

鲁中南丘陵区与华北平原过渡地带土壤 pH值演变特征及调控

——以曲阜市为例

李晶^{1*}, 陈亮², 比拉力·哈依拜尔³, 薄怀志⁴, 李文庆⁵, 徐保民¹

¹济宁市农业技术推广中心, 山东 济宁

²济宁曲阜市农业技术推广中心, 山东 济宁

³济宁市农业农村局, 山东 济宁

⁴山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 济宁

⁵山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安

收稿日期: 2023年2月28日; 录用日期: 2023年3月30日; 发布日期: 2023年4月6日

摘要

明确土壤pH值在鲁中南山地丘陵区向华北平原过渡带典型区域的演变特征, 对精准制定耕地质量提升及科学施肥技术策略具有重要指导意义。本文以山东省曲阜市为例, 研究了其土壤pH值分布现状及演变特征。结果表明: 1) 2020年全市土壤pH平均值6.63, pH值变幅在4.38~8.54之间, 已出现中强酸性、强酸性和碱性土壤; 2) 自第二次土壤普查以来, 全市耕地[6.5, 7.5]中性区间土壤占比锐减, 由95.00%降低至36.62%, 偏酸性和偏碱性土壤占比均大幅增加, pH值两极分化趋势明显; 3) 对全市12个镇(街)的pH值不同区间分布占比进行聚类分析为三类, 并针对性提出耕地质量提升及科学施肥调控技术措施。

关键词

土壤, pH值, 演变, 调控

Soil pH Value Evolution Characteristics and Regulation in the Transitional Area between Hilly Area of Central-South Shandong Province and North China Plain

—Taking Qufu City as an Example

Jing Li^{1*}, Liang Chen², Hayibaier·Bilali³, Huaizhi Bao⁴, Wenqing Li⁵, Baomin Xu¹

*通讯作者。

文章引用: 李晶, 陈亮, 比拉力·哈依拜尔, 薄怀志, 李文庆, 徐保民. 鲁中南丘陵区与华北平原过渡地带土壤 pH 值演变特征及调控[J]. 土壤科学, 2023, 11(2): 27-34. DOI: 10.12677/hjss.2023.112004

¹Jining Agricultural Technology Extension Center, Jining Shandong

²Qufu Agricultural Technology Extension Center, Jining Shandong

³Jining Municipal Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Jining Shandong

⁴Shandong Province Lunan Geology and Exploration Institute, Jining Shandong

⁵College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong

Received: Feb. 28th, 2023; accepted: Mar. 30th, 2023; published: Apr. 6th, 2023

Abstract

In order to improve the cultivated land quality and to provide scientific basis for fertilization technique, the evolution characteristics of soil pH value in the transitional area between hilly area of Central-South Shandong Province and North China Plain were studied. Utilizing Qufu's soil pH value as an example, the distribution status and evolution characteristics were analyzed. The results showed that: 1) The citywide pH value average was 6.63 in 2020, the changing range was about 4.38 to 8.54, medium-strong acidic, strongly acidic and alkaline soil appeared; 2) Proportion of (6.5, 7.5] neutral interval showed a rapid decrease from 95.00% to 36.62% since the Second National Soil Survey, and the proportion of acidic and alkaline soil increased greatly, which showed an obvious two-polarization tendency; 3) The proportion of different intervals distribution of 12 towns were classified into three major groups by cluster analysis, and proposed several pieces of pertinence suggestion on the cultivated improvement and fertilization technique technology.

