

# 不同区域人口密集的乡村景观中土地利用对土壤氮磷的影响

焦加国<sup>1,2</sup>, 武俊喜<sup>3</sup>, 杨林章<sup>1,\*</sup>, 李辉信<sup>2</sup>, Erle C. Ellis<sup>4</sup>

(1. 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2. 南京农业大学 资源与环境学院, 南京 210095;

3. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094; 4. 马里兰大学 地理与环境系统系, 巴尔的摩 21250, 马里兰, 美国)

**摘要:** 基于 IKONOS 高分辨率(1 m)卫星遥感图,结合 GIS 研究了我国高邑、宜兴、金堂、益阳和电白 5 个人口密集农村地区(每个地区的研究面积为 3 km<sup>2</sup>)土壤全氮、全磷密度和储量差异,以及各地区土壤全氮、全磷密度和储量在不同土地利用方式下的分布。结果表明:土壤全氮储量在 5 个地区间的大小顺序依次为金堂(1 022.4 t) > 宜兴(995.2 t) > 益阳(920.4 t) > 高邑(804.0 t) > 电白(632.4 t);土壤全磷大小顺序为宜兴(698.9 t) > 高邑(661.3 t) > 金堂(618.9 t) > 益阳(360.6 t) > 电白(255.8 t)。从不同的土地利用方式来看,除高邑地区外(无水田),其它 4 个地区水田的土壤全氮密度均为当地最高,土壤全氮密度较低的有闲置地类和开采地;土壤全磷密度分布较为复杂,高邑、宜兴、金堂、益阳和电白 5 个地区土壤全磷密度最高的土地利用方式分别为园艺用地、旱地和建设用地、水田和旱地、水田、干扰地。在所有地区中,林地土壤全氮密度均小于农田水平,林地土壤全磷密度均为当地最低,也就是说在林地转化为人为土地利用方式后,土壤的磷水平并没有减少,反而有不同程度增加。

**关键词:** 人口密集乡村景观; 土地利用; 土壤全氮; 土壤全磷

中图分类号:F301.24;S158.3

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2006)03-0097-05

## Effects of Land Use on Soil Total Nitrogen and Phosphorus in Different Densely Populated Village Landscapes

JIAO Jia-guo<sup>1,2</sup>, WU Jun-xi<sup>3</sup>, YANG Lin-zhang<sup>1,\*</sup>, LI Hui-xin<sup>2</sup>, Erle C. Ellis<sup>4</sup>

(1. Nanjing Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008;

2. Department of Resources & Environmental Sciences, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095;

3. Department of Agronomy & Agroecology, China Agricultural University, Beijing 100094;

4. Department of Geography and Environmental Systems, University of Maryland, Baltimore County 21250, Maryland, USA)

**Abstract:** China's densely populated village landscapes play a significant role in global environmental processes because of their vast area and population. Here we investigate the influence of land use on soil nitrogen and phosphorus (top 0~30 cm) within and across these densely populated landscapes (>150 persons km<sup>2</sup>) based on measurements at five research sites in environmentally distinct regions across China: the North China Plain (Gaoyi County, Hebei Province), Yangtze Plain (Yixing County, Jiangsu Province), Sichuan Hilly Region (Jintang County, Sichuan Province), Subtropical Hilly Region (Yiyang County, Hunan Province), and Tropical Hilly Region (Dianbai County, Guangdong Province). Village landscapes were first stratified into ecologically-distinct components (ecotopes) by high spatial resolution mapping (1 m) in a set of 12 regionally-representative 500 m ×500 m landscape quadrats (sample cells) in each site (total = 60) using IKONOS satellite imagery and fieldwork. Samples of ecotope features were then selected for soil sampling and analysis by a stratified sampling design based on the areas of each landscape class. Results show that soil total nitrogen stocks at the five sites decreased from a high in Jintang (1 022.4 t) to that of Yixing (995.2 t), Yiyang (920.4 t), Gaoyi (804.0 t), and Dianbai (632.4 t), but the sequence of soil total phosphorus stocks was different, with a high in Yixing (698.9 t) and lower values in Gaoyi (661.3 t), Jintang (618.9 t), Yiyang (360.6 t) and Dianbai (255.8 t). Of all land use types, paddy soil had the highest total nitrogen density in all sites where it existed, and the lowest was in areas with fallow and mine & fill use. Soil total phosphorus density was more complicated, with the highest densities observed under Horticulture in Gaoyi, rainfed and constructed in Yixing, paddy and rainfed in Jintang, paddy in Yiyang, and disturbed in Dianbai. Another interesting result of this study was that soil total nitrogen and phosphorus density under forestry

