

华北地区典型农田土壤有机质和养分的空间异质性

郑昊楠¹, 王秀君^{1*}, 万忠梅², 卢同平¹, 石慧瑾¹, 李娟茹³

(1. 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院, 北京 100875; 2. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 3. 石家庄市农业技术推广中心, 河北 石家庄 050051)

摘要: 华北平原是我国重要的粮食生产基地, 研究华北平原土壤有机质及养分的丰缺状况对于区域农业生态系统的可持续性发展具有重要意义。本研究选取华北平原典型农田, 通过设置北线、中线、南线 3 条研究线路, 在省域尺度上研究土壤有机质和养分空间异质性及平衡状况。结果表明, 研究区域内土壤有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾平均含量分别为 14.0 ± 3.5 g/kg、 0.98 ± 0.28 g/kg、 76.6 ± 21.6 mg/kg、 18.6 ± 9.9 mg/kg、 136.1 ± 42.7 mg/kg, 除全氮和有效磷外, 有机质及其余养分在不同线路间无显著差异。有效磷在靠近黄河、土壤 pH 值较高的南线上显著偏低。土壤有机质及养分均为中等程度变异, 有效磷的变异系数 (47.8%) 显著高于有机质及其余土壤养分 (24.3% ~ 31.6%)。土壤碳氮比介于 4.2 ~ 14.3 间, 平均为 8.6, 低于全国平均水平。土壤有机质和各养分均较 1980 年有所增加, 主要原因可能是华北平原长期以来投入了大量的有机、无机肥。华北平原农田配方施肥应该考虑增施有机肥、减少氮素化肥的投入。

关键词: 土壤有机质; 土壤养分; 土壤 C/N; 养分平衡; 空间异质性

粮食安全是关系国计民生的重大问题, 而粮食产出的数量和质量则较大程度上决定于土壤的肥力水平尤其是养分状况。土壤肥力是反映土壤肥沃性的一个重要指标, 能够衡量土壤提供作物生长所需的各种养分的能力, 是农业可持续发展的基础^[1-2]。因此, 明确农田土壤养分的丰缺及平衡状况, 对于合理调控土壤肥力, 实施精准施肥, 提高土地生产力至关重要。

华北平原是我国重要的粮食生产基地, 根据国家统计局发布的统计调查显示^[3], 华北平原耕地总面积约 2.2×10^7 hm², 占我国耕地总面积的 18.4%, 粮食总产量约 1.4×10^8 t, 占我国粮食总产量的 23.1%, 单位面积产量较高。促进华北平原农业生态系统的可持续发展对于维护国家粮食安全稳定具有重要的战略意义。

长期以来, 相关学者致力于华北平原典型农田的土壤养分空间分布的特征、肥力状况以及影

响因素的有关研究。例如张贝尔等^[4]以山东省禹城市为例, 论述了近 30 年来华北平原的土壤肥力质量时空演变情况, 并说明了当前人为管理因素对农田土壤养分空间分布的影响程度处于主要地位; 张玉铭等^[5]以栾城县为例, 采用通径分析方法, 剖析了各土壤养分对提高玉米产量的相对重要性, 分析出碱解氮对玉米产量的直接作用最强, 而有效磷和速效钾较弱。王红娟^[6]详细阐述了我国北方粮食主产区 (华北平原和东北平原) 土壤养分分布特征, 针对华北平原提出了采用稳定氮肥、控制或减少施用磷肥、增施钾肥的培肥模式。但多数研究以市域、县域或自然区划等空间尺度为主, 鲜有寻求省级行政水平上土壤养分肥力最佳调控手段的研究。本文以河北省典型农田为研究对象, 参照该区域之前有关土壤有机质特性研究的采样布线原则^[7], 选取北线、中线、南线 3 条采样线路, 并在南北、东西方向上横跨了较大的空间距离, 运用方差分析和相关分析等统计学研究方法, 旨在探究省域尺度上土壤有机质和主要养分指标 (全氮、碱解氮、有效磷、速效钾) 的空间变异特征, 以期对河北省高产农区耕地质量全面、持续提升及农业持续发展提供理论依据。

收稿日期: 2018-04-16; 录用日期: 2018-07-08

基金项目: 北京师范大学引进人才科研项目“黄河流域土壤及沉积物有机、无机碳时空演变规律及驱动机制”。

作者简介: 郑昊楠 (1995-), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 硕士研究生, 主要从事农田养分及碳循环研究。E-mail: zhenghn2213@163.com。

