

基于 GIS 的城乡交错带土壤养分时空变化及格局分析

——以北京市大兴区为例

孔祥斌¹, 张凤荣¹, 王 茹², 徐 艳¹

(1. 中国农业大学土地资源与管理系, 北京 100094; 2. 北京市房屋与土地管理局土地整理中心, 北京 100013)

摘要:通过 GPS 定位采取土样, 标准方法的土样化验、借助 GIS 技术, 应用 Kriging 插值方法, 分析研究了城乡交错带土壤肥力水平变化及其空间分布。研究结果表明, 由于近 20a 土地集约化利用和采用秸秆还田等土壤培肥技术, 土壤有机质、全氮、碱解氮和速效磷含量都增加了, 而速效钾含量因为作物产量增加而施用钾肥不足, 含量却下降了。各肥力因素情况如下: 1982 年土壤有机质含量及其空间分布情况是: 6~10 g/kg 之间的, 占总面积的 61.23%; 10~12g/kg 之间的, 占总面积的 35.17%; 12~15g/kg, 占总面积的 3.6%; 2000 年土壤有机质含量及其空间分布情况是: 6~10g/kg 之间的, 占总面积的 14.35%; 10~12 g/kg 之间的, 占总面积的 33%; 12~15g/kg 之间的, 占总面积的 32.43%; 15~20g/kg 之间的, 占总面积的 12.91%; 20g/kg 以上, 占总面积的 7.31%。1982 年土壤全氮含量及其空间分布情况是: 小于 0.5g/kg 的, 占总面积的 28.72%; 0.5~0.8g/kg 的, 占总面积的 60.81%; 2000 年土壤全氮含量及其空间分布情况是, 在 0.8~1.0g/kg 之间的, 占总面积的 48.57%; 含量在 1.0~1.2g/kg 之间的, 占总面积的 28.87%; 含量在 0.5~0.8g/kg 之间的, 占总面积的 20.67%。1982 年土壤碱解氮含量及其空间分布情况是: 45~60mg/kg 之间的, 占总面积的 44.11%; 60~75mg/kg 之间的, 占总面积的 28.89%; 30~45mg/kg 之间的, 占总面积的 26.35%; 2000 年土壤碱解氮含量及其空间分布情况是: 在 60~75mg/kg 之间的, 占总面积的 57.08%, 75~90mg/kg 之间的, 占总面积的 33.4%。1982 年速效磷含量及其空间分布比较简单, 主要分布在 5~10mg/kg 之间, 占总面积的 82.34%; 2000 年速效磷含量及其空间分布主要是在 20~30mg/kg 之间, 占总面积的 55.16%; 15~20mg/kg 之间, 占总面积的 28.89%。1982 年土壤速效钾含量及其空间分布主要是在 75~100mg/kg 之间, 占总面积的 52.69%; 含量在 50~75mg/kg 之间, 占总面积的 36.82%; 2000 年土壤速效钾含量及其空间分布主要是在 50~75mg/kg 之间, 占总面积的 49.98%, 含量在 75~100mg/kg 之间, 占总面积的 35.85%。

关键词:土壤养分; 时间空间变化; 城乡交错带; GIS

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目(G199011810)、国家自然科学基金资助项目(49871005); 国土资源部重点科技资助项目(2000209)

收稿日期:2003-06-04; **修订日期:**2003-09-10

作者简介:孔祥斌(1969~), 男, 河北省承德市人, 博士, 讲师。主要从事土地资源可持续利用和管理研究。E-mail: kxb@cau.edu.cn; kxb1@263.net

Foundation item: National Key Basic Research Special Fund(No. G199011810); National Natural Science Foundation of China(No. 49871005); Key Technical Research Fund of National Land and Resource Ministry(No. 2000209)

Received date: 2003-06-04; **Accepted date:** 2003-09-10

Biography: KONG Xiang-Bin., Ph. D., main research field: utilization and management of land resources, E-mail: kxb@cau.edu.cn; kxb1@263.net

GIS based analysis of spatial-temporal distribution of soil nutrients in a suburb region: A case study of the daxing district in Beijing City

KONG Xiang-Bin¹, ZHANG Feng-Rong¹, WANG Ru², XU Yan¹ (1. Dept. of Land Resources and Management, CAU, Beijing 100094, China; 2. Beijing House and Land Management Bureau, Beijing 100013, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2210~2218.