收稿日期:2006-01-28 \*通讯作者 E-mail: lzyang@issas.ac.cn

基金项目:美国国家科学基金项目(grant:DEB-0075617)和科技部"973"项目(2005CB121108)资助

作者简介:焦加国,男,生于1981年,在读博士。主要从事GIS和土壤生态的研究。E-mail:jiauguojiao@yahoo.com.cn

was lower than that of rainfed and paddy in each site, indicating either that bringing forestry land into agricultural use did not cause declines in soil N and P, or that only the best soils are currently used for agriculture, and only low fertility soils are selected for forestry. Analysis of data across sites indicates that climate, soil types and tillage affected the distribution of soil total nitrogen and phosphorus at regional scales.

**Key words:** densely populated village landscapes; land use; soil total nitrogen; soil total phosphorus

土地利用是自然条件和人为活动的综合反映,它的变化可以引起许多自然和生态过程的变化,如地表植被变化和土壤性质的变化<sup>[1]</sup>,不合理的土地利用会增加土壤侵蚀,导致土壤质量下降,土地利用变化和土壤养分的变化有着密切的联系<sup>[2]</sup>。

由于我国人口的压力和农民淡薄的环保意识,农民通常通过增施大量肥料来提高作物产量,这使得我国肥料用量远远高于其他国家<sup>[3]</sup>,造成广大农村地区生态环境的日益恶化。因此,对农业氮磷污染的研究日益受到重视<sup>[4~5]</sup>。运用我国人口密度数据和农业面积比例数据,Ellis 计算出我国村级景观面积为  $2.31 \times 10^6$  km<sup>2</sup>,占全球村级景观面积的 26%;乡村人口 5.2 亿,占全球 29%<sup>[6]</sup>,庞大的农业人口和广阔的乡村面积使我国村级景观在全球变化研究中占有重要地位。且由于我国的气候类型多样(从亚北极到热带地区)、幅员辽阔(南北、东西跨越都比较广)、地貌复杂(从冲积平原到丘陵高山地区),这使得土壤氮、磷的分布呈现出明显的地域性差异。

在人口密集的乡村景观,不同农户拥有的土地类型和大小各不相同,管理和经营方式差异也很大,小尺度的土地管理模式造成了相当破碎化的村级景观,村级景观内土地利用呈现高度的异质性。我国多数乡村景观的土地利用转换并不在于乡村景观面积的大幅度增减,而在于乡村景观内部的小尺度转换<sup>[7,8]</sup>,要在如此小的尺度上进行复杂的景观生态学研究很难。本研究借助高分辨(1m)的 IKONOS 遥感影像,研究我国 5 个不同宏观生态区域人口密集的乡村景观中,不同土地利用方式下土壤表层(0~30 cm)氮、磷的密度及储量分布情况。

## 1 研究方法

### 1.1 人口密集的景观生态区域的选择

村级景观生态区域划分的目的在于从我国复杂多样的景观中提取人口密集(250~1 500 人/km<sup>2</sup>)的村级景观生态区,本项目景观生态区域的划分借助荷兰科学家 Verburg 发展的基于 GIS 和统计分析方法,根据文献资料和专家知识,最终得到 5 个高度相似性的人口密集的景观生态区:黄淮海平原景观生态区、长江中下游平原景观生态区、江南山地丘陵景观生态区、四川盆地丘陵景观生态区和华南山地丘陵景观生态区(表 1)。

