ kg) Available P	17	3.5 ~ 41.2	13.8	77.05
速效钾/ (mg/ kg) Available K	17	86.9 ~ 379.6	183.6	42.29

2.5 施肥对策

2.5.1 缓解土壤酸化 在被调查土壤中已有部分土壤出现酸化现象,尽管所占比例不高。施用土壤酸度改良剂,如草木灰、石灰和石灰石粉,中和土壤酸度;减少生理酸性肥料的施用。

2.5.2 改善施肥措施 因地制宜,多形式、多途径增加有机肥料的投入,充分利用畜禽粪便,逐步开发有机肥新产品,增加耕地有机肥的施用量,充分发挥有机肥平衡供应养分和持续培肥耕地的作用。建立试验示范基地,为农业生产提供定点、定时、定量的“个性化”测土配方施肥技术服务。按作物布局 and 需肥规律,由生产通用型复混肥发展到针对具体作物、具体地类的专用型、系列型配方肥,改善肥料施用结构,提高肥料利用率。

低,绝大部分土壤的氮在麦收后呈缺乏状态,主要耕地土壤的供磷情况是中高磷含量的耕地占有一定比例,但土壤的有效磷水平整体偏低;耕地的钾供应情况是钾素供应充足,无缺钾情况。

在棕壤耕地土壤上,限制耕地质量高低的养分因子主要是有效磷,其次是速效钾,再是有机质和碱解氮,pH 值对棕壤耕地质量影响不大。

限制褐土质量高低的主要因子是速效磷,其次是速效钾,碱解氮和有机质次之,pH 值的影响则最低。

影响潮土耕地质量高低的因素主要是有效磷和速效钾及有机质,再次是碱解氮和 pH 值。

影响山东三大土类的耕地质量高低的主要养分因子是有效磷和速效钾,其次是有机质和碱解氮,pH 值影响最小,但土壤酸化现象不容忽视。

3 结论

山东的绝大部分耕地存在有机质含量普遍较

## 参考文献:

- [1] 叶细养,汤建东. 广东耕地地力调查与质量评价试点工作的成果及其应用展望[J]. 生态环境,2003,12(2):248 - 249.
- [2] 王瑞燕,赵庚星,李 涛. 山东省青州市耕地地力等级评价研究[J]. 土壤,2004,36(1):76 - 80.
- [3] 田晓兰,李念奎,张付新,等. 山东省嘉祥县 20 年来土壤养分水平变化[J]. 土壤,2005,37(3):225 - 344.
- [4] 孙瑞娟,王德建,林静慧. 太湖流域土壤肥力演变及原因分析[J]. 土壤,2006,38(1):106 - 109.
- [5] 鲁明星,贺立源,吴礼树. 我国耕地地力评价研究进展[J]. 生态环境,2006,15(4):866 - 871.
- [6] 郑德明,姜益娟,柳维扬. 新疆棉田土壤速效养分的时空变异特征研究[J]. 棉花学报,2006,18(1):23 - 26.
- [7] 李 娟,林 琼,陈子聪,等. 闽东南耕地土壤硫素平衡及有效硫丰缺状况研究[J]. 华北农学报,2008,23(增刊):178 - 181.
- [8] 黄德明. 我国农田土壤养分肥力状况及丰缺指标[J]. 华北农学报,1988,3(2):46 - 53.
- [9] 赵同科,王丽英,刘 微. 河北省土壤肥料科学回顾与展望[J]. 华北农学报,2003,18(院庆专辑):20 - 23.
- [10] 张俊英,赵同科,许永利. 氮肥施用与环境质量[J]. 2002,17(增刊):223 - 229.
- [11] 刘树亭. 黑龙江流域土壤资源分类系统初探[J]. 华北农学报,1999,14(增刊):117 - 125.
- [12] 姚炳贵,陈真元,张 红,等. 天津市主要类型土壤氮磷钾经济合难用量和适宜配比的研究[J]. 华北农学报,1996,1(2):70 - 79.
- [13] 李红伟,邢维芹,李立平. 不同尺度土壤性质空间变异研究进展[J]. 河南农业科学,2006(11):5 - 8.
- [14] 李酉开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,1983:67 - 115;166 - 169.
- [15] 郭宗祥,左其东,李 梅,等. 江苏省太仓市耕地地力调查与质量评价. 土壤 pH、有机质、全氮、有效磷、速效钾和 CEC 的变化[J]. 土壤,2007,39(2):318 - 321.
- [16] 张玉铭,毛任钊,胡春胜,等. 太行山前平原土壤养分分布特征与肥料精准管理研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(4):116 - 120.
- [17] 山东省土壤肥料工作站. 山东土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1994:85 - 89;186 - 190.

www.cnki.net