通讯作者: 王秀君, E-mail: xwang@bnu.edu.cn。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

研究区域位于河北省中南部,地处华北平原腹地,位于 $36.7 \sim 38.1^{\circ} \text{N}$, $114.4 \sim 116.8^{\circ} \text{E}$ 之间(图1),横跨河北省石家庄、沧州、衡水、邢台、邯郸5个城市,具有典型的华北平原地形地貌特征,以河流冲积形成的冲积平原、冲积扇为主,坡度小,地势低平,大部分区域海拔在50 m

以下,土壤类型为潮土、褐土、浅色草甸土等。研究区属暖温带大陆性季风气候,四季分明,雨热同期,年降水量约550 mm,且多集中在夏季,年均气温 15°C 左右,气温年差较大,作物活动积温在 $4\,500 \sim 5\,000^{\circ} \text{C}$ 间^[8-9]。农业区耕地利用方式以旱作为主,主要耕作制度为一年两熟或二年三熟,粮食作物以小麦、玉米为主,主要经济作物有棉花和花生,是我国重要的粮食生产基地。

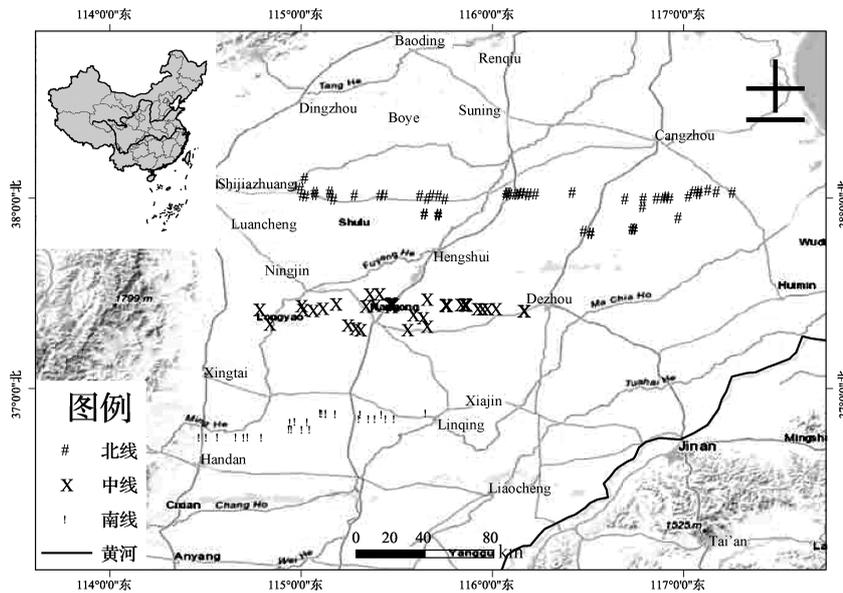


图1 研究区域及样点布 设

1.2 样点分布及数据来源

研究区域中设置北线($n=55$)、中线($n=44$)、南线($n=28$)3条线路(图1),各样点均为耕层土壤样,采样深度为 $0 \sim 20 \text{ cm}$,样地均以小麦-玉米轮作制度为主。土壤理化性质及肥力指标来源于河北省土肥站提供的区域测土配方施肥数据,各指标测定方法如下,土壤有机质采用重铬酸钾氧化-滴定法,土壤全氮采用凯氏定氮法,土壤碱解氮采用碱解扩散法,土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法,土壤速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法来测定。本次研究中所涉及的粮食产量、耕地面积以及化肥使用量等数据来自于中国农村统计年鉴。

1.3 数据处理

运用Excel 2016和SPSS 19.0进行数据统计分析,通过箱形图法去除数据中的异常值,运用单因素方差分析(ANOVA),LSD多重比较分析不同线

路上各土壤养分含量分布的差异显著性,应用相关性分析模块(Pearson检验法)讨论各土壤养分间的相关性;运用SigmaPlot 12.5和ArcGIS 10.1软件进行绘图处理。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质和养分的统计特征分析

研究区域内,土壤有机质及养分在南北方向上分散程度存在一定差异(图2),其中全氮和碱解氮在南线和北线的变化范围要明显小于中线,南线中的有效磷在东西方向上变化差异较小,且其变化范围要小于北线和中线,有机质和速效钾在3条线路上的范围变化无明显差异。在中线上 $115.5 \sim 115.75^{\circ}$ 的范围内,各养分的含量值分布范围普遍较小,而在北线和南线中无此特征,不同线路中,土壤有机质及各养分在东西方向上其含量值均存在一定波动,但幅度较小且无明显变化。