表 1 5 个人口密集的乡村景观区域概况

研究地区	经纬度	省份	区域名称	主要土壤类型	地形	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	年降水量 (mm)	年平均 气温(°C)
高邑	114.5600°E, 37.6440°N	河北	黄河冲积平原	潮土	平原	460	645	13.0
宜兴	119.6033°E, 31.3812°N	江苏	长江中下游平原	水稻土	平原	456	1312	16.6
金堂	104.7558°E, 30.5482°N	四川	四川盆地	紫色土	丘陵	311	950	16.7
益阳	112.4643°E, 28.3316°N	湖南	江南山地丘陵	黄壤,黄棕壤	丘陵	203	1426	17.3
电白	111.3134°E, 21.6366°N	广东	华南山地丘陵	红壤	丘陵	241	1651	23.6

### 1.2 代表性研究样方的选取

在 5 个人口密集的乡村景观区域范围内,将近期覆盖区域中部分地区的 Landsat 遥感影像(分辨率为 28.5 m)进行土地覆被监督分类,并将其分类图划分为 500 m × 500 m 的单元网格,剔除了水域 > 75% 或城镇面积 > 25% 的单元格后,进行聚类分析,并在 IKONOS 遥感影像覆被的 100 km<sup>2</sup> 范围内,选取 12 个 500 m × 500 m 的具有区域代表性的景观样方,并基于 1 m 分辨率的 IKONOS 遥感影像通过直接解译和实地检验对边界清晰的均质景观缀块进行分类和绘图。

### 1.3 样点布设及田间采样

根据生态立地(Ecotope),地形与土地利用/覆被组合(FUC = FORM + USE + COVER)以及土地利用和覆被组合(UC = USE + COVER)3 种分类层次的区域权重面积比率(IVWP Area %),确定并调整土壤取样点在不同景观分类组合的数量。并按照此顺序先后进行取样,如果前面的取样结果包含后面的景观分类组合,则不再重复取样。各景观分类组合均按照计算值取样,最少 3 个样,最多 10 个样,最后由 GIS 软件确定每个样点的具体位置。将由 GIS 生成的样点输入 GPS,根据 GPS 导航定位和每个样点所属景观类型准确找到每个样点(waypoint)的位置。然后去除样点表面的杂草、石头等杂物,用直径 5.08 cm 的分裂式采样器进行采样,

采样深度为 30 cm,分为两层,分别为 0~15 cm 和 15~30 cm,然后分别装入定制的布袋中(其中宜兴所采的河底淤泥没有分层,但深度仍为 30 cm),采回的土样及时风干。

#### 1.4 样品处理及实验室分析

过筛前,称量风干土重,然后全部过 2mm 筛,过筛过程中,剔除植物根系、石子和昆虫等杂物,再次称量过筛后风干土重(用于计算全氮和全磷储量)。取约 80 g 过 2 mm 的土样,再过 0.25 mm 筛,用于实验室分析。容重测量用土壤烘干重(过 2 mm 筛)除以土钻体积(3.14 cm ×2.542 cm ×30 cm 或 3.14 cm ×2.542 cm ×15 cm)。全氮测定采用标准的半微量开氏定氮法;全磷测定采用高氯酸消煮-钼锑抗比色法,测定过程中运用了标样 7416 来确保测定的准确性。

每个地区土壤全氮密度是各土地利用方式下土壤全氮密度的面积加权平均,土壤全氮的储量是土壤全氮密度和面积的乘积,土壤全磷计算和全氮完全相同。采用单因素的方差分析(ANOVA)来检验土壤属性在不同土地利用类型之间的差异。如果有显著性差异,进一步进行多重比较。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同地区间土壤全氮、全磷密度的差异

土壤全氮密度在 5 个地区间有显著差异(表 2),金堂和宜兴地区的土壤全氮密度均显著高于其它 3 个地区,电白地区的土壤全氮密度最低,和其它 4 个地区有显著差异。5 个地区土壤全氮密度的变异系数范围为 0.28~0.42,为中等变异程度。高邑和电白地区土壤全氮密度的变异系数相对较大,土壤全氮密度最小值分别为 0.03 kg/m<sup>2</sup>(河床,绝大部分由石英砂组成)和 0.01 kg/m<sup>2</sup>(房屋附近的干扰地,植被覆盖度低),其它 3 个地区的土壤全氮密度最小值均在 0.15 kg/m<sup>2</sup>左右。土壤全磷密度在 5 个地区间也有显著差异,但变化趋势和土壤全氮有所不同,其大小顺序依次为宜兴>金堂>高邑>益阳>电白,宜兴地区的全磷密度比电白地区高了 2 倍。另外,5 个地区的土壤全磷密度的变异系数差异很大,宜兴地区高达 1.18,而高邑地区仅为 0.32。