Keywords

Soil, pH Value, Evolution, Regulation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

曲阜位于鲁中南山地丘陵区向华北平原过渡地带, 因其地形条件多变, 土壤类型多样, 随着高强度的种植模式和施肥习惯差异、栽培技术优化等多种因素的影响, 不同区域、不同类型土壤的理化性状已发生显著改变, 且存在较大差异。土壤 pH 值是土壤理化性状和肥力的综合反映[1] [2], 与土壤中养分的形成、转化和有效性, 作物生长发育及产量和品质的形成密切相关[3] [4], 是制定耕地质量提升与科学施肥技术的重要依据。平原 - 丘陵过渡区具有特殊的地形地貌特征, 该区域的地形条件多变、土壤分布规律及其时空演变特征复杂, 现代化工业和农业迅猛发展, 人为活动频繁, pH 变化明显, 并具有高度的空间异质性[5]。研究该区域土壤 pH 值分布特征及演变规律进行系统评估, 对于制定适用于不同区域、不同类型土壤的区域性耕地质量提升与科学施肥技术体系具有重要意义。本文以曲阜市 2020 年耕地质量提升与化肥减量增效项目土样检测数据为基础, 开展全市不同地区、不同土壤类型、不同分级指标等空间分布及变化规律研究; 并与历史数据(第二次全国土壤普查结果、2006 年测土配方施肥土壤检测数据)进行对比, 掌握分布规律及近 40 年来全市 pH 值演变规律, 更进一步为精准制定区域性耕地质量提升和科学施肥技术策略提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

曲阜市地理坐标为东经 116°51'~117°13', 北纬 35°29'~35°49', 位于鲁中南山区的边缘, 属太沂蒙山前冲积扇的中上部。东、东南、北三面环山, 东北部为太沂蒙山地的边缘, 中部为泗河、沂河的冲积平原。境内山丘与平原之比为 3:7, 百余座山头绵亘在东、北、南三面边境线上, 群山内侧散布着几十个大小不等的阜丘, 中西部为大片的肥田沃土, 构成了东北高、西南低的基本地势。境内有泗、沂、蓼、险四大季节性河流流经本市, 又有泰山、沂蒙山和泗水的部分河水经本市流入南四湖, 地形复杂, 土壤类型多样。依据曲阜市第二次土壤普查划分标准, 目前主要分布着棕壤、褐土、砂姜黑土四种土壤类型。曲阜市属暖温带季风性大陆气候, 四季分明, 各季节间光、热、水资源分配不均, 夏季降雨集中, 气温较高。下辖 4 个街道、8 个镇: 鲁城街道、书院街道、时庄街道、小雪街道、吴村镇、姚村镇、陵城镇、尼山镇、息陬镇、王庄镇、石门山镇、防山镇。

2.2. 数据来源

本研究对比分析了曲阜市 1980 年、2006 年和 2020 年 3 个时期的农田土壤 pH 值变化趋势。1980 年土壤 pH 值数据来源于第二次土壤普查; 2006 年土壤 pH 值数据来源于农业部测土配方施肥土壤检测数据; 2020 年土壤 pH 值数据来源于曲阜市 2020 年耕地质量提升与化肥减量增效项目土样检测数据。

2020 年在曲阜市共设置 254 个调查样点, 兼顾土壤类型、行政区划、地貌类型、地力水平等因素, 采用“网格 + 随机”相结合, 在整个县域范围内采集了耕层土壤(0 cm~20 cm)的土样。土样选取 0 cm~20 cm 表层土壤, 土壤点位数据采用 GPS 定位技术定位, 每个取样点的土壤样品由多个点混合经四分法提取而成。采集的土壤样品在实验室风干后, 采用双电极法测定土壤样品的 pH 值。

2.3. 数据分析

利用 Excel 2013 进行数据整理, 利用 SPSS 24.0 软件对计分析, 采用欧氏距离对各镇(街)土壤 pH 值不同区间占比进行聚类分析, 并输出树状图。

3. 土壤 pH 值分布现状及演变趋势

参考《山东耕地》[6] pH 等级划分标准, 根据山东土壤酸碱状况, 将全省土壤划分为强酸性、中强酸性、酸性、弱酸性、中性、弱碱性和碱性 7 个等级(表 1)。

Table 1. Graded standards of plow layer soil pH in Shandong Province

表 1. 山东省耕层土壤 pH 分级标准

| 级别 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|----------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| 范围 | pH ≤ 4.5 | 4.5 < pH ≤ 5 | 5 < pH ≤ 5.5 | 5.5 < pH ≤ 6.5 | 6.5 < pH ≤ 7.5 | 7.5 < pH ≤ 8.5 | pH > 8.5 |
| 酸碱性的 | 强酸性 | 中强酸性 | 酸性 | 弱酸性 | 中性 | 弱碱性 | 碱性 |