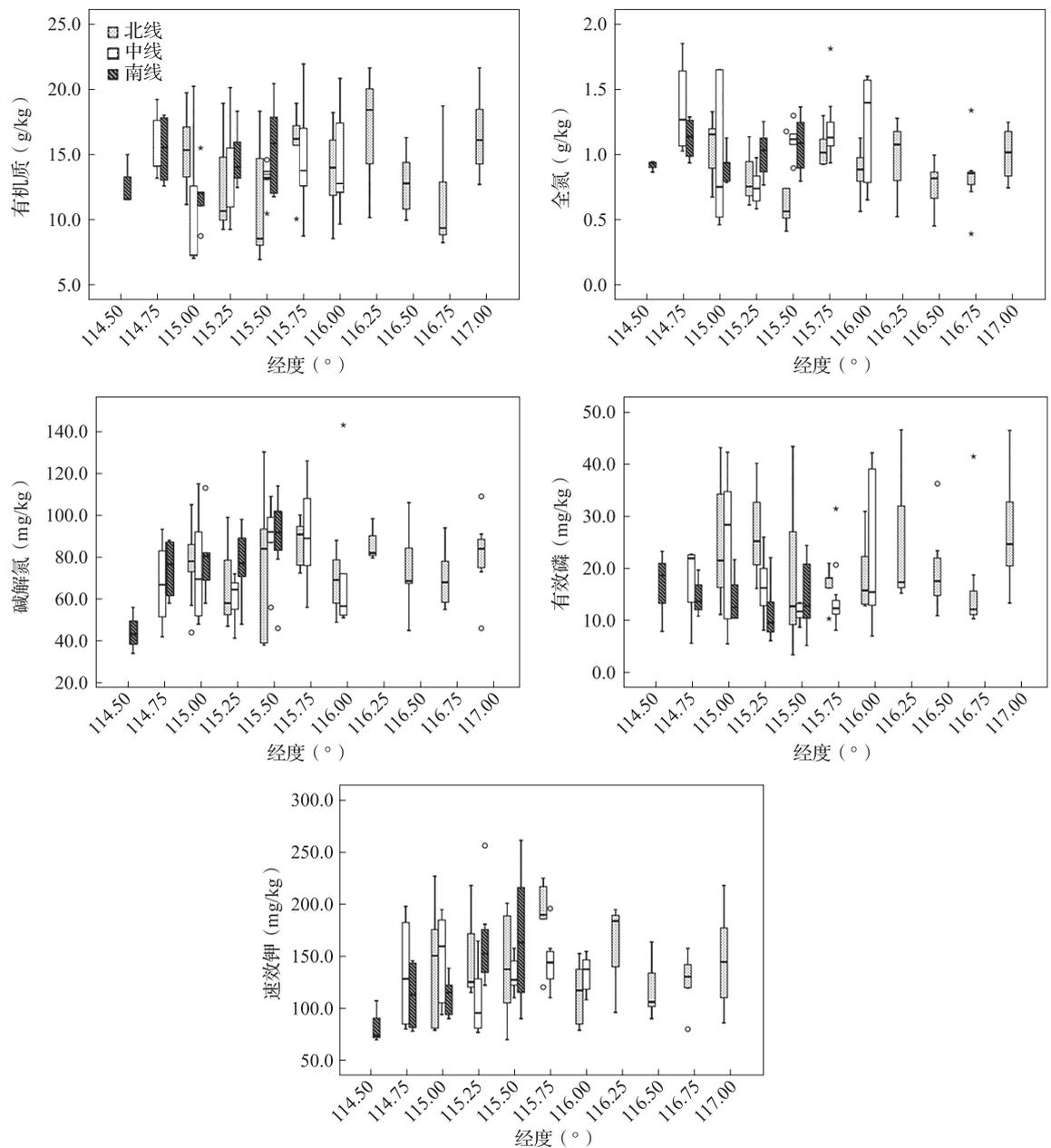


图2 不同线路土壤有机质和养分含量在纬向上的箱形图比较

注：以 0.25° 为单位区间，分别选取图中标注位置 ± 0.125° 范围内的点作为该标注区域内的样本点。图 3 同。

经统计分析 (表 1) 可知, 土壤 pH 平均值为 8.1, 呈碱性土壤环境, 其中南线的 pH 值要显著高于北线和中线。土壤有机质、碱解氮和速效钾的含量范围分别为 7.0 ~ 21.9 g/kg、34.0 ~ 143.0 mg/kg、70.0 ~ 260.0 mg/kg, 平均值分别为 14.0 g/kg、76.6 mg/kg、136.1 mg/kg, 3 条线之间没有显著差异。土壤全氮和有效磷含量范围分别为 0.39 ~ 1.84 g/kg、3.8 ~ 46.8 mg/kg, 平均值分别为 0.98 g/kg、18.6 mg/kg, 其中, 中线 (1.06 g/kg) 和南线 (1.01 g/kg) 的全氮