表 2 5 个人口密集乡村景观中土壤全氮和全磷密度的统计特征

地区	样点数	全氮密度(kg/m <sup>2</sup> )					全磷密度(kg/m <sup>2</sup> )				
		最大值	最小值	均值	标准差	变异系数	最大值	最小值	均值	标准差	变异系数
高邑	89	0.49	0.03	0.25 b	0.10	0.42	0.11	0.48	0.21 a	0.07	0.32
宜兴	121	0.66	0.16	0.33 a	0.09	0.28	1.98	0.04	0.24 a	0.29	1.18
金堂	109	0.65	0.14	0.35 a	0.11	0.32	0.78	0.09	0.22 a	0.08	0.38
益阳	100	0.50	0.13	0.28 b	0.09	0.32	0.34	0.03	0.12 b	0.05	0.47
电白	120	0.47	0.01	0.21 c	0.08	0.38	0.40	0.03	0.08 b	0.05	0.68

注:显著性检验用 LSD 方法,表中英文字母 a, b, c 表明 ANOVA 检验的显著程度(P < 0.05),是土壤全氮和全磷在不同地区间的比较。

由以上分析可知,除高邑地区外,其它 4 个地区土壤全磷密度的变异系数均相应高于土壤全氮密度的变异系数。这可能是因为磷肥的施用不如氮肥普遍,且土壤磷的迁移率较小<sup>[9,10]</sup>,易造成土壤磷的局部富集。文献[9]陈述了华南地区的砖红壤全磷含量最低,其次是华中地区的红壤和水稻土,而以华北、西北、东北等地区黄土性沉积物发育的土壤全磷含量为最高。本文也有相同规律,这也反过来证明本研究所筛选的 5 个地区具有非常好的代表性。所研究的区域均为人口密集的农村地区,土壤氮磷受人为因素的影响很大,但仍表现出明显的地带性分布规律,这是因为土壤氮磷的地域性分布主要受气候条件和土壤类型的影响,而人为因素,如土地利用方式、耕作施肥措施只能在区域内影响土壤氮磷的分布,并不能改变土壤磷的地域性分布格局。

### 2.2 各地区土壤全氮密度在不同土地利用方式下的变化

表 3 列出了每个地区不同土地利用方式下土壤全氮和全磷的密度。5 个地区共有的土地利用方式为建设用地和干扰地,除高邑地区外,其它 4 个地区均有水田、旱地和林地。高邑地区,土壤全氮密度最高的是园艺用地,最低的是闲置地类和变化用地,其它土地利用方式下的土壤全氮密度为 0.2~0.3 kg/m<sup>2</sup>;宜兴地区,不同土地利用方式下的土壤全氮密度均比较高,较高的有旱地、水田和水浇地,较低的有行道树林地和闲置地类;金堂地区,土壤全氮密度最高的土地利用为水田,其它土地利用方式下的土壤全氮密度均在 0.32~0.35 kg/m<sup>2</sup>;益阳和电白两个地区,水田均含有最高的土壤全氮密度,开采地均含有最低的土壤全氮密度。宜兴和益阳地区的所有土地利用方式下土壤全氮密度的变异系数均小于 0.25;其它 3 个地区中,除了高邑地区的变化用地(0.97),其它所有土地利用方式下土壤全氮密度的变异系数均小于 0.60。

纵观所有地区,同一土地利用类型比较,电白地区均相应低于其它地区。这主要由电白地区所处的地理位置和气候环境所致,电白地区年平均气温高,雨量充足且集中(表 1),养分循环快,蒸发作用强,易造成土壤和养分流失。除电白地区外,其它 4 个地区林地的土壤全氮密度均小于所对应地区水田和旱地的土壤全氮密

度。这主要是由于林地凋落物保护完整,无人作为践踏,表层疏松多孔,土壤容重较低<sup>[11]</sup>,在林地开垦为农田后,破坏了土壤原有结构,使得土壤容重增加<sup>[12]</sup>。而农民采取许多人为措施来获得更高的作物产量,如投入大量肥料和秸秆还田,在提高作物产量的同时也提高了农田土壤氮磷的水平。