Abstract: Daxing County, located south of the city of Beijing, was taken as a case study for illustrating soil fertility change. The 1:50,000 soil map produced in the Second National Soil Survey (SNSS) in 1982 was digitized with GIS supporting. Top soil samples were collected from the same soil sampling sites of the 1:50,000 soil map with GPS reference locations, from May to June 2000. Three samples collected around each sampling point were mixed and a quarter of each sample was kept for laboratory analysis. At the same time, farmers were interviewed for fertilizer input, irrigation, yield, land management, etc.

The soil samples were air-dried and ground to pass sieves with 0.15 to 1 mm in diameter in the laboratory. Chemical properties of soils were analyzed using standard methods.

The spatial-temporal change of soil fertility was studied using the Kriging interpolation method with GPS and GIS supporting. The soil nutrient content classification was based on the SNSS standards.

Selected soil fertility factors in the years of 1982 and 2000 are as follows:

The organic matter content: the following three categories, 6 to 10, 10 to 12 and 12 to 15 g/kg covered 61.23, 35.17, and 3.60% of the total area, respectively, in 1982. The above three categories covered 14.35, 33.00, 32.43% of the total area, respectively, in 2000. In addition, two additional categories, 15 to 20, and 20+ g/kg covered 12.91 and 7.31% of the total area in 2000.

For the total nitrogen content: 28.72% of the total area was less than 0.5 g/kg and 60.81% was in the range of 0.5 to 0.8 g/kg in 1982. 20.67% of the total area was in the range of 0.8 to 1.0 g/kg, 48.57% in the range of 0.8 to 1.0 g/kg, and 28.87% in the range of 1.0 to 1.2 g/kg, in 2000.

The available nitrogen content: the following three categories, 30 to 45, 45 to 60, and 60 to 75 mg/kg covered 26.35, 44.11, and 28.89% of the total area, respectively, in 1982. Two categories, 60 to 75, and 75 to 90 mg/kg covered 57.08 and 33.4% of the total area in 2000.

The available phosphorus content: the majority (82.34%) of the total area was in the range of 5 to 10 mg/kg in 1982. The majority (55.16%) of the total area was in the range of 20 to 30 mg/kg, and 28.89% was in the range of 15 to 20 mg/kg in 2000.

The available potassium content: two categories, 50 to 75 and 75 to 100 mg/kg covered 36.82 and 52.69% of the total area in 1982, versus 49.98 and 35.85% in 2000.

The present study of soil fertility change illustrated that both land use types and land management patterns have changed dramatically with the economic development in the metropolitan area. With the replacement of grain crops with cash crops, and the increase of fertilizer inputs, the soil OM, N and P levels have increased. However, the soil K content decreased with time, likely due to higher crop yields coupled with low or no K fertilizer applications.

Key words: suburb region; soil nutrient; spatial-temporal change

文章编号:1000-0933(2003)11-2210-09 中图分类号:S126 文献标识码:A

随着城市化进程的加快,大城市郊区的土地利用类型变化剧烈^[1,2]。具有区位优势的大城市郊区的农用地,无论是其利用结构,还是经营管理措施也都发生了很大的变化^[3,4];这种变化的主要方向是向高产值

的作物发展,导致农用地利用的集约度不断增加^[5]。农用地利用方式变化必然对土壤养分的变化产生重要的影响^[6~11],相应地,土壤质量也会发生很大变化。因此,分析研究城乡交错带土壤质量变化规律,为耕地的可持续利用提供科学依据。本文以北京市郊的大兴区为研究样区,采用GPS进行土壤样点采样,运用GIS技术进行土壤样点土壤养分含量的空间尺度转换,分析大城市郊区土壤质量的时间空间变化规律,为区域土壤质量的管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