含量显著高于北线 (0.90 g/kg), 而北线 (21.7 mg/kg) 的有效磷含量显著高于南线 (14.2 mg/kg)。根据第二次土壤普查有机质和养分分级标准, 有机质、全氮、碱解氮含量级别属于四级, 有效磷、速效钾含量级别属于三级。所有养分均为中等程度变异, 变异系数大小关系为有效磷 (47.8%) > 速效钾 (31.6%) > 碱解氮 (28.3%) > 全氮 (25.7%) > 有机质 (24.3%), 其中有效磷的变异系数显著高于其余土壤指标。

表1 土壤基本理化特性的统计分析

| 项目 | 分区 | 最小值 | 最大值 | 均值 | 变异系数 (%) | 等级标准 |
|-------------|----|------|-------|---------------|----------|------|
| pH 值 | 北线 | 7.1 | 9.2 | 8.07 ± 0.4a | 4.5 | 碱性 |
| | 中线 | 7.3 | 8.5 | 8.04 ± 0.3a | 4.1 | 碱性 |
| | 南线 | 7.5 | 8.9 | 8.25 ± 0.3b | 4.0 | 碱性 |
| 有机质 (g/kg) | 北线 | 7.0 | 21.6 | 14.1 ± 3.8a | 26.9 | 四级 |
| | 中线 | 7.1 | 21.9 | 13.8 ± 3.6a | 26.3 | 四级 |
| | 南线 | 8.8 | 20.4 | 14.3 ± 2.8a | 19.6 | 四级 |
| 全氮 (g/kg) | 北线 | 0.39 | 1.33 | 0.90 ± 0.24a | 27.1 | 四级 |
| | 中线 | 0.46 | 1.84 | 1.06 ± 0.35b | 32.8 | 三级 |
| | 南线 | 0.76 | 1.36 | 1.01 ± 0.17b | 17.2 | 三级 |
| 碱解氮 (mg/kg) | 北线 | 38.0 | 130.2 | 75.6 ± 19.5a | 25.8 | 四级 |
| | 中线 | 41.3 | 143.0 | 77.4 ± 24.8a | 32.1 | 四级 |
| | 南线 | 34.0 | 114.0 | 77.4 ± 20.9a | 27.0 | 四级 |
| 有效磷 (mg/kg) | 北线 | 3.8 | 46.8 | 21.7 ± 10.8b | 49.9 | 二级 |
| | 中线 | 5.9 | 42.5 | 17.5 ± 9.5ab | 54.4 | 三级 |
| | 南线 | 5.6 | 24.7 | 14.2 ± 5.6a | 39.2 | 三级 |
| 速效钾 (mg/kg) | 北线 | 70.0 | 226.0 | 137.9 ± 45.1a | 32.7 | 三级 |
| | 中线 | 77.0 | 197.0 | 132.0 ± 32.7a | 24.8 | 三级 |
| | 南线 | 70.0 | 260.0 | 139.0 ± 51.8a | 37.2 | 三级 |

注: 同一土壤特性有相同字母表示差异不显著 ($P < 0.05$)。

2.2 土壤 pH 值、有机质、养分之间的相关关系分析

由表 2 可知, 仅有效磷与土壤 pH 值呈显著负相关关系, 而有机质及其余土壤养分指标受土壤 pH 值影响并不显著。南线上土壤 pH 值明显偏高, 有效磷却显著偏低 (表 1), 这可能是因为在碱性土壤中, 土壤 pH 值越高土壤物理性状越差, 对磷的吸附能力越弱; 也可能是因为在碱性土壤中, 高 pH 值影响了二价磷酸根离子的存在, 降低了磷的有效性^[10]。由南线往北线, 有效磷逐渐升高, pH 值则呈现降低趋势, 这可能是施肥含量的差异所导致的, 因为施用的磷肥 (过磷酸钙) 以磷酸根形式存在于土壤中, 而磷酸根在土壤矿物表面的专性吸附降低了土壤颗粒表面的电荷电位和质子亲和能^[11], 致使土壤 pH 值降低。