表 3 不同土地利用方式下土壤全氮和全磷的密度

土地利用	高邑		宜兴		金堂		益阳		电白	
	全氮	全磷	全氮	全磷	全氮	全磷	全氮	全磷	全氮	全磷
水产业用地	-	-	0.26 ±0.06	0.12 ±0.13	-	-	-	-	-	-
建设用地	0.24 ±0.09	0.22 ±0.07	0.32 ±0.06	0.36 ±0.35	0.35 ±0.05	0.23 ±0.05	0.25 ±0.05	0.14 ±0.06	0.18 ±0.06	0.11 ±0.06
干扰地	0.26 ±0.12	0.21 ±0.06	0.36 ±0.06	0.32 ±0.37	0.35 ±0.13	0.19 ±0.05	0.26 ±0.07	0.12 ±0.03	0.18 ±0.10	0.12 ±0.07
闲置地类	0.06 ±0.01	0.13 ±0.02	0.25 ±0.03	0.10 ±0.02	-	-	0.17 ±0.03	0.08 ±0.04	-	-
园艺用地	0.32 ±0.05	0.31 ±0.07	-	-	-	-	-	-	-	-
水浇地	0.30 ±0.08	0.23 ±0.07	0.39 ±0.10	0.22 ±0.07	-	-	-	-	-	-
开采地	-	-	-	-	-	-	0.15 ±0.03	0.09 ±0.02	0.04 ±0.01	0.07 ±0.02
行道树林地	0.27 ±0.15	0.17 ±0.03	0.20 ±0.05	0.09 ±0.03	-	-	-	-	-	-
水田	-	-	0.41 ±0.06	0.22 ±0.25	0.45 ±0.11	0.26 ±0.06	0.44 ±0.06	0.15 ±0.03	0.25 ±0.08	0.07 ±0.02
旱地	0.25 ±0.08	0.20 ±0.03	0.42 ±0.10	0.36 ±0.39	0.33 ±0.10	0.26 ±0.12	0.26 ±0.06	0.14 ±0.08	0.19 ±0.07	0.08 ±0.08
林地	-	-	0.31 ±0.08	0.11 ±0.01	0.32 ±0.11	0.18 ±0.05	0.25 ±0.05	0.09 ±0.03	0.22 ±0.07	0.07 ±0.03
变化用地	0.10 ±0.09	0.15 ±0.03	-	-	-	-	-	-	-	-

注:全氮(全磷)密度用平均值 ±标准差表示。“-”表示该研究区域无此土地利用方式或面积很小而被忽略。

### 2.3 各地区土壤全磷密度在不同土地利用方式下的变化

5个地区中,电白地区所有土地利用方式下的土壤全磷密度均相应地小于其它4个地区,此规律和土壤全氮完全一样。高邑地区,土壤全磷密度最高的依然是园艺用地,这是因为园艺用地均为当地的温室素菜大棚,农民为了获取更大的经济利益而施用大量的肥料,最低的是闲置地类;宜兴地区土壤全磷密度较高的有建设用地和旱地,较低的有行道树林地、林地和闲置地类;金堂地区,土壤全磷密度的变化顺序为水田 > 旱地 > 建设用地 > 干扰地 > 林地;益阳和电白地区的所有土地利用方式下土壤全磷密度均较小,土壤全磷密度在益阳地区最高的为水田,而电白地区最高的为干扰地。

从5个地区的土壤全磷密度的变异系数来看,在宜兴地区,除了受人为干扰较小的林地(0.13)、行道树林地(0.30)和休闲免耕地(0.25)的土壤全磷密度变异系数较小外,其它6种土地利用方式下的土壤全磷密度变异系数(1.00~1.20)均相应地高于其它地区。这主要是因为宜兴地区经济较发达,土地利用程度高,人为管理差异大,农户水平细微尺度的土地利用变化和资源管理行为多样化。例如,在旱地中,宜兴地区种植的作物为桑树和蔬菜,而其它4个地区种植的作物较为单一,主要为大田作物,以传统的耕作方式为主。