1982年的土壤数据和养分样点分布图是大兴区全国第2次土壤普查的数据和土壤图,土壤图比例尺为1:50,000,土壤采样时间为同年5~6月份。2000年土壤养分的野外采样点是在1982年大兴县全国第2次土壤普查的主剖面点位基础上,于当年5~6月份在研究区域选取样点320个。取0~20cm的表层土壤,每一采样点周围选取3个点,混合土样,四分法取样。采样的同时,利用GPS获取土壤样点的地理坐标,记录户主有关土地利用情况、种植制度、施肥状况、水利设施、灌溉水源、灌溉制度、平均单产等情况。

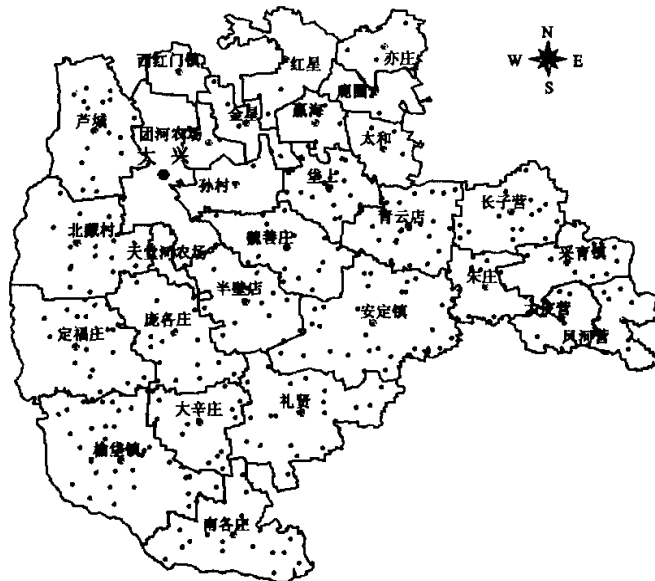


图1 北京市大兴县土壤采样点分布图

Fig. 1 The location of soil sampling in Daxing district in Beijing City

1.2 样品处理与分析

土壤样品采集回到室内后,剔除土壤中植物根系及残体、石块、昆虫尸体等杂物,选择通风良好的地点风干。已风干的土样磨细后,过0.15~1mm的细筛。对采集到的土壤样品经预处理后,过筛备用。土壤样品室内分析均采用国家标准方法^[12],根据和历史资料的可对比性,主要测定以下几个项目(表1),这样就可以得到土壤养分数据。

1.3 数据处理

不同形式的Kriging内插法是目前地统计学应用最广泛的最优内插法,它是根据半方差分析所提供的空间自相关程度的信息进行插值,因此可以对未采样点给出最优无偏估计,而且能同时提供估计值的误差和精确度。也即它是利用已知点的数据去估计未知点 X_0 的数值,其实质是一个实行局部估计的加权平

均值:

$$Z(X_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(X_i)$$

式中, $Z(X_0)$ 是在未经观测点 X_0 上的内插估计值, $Z(X_i)$ 是在点 X_0 附近的若干点上获得的实测值。 λ_i 是考虑了半方差图中表示空间的权重, 所以, Z 值的估计应该是无偏的, 因为:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

估计偏差是最小的, 并可由下列方程求出:

$$\sigma_a^2 = b^T \left| \frac{\lambda}{\mu} \right|$$

式中, b 是被估计点与其它点之间的半方差矩阵, u 为拉格朗日参数。

由于我国的土地、地形测量是以北京 54 坐标系为参照, 而 GPS 测量数据是以 WGS84 地心坐标系作为参照, 这两个坐标系所采用的参考椭球体不同, 因此必须进行坐标转换。我国 1:50,000 的土壤图是按 3°带高斯-克吕格投影到二维平面直角坐标系下, 所以 GPS 测量数据必须进行投影才能与 GIS 数据进行匹配。在本研究中, 应用 MAPGIS 的功能模块, 读入 GPS 数据, 完成精确投影转换和数据格式转换, 将 WGS84 坐标系下的 GPS 数据转换到北京 54 坐标系下, 输出 ArcView 能够接收的 shp 格式, 这样就得到了 2000 年的土壤采样点位图(图 1)