各土壤养分指标均与有机质呈极显著的正相关关系, 这主要是因为有机质含量较高的土壤中, 其团粒结构特征得到了改善, 提升了土壤对离子的吸附能力, 同时高含量有机质也增强了土壤的生物化

学特性, 可促进土壤有效养分的释放, 这体现了土壤有机质与土壤养分间的协同效应。此外, 各土壤养分指标间表现出不同水平的相关性, 这表明土壤养分的空间分布具有一定的关联性, 但由于人为耕作及地域差异等多重因素导致其间的相关性产生了一定的空间变异。

表2 土壤 pH 值、有机质及养分的相关性分析

| | pH 值 | 有机质 | 全氮 | 碱解氮 | 有效磷 |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|
| 有机质 | -0.111 | | | | |
| 全氮 | -0.068 | 0.630** | | | |
| 碱解氮 | -0.046 | 0.379** | 0.448** | | |
| 有效磷 | -0.187* | 0.257** | 0.069 | 0.160 | |
| 速效钾 | 0.036 | 0.304** | 0.275** | 0.350** | 0.294** |

注: ** 表示 $P < 0.01$; *P 表示 < 0.05 。

2.3 土壤养分的平衡状况

根据图 3 可知, 研究区域内, 不同线路上土壤

养分间的比值在南北方向上变化范围较大, 在自西向东方向上均有不同程度的波动。其中碳氮比和有效磷速效钾比在 115.50 ~ 115.75° 区域内, 变化范围均较小, 且该处的比值也小于其他位置, 这与中线上土壤全氮、速效钾和有效磷的分布情况相似。碱解氮有效磷比在整体上呈先升高后下降趋势, 而磷钾比则相反, 呈现先降低后升高趋势, 且二者峰值也均在 115.50 ~ 115.75° 区域处。其余不同线路上养分间的比值在东西方向上虽有一定波动, 但无显著规律。这些现象表明, 在东西方向上土壤有机质、全氮和速效养分在不同线路的平衡状况存在差异。

经统计分析(表 3)可知, 土壤碳氮比、碱解氮/有效磷、碱解氮/速效钾、有效磷/速效钾的变化范围分别介于 4.2 ~ 14.3、1.2 ~ 11.7、0.25 ~ 1.10、0.04 ~ 0.34 之间, 平均值分别为 8.6、5.1、0.60、0.14, 所有比值均为中等程度变异, 变异程度大小为有效磷/速效钾(49.8%)>碱解氮/有效磷(48.8%)>碱解氮/速效钾(31.7%)>碳氮比(21.8%)。对于不同线路之间而言, 中线和南线中的碳氮比要显著低于北线, 而中线和南线的碱解氮有效磷比要显著高于北线, 对于有效磷速效钾比, 其北线值要显著高于南线, 碱解氮速效钾比在不同线路间无显著差异。