在所有地区中,建设用地的土壤全磷密度均较高,如房屋附近和道路两旁。这是因为这些地方人为干扰作用大,如人畜粪便、生活垃圾和动植物残体均可增加土壤磷<sup>[9]</sup>。Saikh (1998)等指出,一些森林土壤的全磷水平要小于农业用地的土壤全磷含量<sup>[13]</sup>,本试验也有相同结果,宜兴、金堂、益阳和电白4个地区的林地土壤全磷密度均低于相应地区的其它土地利用方式(闲置地类除外),这也就是说在林地转变为其它人为的土地利用方式后,土壤全磷将有不同程度的增加。然而,Isiam等(2000)认为,由于林地和撂荒地基本不受人干扰,有利于有机物或有机残体的积累,通过枯枝落叶和植被腐根的养分富集作用,在增加土壤有机质含量的同时提高了表层的磷含量<sup>[14]</sup>。这可能是由于不同研究人员所研究区域的气候环境以及林地的类型差异较大。本试验研究结果得出林地的土壤全氮、全磷密度均较小。

### 2.4 各地区土壤全氮和土壤全磷储量的分布

每个地区的面积百分数均小于100%,因为每个地区均有小面积的土地利用方式而被忽略,表4中的面积百分数是通过校正而来。按每个地区研究面积为3 km<sup>2</sup>来计算,5个地区的土壤全氮储量大小顺序为金堂 > 宜兴 > 益阳 > 高邑 > 电白,土壤全磷储量大小顺序为宜兴 > 高邑 > 金堂 > 益阳 > 电白(表4)。此顺序和表1的结果有所不同,这是因为表1列出的土壤全氮和全磷密度只是每个地区所有样点的平均值,而此处各地区土壤全氮密度是指各种土地利用方式下土壤全氮或全磷密度的面积加权平均值。

土壤全氮和全磷储量的分布主要由各土地利用方式的面积决定。从各地区土壤全氮储量在不同土地利用方式下的分布来看(表4),高邑地区,由于水浇地面积最大,其土壤全氮储量最大,储量百分数(74.43%)略高于其面积百分数,其它土地利用方式的土壤全氮储量均小于15%;宜兴地区,土壤全氮储量最大的为水田,此外,旱地土壤全氮储量也较高;金堂地区,旱地土壤全氮储量最大;益阳地区,林地和水田土壤全氮储量均较大;电白地区,林地土壤全氮储量最大。各地区土壤全磷的储量分布规律和土壤全氮基本相同,此处不再赘述。

表4 各地区不同土地利用方式下土壤全氮和全磷的储量

土地利用	高邑		宜兴		金堂		益阳		电白						
	面积百分数(%)	全氮储量(t)	全磷储量(t)	面积百分数(%)	全氮储量(t)	全磷储量(t)	面积百分数(%)	全氮储量(t)	全磷储量(t)	面积百分数(%)	全氮储量(t)	全磷储量(t)			
水产业用地	-	-	-	12.32	89.5	49.4	-	-	-	-	-	-	-	-	
建设用地	13.35	99.3	87.0	11.63	101.2	128.0	6.39	75.3	41.6	9.32	68.3	37.2	1.30	7.5	5.0
干扰地	1.31	10.2	8.7	4.08	41.4	42.2	3.89	41.4	27.4	6.14	50.2	23.6	11.18	66.8	41.1
闲置地类	5.62	11.3	23.2	6.58	47.0	18.9	-	-	-	0.40	2.0	0.9	-	-	-
园艺用地	0.28	2.9	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水浇地	64.39	634.0	490.2	7.19	76.0	46.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
开采地	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.98	4.5	2.6	1.30	1.4	3.0
行道树林地	0.66	5.7	3.6	0.09	0.5	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水田	-	-	-	48.28	532.1	316.2	13.39	139.5	91.5	28.21	370.6	127.1	18.21	136.8	37.6
旱地	2.63	22.1	17.4	9.84	107.5	98.0	59.65	602.5	337.1	11.33	92.7	51.4	35.88	207.3	95.5
林地	-	-	-	-	-	-	16.68	163.7	121.0	46.63	332.1	117.9	32.12	212.6	73.5
变化用地	6.15	18.6	28.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
样方总储量	100	804.0	661.3	100	995.2	698.9	100	1022.4	618.9	100	920.4	360.6	100	632.4	255.8