3.1. 土壤 pH 值现状

2020 年, 曲阜市土壤 pH 平均值 6.63, pH 值变幅在 4.38~8.54 之间。图 1 可见, (6.5, 7.5] 中性区间占比最高, 为 36.62%; 其次为(5.5, 6.5] 弱酸性区间和(7.5, 8.5] 弱碱性区间, 占比分别 30.71% 和 20.47%, 出现酸性、中强酸性、强酸性土壤, 占比分别为 9.45%、1.75%、0.21%; 碱性土壤占比 0.79%。

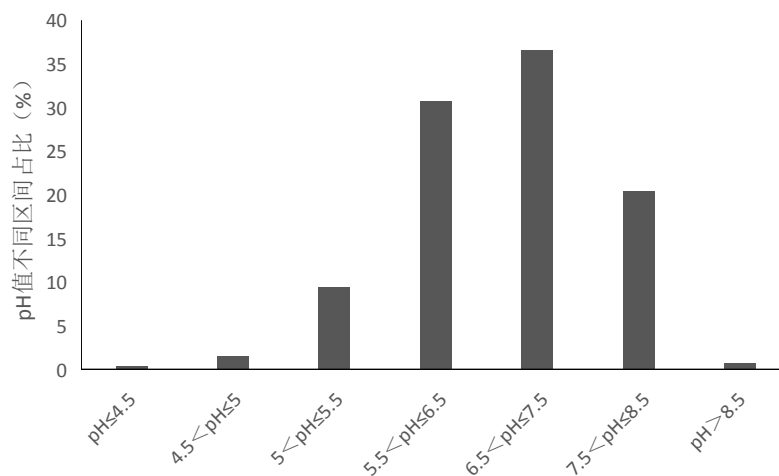


Figure 1. Proportion of different ranges of pH value (%)

图 1. pH 值不同区间占比(%)

3.2. 不同类型土壤 pH 平均值变化

图 2 可见, 自第二次土壤普查以来的 40 年间, 曲阜市不同类型土壤 pH 平均值演变规律存在显著差异。第二次土壤普查时, 全市主要类型土壤 pH 值由高到低为: 砂姜黑土 > 褐土、潮土 > 棕壤。至 2020 年, 曲阜市不同土壤类型 pH 值由高到低演变为: 潮土 > 砂姜黑土 > 褐土 > 棕壤。其中潮土 pH 值最高为 7.16, 其次为砂姜黑土、褐土, 棕壤最低, 降低至 5.34; 不同类型土壤 pH 最高值与最低值相差了 1.82 个单位。除潮土 pH 平均值略有升高; 其余类型土壤均呈下降趋势, 其中, 棕壤 pH 值变动幅度最大, 降低了 1.16 个单位; 其次为褐土和砂姜黑土, 分别降低了 0.48 和 0.45 个单位。