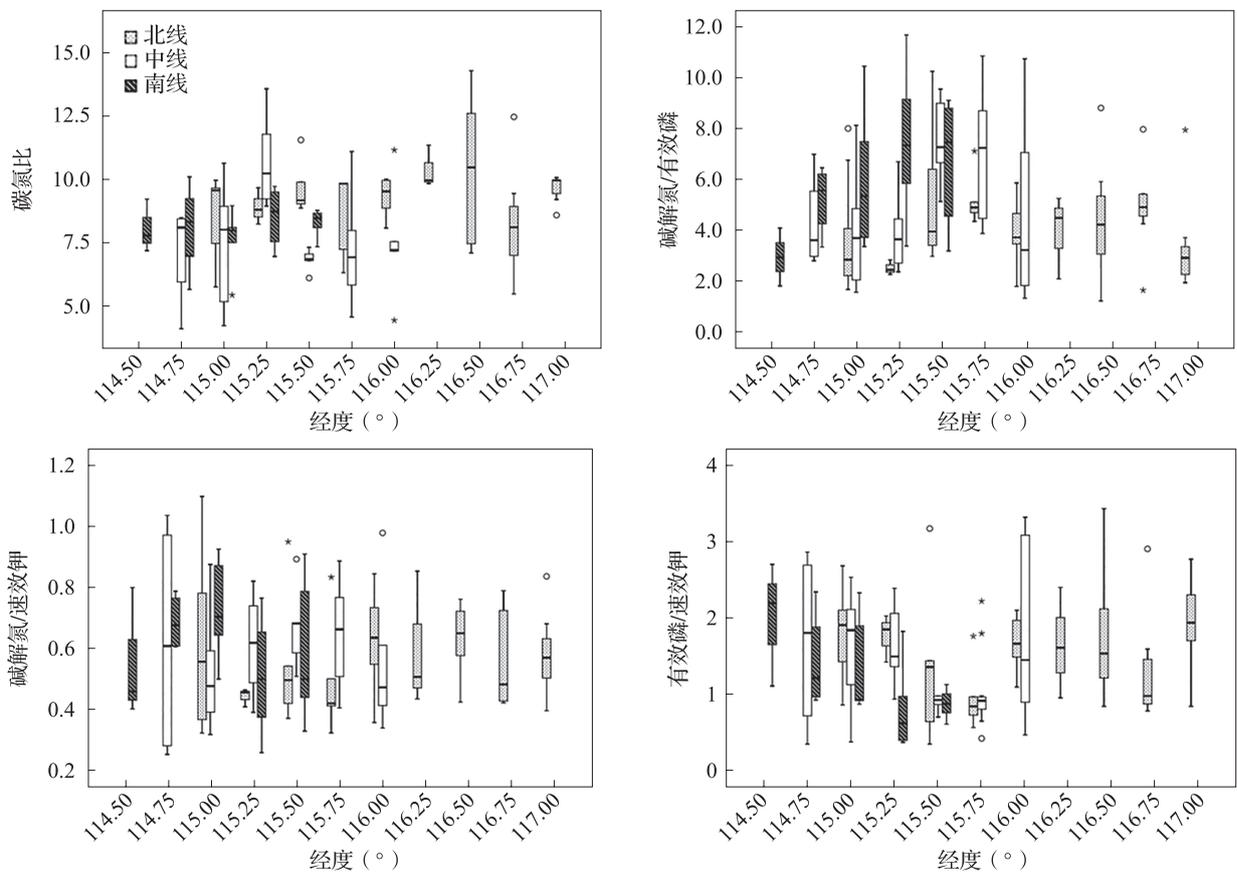


图 3 不同线路土壤养分比值在纬向上的箱形图比较

表 3 土壤养分间比值的变异情况

| | 碳氮比 | | 碱解氮/有效磷 | | 碱解氮/速效钾 | | 有效磷/速效钾 | |
|----|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 北线 | 5.5 ~ 14.3 | 9.3 ± 1.7b | 1.2 ~ 10.2 | 4.2 ± 2.0a | 0.32 ~ 1.10 | 0.58 ± 0.18a | 0.04 ~ 0.34 | 0.16 ± 0.07b |
| 中线 | 4.2 ~ 13.6 | 8.0 ± 2.3a | 1.3 ~ 10.9 | 5.4 ± 2.6b | 0.25 ~ 1.04 | 0.61 ± 0.20a | 0.04 ~ 0.33 | 0.14 ± 0.08ab |
| 南线 | 5.5 ~ 10.1 | 8.2 ± 1.1a | 1.8 ~ 11.7 | 6.2 ± 2.6b | 0.26 ~ 0.93 | 0.60 ± 0.19a | 0.04 ~ 0.27 | 0.12 ± 0.07a |

3 讨论

3.1 土壤速效养分及其平衡

与全国第二次土壤普查(1980年)时期相比^[12],研究区域内土壤碱解氮、有效磷含量大幅提高,分别由52.6、6.16 mg/kg提升至76.6、18.6 mg/kg,土壤速效钾含量变化不明显。然而,土壤质量的高低不仅取决于土壤单个养分含量的多少,同时也受土壤养分平衡的影响^[13-14]。研究表明我国农作物普遍适宜的速效氮磷比值在2~3间^[15],过高或过低的速效氮磷比值不仅会降低土壤养分在农田生态系统中的有效利用,同时也会破坏土壤氮素、磷素间的平衡^[16-17],且过度盈余的氮素或磷素通过淋溶作用在土壤和地下水中产生严重的面源污染问题^[18]。根据中国农村统计年鉴^[3]可知,在20世纪80年代,河北省化肥使用总量(按折纯量计算,下同)为74.7万t,而到2013年达329.3万t,增加了近4倍,其中,氮肥使用量为151.7万t,占化肥总施用量的46.1%。速效氮磷比值由第二次土壤普查时期的7.9降低至5.2,土壤碱解氮、有效磷间的关系趋于平衡稳定状态。因此可推测华北平原农田土壤速效养分之间存在明显协同作用,而且碱解氮与有效磷之间的正相关达到显著水平,说明近几十年该地区注意了平衡施肥。