### 3 结论

综上所述,各地区中不同土地利用方式下土壤全氮密度的分布差异不大,高邑地区的温室蔬菜大棚和其它4个地区水田的土壤全氮密度均为当地最高,5个地区土壤全氮密度较低的均为闲置地类或开采用地;但不同土地利用方式下土壤全磷密度的分布在各地间差异很大。土壤全氮和土壤全磷密度在5个不同生态区域间均有明显的差异,电白地区的土壤全氮和土壤全磷密度均为5个地区中最低。不同地区的气候环境、土壤类型决定了土壤全氮、全磷的地域性分布。当在估算全国的氮库和磷库时,必须考虑不同地区间氮磷水平的差异。同一区域内人为活动不仅造成了乡村景观中小尺度土地利用和管理的较大差异,而且集约化的土地利用和管理增加了土壤氮和磷的含量,因此,在当前估算大区域的土壤全氮和全磷储量时,应当重视小尺度的土地利用和管理对于土壤氮磷的影响,而通常的土壤类型法或基于相对的低分辨率(>30m)遥感影像分类进行区域土壤氮磷评价,往往忽略了这一点。随着我国人口的增长,农民必将加大对土地的利用程度、投入大量的肥料来增加粮食产量,使得土地利用呈现高度的异质性,人类活动对农村地区影响将更加强烈,房屋附近和道路边较高的土壤全磷密度就是一个很好的例证。同时,这也增加了土壤的氮磷水平,易造成水体的富营养化(如宜兴地区),加剧农村生态环境的恶化,威胁人类的健康。

#### 参考文献:

- [1] Fu B J, Ma K M, Zhou H F, et al. The effect of land use structure on the distribution soil nutrients in the hilly area of the Loess Plateau, China[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(8): 732 - 736.
- [2] 孔祥斌,张凤荣,齐伟,等. 集约化农区土地利用变化对土壤养分的影响[J]. 地理学报, 2003, 58(3): 333 - 342.
- [3] Lin K F, Xiang Y L, Liu X F, et al. Loss of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium through Crop Harvests in agroecosystems of Qianjiang, Hubei Province, PR China[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 1999, 18(3): 393 - 401.
- [4] 吕唤春,陈英旭,等. 千岛湖流域坡地利用结构对径流氮、磷流失量的影响[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 90 - 92.
- [5] 袁东海,王兆骞,陈欣,等. 红壤小流域不同利用方式氮磷流失特征研究[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 188 - 198.
- [6] Ellis E C. Long-term ecological changes in the densely populated rural landscapes of China[A]. DeFries R S, Asner G P, Houghton R A, eds. Ecosystems and Land Use Change[M]. Washington D C: American Geophysical Union, 2004, 303 - 320.
- [7] Ellis E C, Li R G, Yang L Z, et al. Agroecosystem sustainability: developing practical strategies[M]. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. 95 - 104.
- [8] Ellis E C, Wang S M. Sustainable traditional agriculture in the Tai lake region of China[J]. Agriculture, Ecosystem and Environment, 1997, 61: 177 - 193.
- [9] 中国农业大学主编. 农业化学[M]. 北京: 农业出版社, 1998. 115 - 123.
- [10] 刘世全,高丽丽,蒲玉琳,等. 西藏土壤磷素和钾素养分状况及其影响因素[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 75 - 79.
- [11] 李跃林,彭少麟,赵平,等. 鹤山几种不同土地利用方式的土壤碳储量研究[J]. 山地学报, 2002, 20(5): 548 - 552.
- [12] 李新宇,唐海萍,等. 怀来盆地不同土地利用方式对土壤质量的影响分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 103 - 107.
- [13] Saikh H, Varadachari C, Ghosh K. Changes in carbon, nitrogen and phosphorus levels due to deforestation and cultivation: A case study in Simlipal National Park, India[J]. Plant and Soil, 1998, 198: 137 - 145.
- [14] Isiam K R, Weil R R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh[J]. Agriculture, Ecosystem and Environment, 2000, 79(9): 9 - 16.