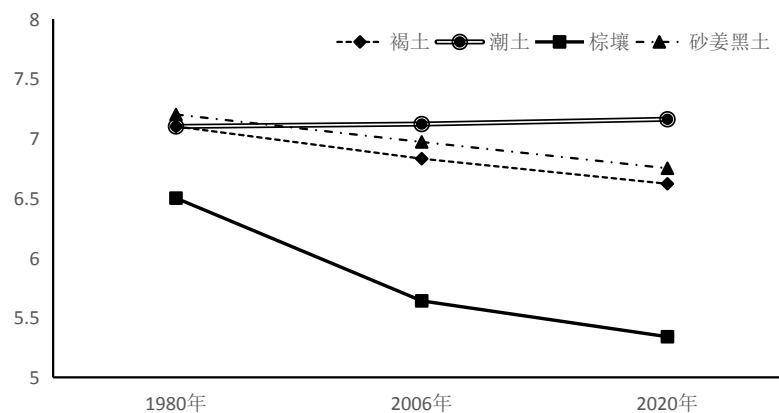


Figure 2. Soil pH values of different types of soils in different years

图 2. 不同类型土壤不同年份耕层土壤 pH 值

3.3. pH 值不同区间占比变化趋势

将曲阜市第二次全国土壤普查结果分别与测土配方施肥项目土样检测数据(2006 年)、耕地质量提升与化肥减量增效项目(2020 年)土样检测数据比较分析(表 2), 结果表明, 40 年来全市耕地(6.5, 7.5]区间中性土壤面积逐渐减少, pH 值两极分化趋势明显。依据《山东耕地》[6] pH 等级标准, 曲阜市第二次土壤普查时, 全市约 95.00% 的土壤 pH 值分布在(6.5, 7.5]中性区间, 仅有 5.00% 的土壤分布在(5.0, 6.5]微酸性区间。2006 年, (6.5, 7.5]中性区间占比降低至 57.84%, 弱酸性区间占比升高至 25.05%, 弱碱性区间占比

升高至 13.74%，出现酸性、中强酸性和碱性土壤，占比分别为 2.75%、0.19% 和 0.38%。至 2020 年，(6.5, 7.5] 中性区间占比降低至 36.62%，弱酸性区间占比升高至 30.71%，弱碱性土壤占比 20.47%，酸性、中强酸性、强酸性和碱性土壤，占比分别升高至 9.45%、1.75%、0.21% 和 0.79%。从土壤酸碱性分级占比演变趋势看，中性土壤面积占比变动幅度最大，降低了 58.38%；其次为弱酸性土壤，占比升高了 25.71%；弱碱性土壤占比升高了 20.47%；酸性土壤占比升高至 9.45%；中强酸性、强酸性和碱性土壤为零星分布。

Table 2. The change trend of the proportion of different intervals of soil pH value (%)

表 2. 土壤 pH 值不同区间占比变化趋势(%)

| | pH ≤ 4.5 | 4.5 < pH ≤ 5 | 5 < pH ≤ 5.5 | 5.5 < pH ≤ 6.5 | 6.5 < pH ≤ 7.5 | 7.5 < pH ≤ 8.5 | pH > 8.5 |
|--------|----------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| | 强酸性 | 中强酸性 | 酸性 | 弱酸性 | 中性 | 弱碱性 | 碱性 |
| 1980 年 | 0 | 0 | 0 | 5.00 | 95.00 | 0 | 0 |
| 2006 年 | 0.05 | 0.19 | 2.75 | 25.05 | 57.84 | 13.74 | 0.38 |
| 2020 年 | 0.21 | 1.75 | 9.45 | 30.71 | 36.62 | 20.47 | 0.79 |