3.2 土壤有机质、全氮的对比分析

与全国第二次土壤普查(1980年)时期相比^[15],在过去的30多年间,研究区域内土壤有机质、全氮含量分别由10.0、0.65 g/kg提升至14.0和0.98 g/kg。与同纬度黄土高原地区(有机质和全氮分别为18.92、1.04 g/kg)相比^[19],华北平原土壤有机质含量明显偏低,同时其有机质含量也远低于长江中下游流域(有机质和全氮分别为24.32、1.37 g/kg)^[20]。一般情况下,农田土壤有机质和全氮含量之间存在显著耦合关系^[21],其比值(C/N)是衡量土壤质量的指标之一,它的变化对土壤碳、氮循环有重要影响。华北平原平均C/N由20世纪80年代的8.9降低至8.6,而这一地区土壤C/N值比同纬度黄土高原地区(10.55)明显偏低,也低于全国旱作农田的平均C/N值(10.3)^[19]。一般来说,土壤C/N低会促进土壤微生物的活性,使得有机质的分解速度提高^[22-23],华北平原有机质偏低可能与其低C/N有一定关系^[7]。另一方面,较低的土壤C/N也可能反映了这一地区施用无机氮肥较多。因此,该区域配

方施肥应该考虑增加有机肥的施用,减少氮素化肥投入。此外,提高秸秆还田量也是增加土壤有机质含量,提高C/N的有效途径^[24-26]。

4 结论

研究区域内,土壤有机质及全氮、碱解氮、有效磷、速效钾等养分含量处于中等至偏低水平(三级至四级),均为中等程度变异。在3条采样线路间,土壤全氮及有效磷含量均存在显著差异,但有机质及其余养分指标含量无显著差异。在东西方向上,土壤养分含量均存在一定波动,但幅度较小且无明显变化特征。土壤有机质与土壤养分间关系密切,且具有一定的协调效应。研究区域内的土壤有机质及养分水平均较第二次土壤普查时期有所增加,主要原因可能是华北平原长期以来施用了大量有机、无机肥。

参考文献:

- [1] 徐明岗, 卢昌艾, 张文菊, 等. 我国耕地质量状况与提升对策[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(7): 8-14.
- [2] Zhang J, Balkovic J, Azevedo L B, et al. Analyzing and modelling the effect of long-term fertilizer management on crop yield and soil organic carbon in China [J]. Science of the Total Environment, 2018, 627: 361-372.
- [3] 国家统计局. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
- [4] 张贝尔, 黄标, 张晓光, 等. 近30年华北平原粮食主产区土壤肥力质量时空演变分析—以山东禹城市为例[J]. 土壤, 2012, 44(3): 381-388.
- [5] 张玉铭, 毛任钊, 胡春胜, 等. 华北太行山前平原土壤肥力状况与玉米产量相关关系的通径分析[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 51-55.
- [6] 王红娟. 我国北方粮食主产区土壤养分分布特征研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [7] Shi H, Wang X, Xu M, et al. Characteristics of soil C:N ratio and $\delta^{13}\text{C}$ in wheat-maize cropping system of the North China Plain and influences of the Yellow River [J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 16854. DOI: 10.1038/s41598-017-17060-3.
- [8] 宋泽峰, 段亚敏, 栾文楼, 等. 河北平原表层土壤有机碳和无机碳的分布及碳储量估算[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(5): 97-102.
- [9] 王学, 李秀彬, 辛良杰. 河北平原冬小麦播种面积收缩及由此节省的水资源量估算[J]. 地理学报, 2013, 68(5): 694-707.
- [10] 王永壮, 陈欣, 史奕. 农田土壤中磷素有效性及影响因素[J]. 应用生态学报, 2013, 24(1): 260-268.
- [11] 孟红旗, 刘景, 徐明岗, 等. 长期施肥下我国典型农田耕层土壤的pH演变[J]. 土壤学报, 2013, 50(6): 1109-1116.