4. 各镇(街)耕地土壤 pH 值现状聚类分析

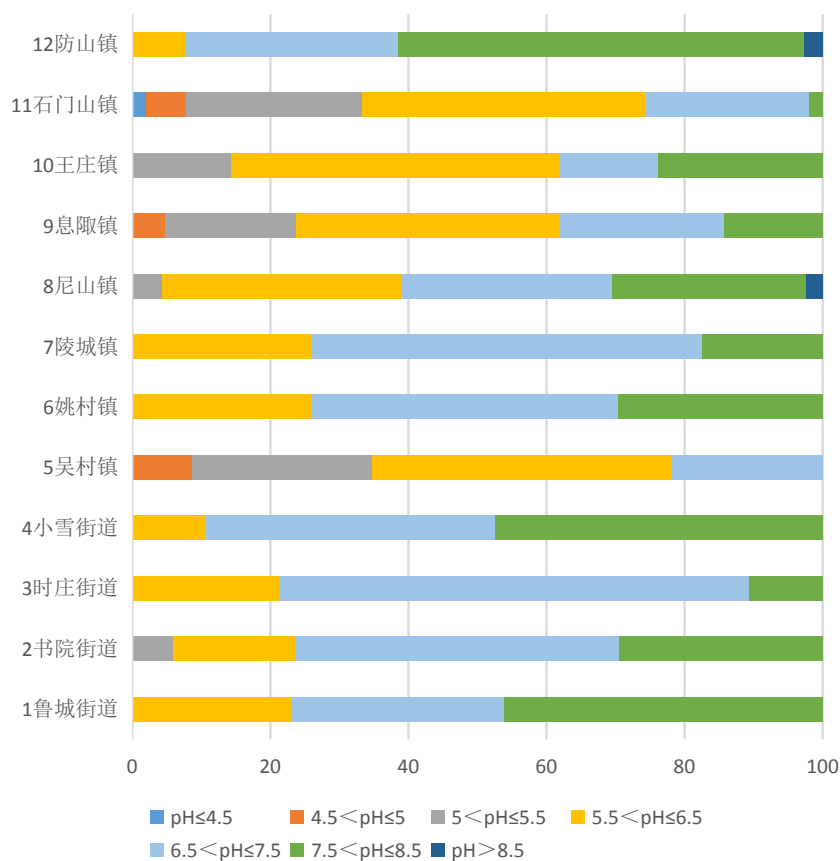
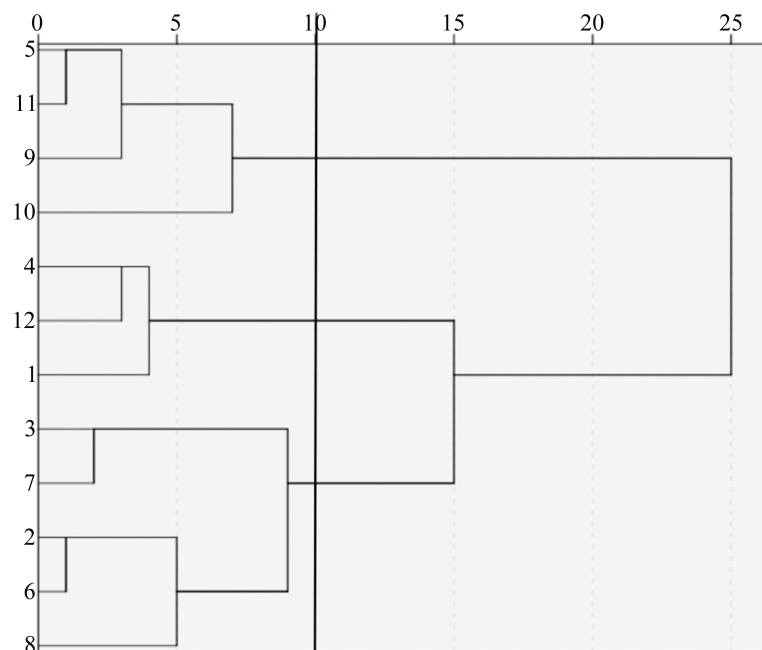


Figure 3. The proportion of soil pH value intervals in different towns (streets)

图 3. 不同镇(街)土壤 pH 值区间占比

以各镇(街)土壤 pH 值不同区间占比(图 3)作为评价指标，以平方欧氏距离对全市 12 个镇(街道)耕地 pH 值区间占比现状进行系统聚类，见图 4。



1) 鲁城街道; 2) 书院街道; 3) 时装街道; 4) 小雪街道; 5) 吴村镇; 6) 姚村镇; 7) 陵城镇; 8) 尼山镇; 9) 息陬镇; 10) 王庄镇; 11) 石门山镇; 12) 防山镇

Figure 4. Systematic clustering diagram of pH value distribution in different towns (streets)

图 4. 不同镇(街) pH 值分布现状系统聚类图

从系统聚类图来看, 从 10 处, 可将不同镇(街道)聚类为 3 类, 第一类区域弱酸性区间占比最高, 包括吴村镇、息陬镇、王庄镇和石门山镇; 第二类区域弱碱性区间占比最高, 其次为中间区间, 包括鲁城街道、小雪街道、防山镇; 第三类区域中性区间仍有较高占比, 弱酸性和弱碱性区间均有分布, 包括书院街道、姚村镇、尼山镇、时庄街道和陵城镇。

5. 讨论

为便于制定适用于曲阜市复杂地形和多种土壤类型的耕地质量提升和科学施肥策略, 本研究对不同镇(街) pH 值分布特征进行聚类分析, 将不同镇(街道)聚类为 3 类。其中, 第一类区域为已出现的中强酸性、强酸性土壤主要分布区, 第二类区域碱化、弱碱化现象最为显著, 第三类区域 pH 值中性土壤仍有较高占比, 弱酸性和弱碱性土壤均有一定占比。土壤 pH 时空演变是极其复杂的过程, 不同类型土壤的酸碱缓冲性能具有显著差异, 且不同立地条件下土壤 pH 变化主导因素也不尽相同[7]。依据曲阜市地形地貌、土壤分类分布、水文水利条件、气候特征、种植模式、施肥习惯等, 对曲阜市土壤 pH 值差异性演变原因分析如下:

酸化原因: (1) 降雨量大且集中, 导致钙、镁、钾等碱性盐基大量流失: 曲阜市常年降雨量为 666.3 mm, 且相对集中在 6~8 月, 降水量约占全年总降水量的 66.1%, 且 6~8 月气温高, 加剧了降水淋溶作用。(2) 有机质含量偏低: 曲阜处于 1 年两熟区, 复种指数高, 无倒茬休耕时间, 且农业废弃物肥料化利用率偏低, 有机物料资源不足, 常年耕种“卫生田”, 土壤有机质含量普遍偏低。近几年秸秆还田、有机肥部分替代化肥等技术的大面积推广, 全市土壤有机质平均含量呈逐年升高趋势, 但 ≤ 15 g/kg 含量区间仍有较高占比, 尤其低山丘陵区坡麓梯田的土壤有机质仍大面积处于极低水平, 土壤 pH 缓冲能力弱, 加速了土壤酸化进程。(3) 化肥施用量过大, 偏施氮肥: 曲阜市 2019 年化肥折纯总量为 25,235 吨, 其中纯 N 5894 吨、 P_2O_5 1894 吨、 K_2O 2098 吨、复合肥 15,350 吨, 高浓度氮、磷、钾三元复合肥投入比例居高不下,

偏施氮肥现象依然普遍。 NH_4^+ 常年过量进入土壤,最终造成土壤 H^+ 增加,使土壤胶粒中的钙、镁等碱基元素很容易被氢离子置换,加速土壤pH值下降进程。

目前已出现的中强酸性、强酸性土壤,主要分布在第一类区域(曲阜市北部的吴村镇、王庄镇和石门山镇),因该区地处太沂蒙山地的边缘,石门山镇、吴村镇东南部和王庄镇大部分,普遍存在土体构型差问题,加之棕壤与淋溶褐土成复区存在,耕层浅薄,有机质含量偏低,酸碱缓冲性能较弱[8],水肥流失严重,高强度轮作和化肥过量施用导致其酸化进程加速[9][10]。息陬镇零星出现的酸性与中强酸性土壤,主要分布在夏宋和元疃附近,推测因该区多为砂地,有机质含量极低,加之常年过量施肥导致土壤快速酸化。

弱碱性土壤的大面积出现,则推测与次生盐渍化有关。除吴村镇和石门山镇,其余各镇(街)均出现弱碱性土壤,因其大部分分布在泗河、沂河的冲积平原,多为潮土和潮褐土,本身抵制酸碱变化的缓冲性能强于棕壤、褐土等其他地带性土壤,加之常年大量施用化肥,土壤含盐量不断增加,犁底层的加厚上移,导致盐分不能淋溶下渗到土壤深层,水分蒸发后表层土壤长期处于盐分积累状态,出现次生盐渍化[11]。其中第三类区域三个镇街(鲁城街道、小雪街道、防山镇)土壤弱碱化现状最为突出,推测因其地势低洼,受境内泗、沂河等河流的影响,以及矿区塌陷地发展,潜水位升高,导致土壤出现大面积次生盐渍化,土壤pH值呈逐年升高的趋势。