- [12] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术 [M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [13] Carmo M, Garcíaruiiz R, Ferreira M I, et al. The N-P-K soil nutrient balance of Portuguese cropland in the 1950s: The transition from organic to chemical fertilization [J]. *Scientific Reports*, 2017, 7 (1): 8111.
- [14] 孙波, 潘贤章, 王德建, 等. 我国不同区域农田养分平衡对土壤肥力时空演变的影响 [J]. *地球科学进展*, 2008, (23): 1201-1208.
- [15] 陈同斌, 陈世庆, 徐鸿涛, 等. 中国农用化肥氮磷钾需求比例的研究 [J]. *地理学报*, 1998, (1): 33-42.
- [16] Wang X, Feng A, Wang Q, et al. Spatial variability of the nutrient balance and related NPSP risk analysis for agro-ecosystems in China in 2010 [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2014, 193: 42-52.
- [17] 李书田, 刘晓永, 何萍. 当前我国农业生产中的养分需求分析 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2017, 23 (6): 1416-1432.
- [18] Oenema O, Liere L V, Schoumans O. Effects of lowering nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture on the quality of groundwater and surface water in the Netherlands [J]. *Journal of Hydrology*, 2005, 304 (1): 289-301.
- [19] 李鹏, 关强, 邹梦成, 等. 我国旱地两熟区土壤养分时空变化的调查研究 [J]. *土壤通报*, 2017, 48 (2): 380-386.
- [20] 俞海, 黄季焜, Scott R, 等. 中国东部地区耕地土壤肥力变化趋势研究 [J]. *地理研究*, 2003, 22 (3): 380-388.
- [21] Ye J, Perez P G, Zhang R, et al. Effects of different C/N ratios on bacterial compositions and processes in an organically managed soil [J]. *Biology & Fertility of Soils*, 2017, 54 (1): 1-11.
- [22] Truong T H H, Marschner P. Respiration, available N and microbial biomass N in soil amended with mixes of organic materials differing in C/N ratio and decomposition stage [J]. *Geoderma*, 2018, 319: 167-174.
- [23] Marschner P, Hatam Z, Cavagnaro T R. Soil respiration, microbial biomass and nutrient availability after the second amendment are influenced by legacy effects of prior residue addition [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2015, 88: 169-177.
- [24] 潘剑玲, 代万安, 尚占环, 等. 秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展 [J]. *中国生态农业学报*, 2013, 21 (5): 526-535.
- [25] 王立刚, 杨黎, 贺美, 等. 全球黑土区土壤有机质变化态势及其管理技术 [J]. *中国土壤与肥料*, 2016, (6): 1-7.
- [26] Lu F, Wang X, Han B, et al. Soil carbon sequestrations by nitrogen fertilizer application, straw return and no-tillage in China's cropland [J]. *Global Change Biology*, 2009, 15 (2): 281-305.

Spatial heterogeneity of soil organic matter and nutrients in typical farmland in the North China Plain

ZHENG Hao-nan¹, WANG Xiu-jun^{1*}, WAN Zhong-mei², LU Tong-ping¹, SHI Hui-jin¹, LI Juan-ru³ (1. College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun Jilin 130061; 3. Agricultural Technology Promotion Center in Shijiazhuang City, Shijiazhuang Hebei 050051)

Abstract: The North China Plain is an important base of grain production in China. Study of soil organic matter (SOM) and nutrients in the North China Plain is of great importance for the sustainable development of the regional agriculture. In this study, three sampling lines (north, middle, and south) were selected in typical farmland of the North China Plain, and SOM and main nutrients were analyzed on a provincial scale. Average contents of SOM, total nitrogen (TN), available nitrogen (AN), available phosphorus (AP), and available potassium (AK) in the study area were 14.0 ± 3.5 g/kg, 0.98 ± 0.28 g/kg, 76.6 ± 21.6 mg/kg, 18.6 ± 9.9 mg/kg and 136.1 ± 42.7 mg/kg, respectively. There were significant differences between different lines for TN and AP, with the lowest AP found along the south line that revealed highest soil pH. Soil organic matter and nutrients showed some fluctuations in the east-west direction, but with no obvious changing trend. The coefficient of variation of AP (47.8%) was significantly higher than those (24.3% ~ 31.6%) of SOM and other nutrients. Soil C:N ratio ranged from 4.2 to 14.3, with an average of 8.6, which was lower than the national average level. The present levels of SOM and nutrient were modest higher than those in the 1980s, which might be due to increased rates of organic and chemical fertilization. This study suggests that there is a need to use more organic or combined organic-chemical fertilizers in the North China Plain.

Key words: soil organic matter; soil nutrient; C:N ratio; nutrient balance; spatial heterogeneity