综上所述,各镇(街)pH值分布特征的聚类分析结果与曲阜市地形地貌、土壤分类分布、水文水利条件分布规律基本一致,表明分析结果合理,可作为区域性耕地质量提升和科学施肥技术策略制定的参考依据。

6. 结论

(1) 1980~2020年,曲阜市耕地土壤pH值演变趋势总体表现为中性区间占比锐减,pH值两极分化现象日趋明显。

(2) 不同类型土壤pH值演变特征出现较大差异:潮土pH平均值呈升高趋势,棕壤、褐土、砂姜黑土pH值均呈下降趋势,其中,棕壤pH值降幅最高。

(3) 目前已出现的中强酸性、强酸性土壤主要分布在太沂蒙山地边缘的吴村镇、王庄镇和石门山镇,息陬镇有零星分布;鲁城街道、小雪街道、防山镇弱碱化现象普遍。

7. 对策

(1) 土壤酸化重点区域耕地质量提升及科学施肥建议:第一类区域应重点推广钙镁磷肥等碱性肥料改良酸化土壤,引导农民增施有机肥,推动有机无机结合,推广微生物肥、秸秆还田、机械深施等新型肥料与技术。

(2) 次生盐渍化易发区域耕地质量提升及科学施肥建议:第三类区域(鲁城街道、小雪街道、防山镇)和第二类区域(书院街道、姚村镇、尼山镇、时庄街道和陵城镇)的河漫滩及背河洼地、水库周边、矿区塌陷地段,此区域主要种植小麦、玉米粮食作物,建议大力推广专用肥、配方肥和有机无机复混肥等新型肥料,加强小麦水肥耦合、氮肥后移和“一喷三防”全程配套,提升玉米种肥同播作业质量。重点推行小麦、玉米秸秆还田技术,对于存在冬春季返盐区域,建议推广秸秆深埋还田技术(埋深20 cm~25 cm)、地膜或秸秆覆盖栽培技术等,可有效阻滞春季盐分表聚,缓解pH值逐年升高问题。

基金项目

济宁市重点研发项目(2021NYNS023);济宁市现代农业产业发展土壤修复创新团队项目。

参考文献

- [1] 梁颂捷, 林毅, 朱其清, 等. 福建植烟土壤 pH 值与土壤有效养分的相关性[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(1): 25-27.
- [2] 郭治兴, 王静, 柴敏, 等. 近 30 年来广东省土壤 pH 值的时空变化[J]. 应用生态学报, 2011, 22(2): 425-430.
- [3] 林毅, 梁颂捷, 朱其清. 三明烟区土壤 pH 值与土壤有效养分的相关性[J]. 烟草科技, 2003(6): 35-37.
- [4] 周娟, 袁珍贵, 郭莉莉, 等. 土壤酸化对作物生长发育的影响及改良措施[J]. 作物研究, 2013, 27(1): 96-102.
- [5] 杜佩颖, 张海涛, 郭龙, 等. 平原丘陵过渡区土壤有机质空间变异及其影响因素[J]. 土壤学报, 2018, 55(5): 1286-1295.
- [6] 山东省土壤肥料总站. 山东耕地[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.
- [7] 李涛, 于蕾, 万广华, 等. 近 30 年山东省耕地土壤 pH 时空变化特征及影响因素[J]. 土壤学报, 2021, 58(1): 180-190.
- [8] 王志刚, 赵永存, 廖启林, 等. 近 20 年来江苏省土壤 pH 值时空变化及其驱动力[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 720-727.
- [9] 李永梅, 杜彩琼, 林春苗, 等. 铵态氮肥施入土壤中的转化[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(1): 26-29.
- [10] 韩天富, 柳开楼, 黄晶, 等. 近 30 年中国主要农田土壤 pH 时空演变及其驱动因素[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(12): 2137-2149.
- [11] 李晶, 殷碧秋, 陈宪信, 等. 鲁西南蒜区耕地质量提升及养分高效管理问题与建议[J]. 中国农技推广, 2020, 36(5): 56-58.