2 结果分析

以全国第二次土壤普查确定的土壤肥力分级标准为基础, 参考前人对本区土壤的分析试验数据^[1,2], 结合当地种植制度对土壤肥力的要求和 2000 年土壤分析的结果, 给出各单项肥力指标的分级标准(表 2)。

2.1 土壤有机质和养分含量的空间分布

利用 Kriging 最优内插法, 绘制土壤有机质和各养分含量的等值线图。Kriging 插值借助于地理信息系统软件 ArcView 完成, 得到 1982 年和 2000 年 2 个时期的土壤有机质和各养分含量的空间分布图(图 3~图 6), 同时统计各级的面积(表 3)。

2.1.1 土壤有机质 图 2 是 1982 年和 2000 年有

机质的分级图。1982 年土壤有机质的空间分布表明, 大兴区东北部古凉水河洪冲积区, 由于形成较早不受近代永定河泛滥沉积的影响, 基本没有砂质土, 故土壤养分含量明显比其西南部永定河近代沉积区高, 含量一般在 10~15g/kg; 而西南部乡镇因永定河泛滥影响, 砂质土较多, 故土壤有机质含量较低, 西南部大片地区土壤有机质的含量为 V 级(6~10g/kg), 面积 636.49km², 占总面积的 61.23%; 此外还有 35.17% 的面积为 N 级和 3.6% 的面积为 III 级。而 2000 年西南部土壤有机质含量为 V 级的面积, 仅仅为 149.16km², 占总面积的 14.35%; 含量在 12~20 g/kg 的 II、III 级占到了全区的 45.34%, 此外还有 7.31% 的 I 级。

2.1.2 土壤全氮和碱解氮 图 3 是 1982、2000 年土壤表层全氮含量的分级图。1982 年土壤全氮含量以 V

表 1 测定项目和分析方法表

测定项目 Measured item	分析方法 Analytic method
有机质 Organic matter	重铬酸钾氧化-外加热法 potassium dichromate oxidation-heat
全氮 Total Nitrogen	半微量开氏法 semimicro-Kjeldahl method
碱解氮 Available-N	碱解扩散法 alkali digestion diffuse
速效磷 Available-P	碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法 Olsen-P
速效钾 Available-K	乙酸铵浸提-火焰光度法 NH4AC-K

表 2 大兴区土壤肥力单项指标等级

级别 Class	有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total Nitrogen (g/kg)	碱解氮 Available -N (mg/kg)	速效磷 Available -P (mg/kg)	速效钾 Available -K (mg/kg)
I	>20	>1.5	>90	>30	>125
II	15~20	1.2~1.5	75~90	20~30	100~125
III	12~15	1.0~1.2	60~75	15~20	75~100
N	10~12	0.8~1.0	45~60	10~15	50~75
V	6~10	0.5~0.8	30~45	5~10	30~50
VI	<6	<0.5	<30	<5	<30

(1)北京农林科学院土肥所,北京农业区划办公室,北京市农田土壤养分与施肥区划,1991.

(2)北京市土壤肥料总站.1998 年京郊耕地土壤肥力现状与耕作水平报告.1999,7.



图2 1982年到2000年土壤有机质含量变化图

Fig.2 The change of soil organic matter content from 1982 to 2000

表3 土壤有机质和养分含量的空间分布统计

Table 3 The spatial distribution statistics of soil nutrient

项目 Item	时间 Year		分级 Rank					
			I	II	III	IV	V	VI
有机质 Organic matter (g/kg)	1982年	含量范围 Range	>20	15~20	12~15	10~12	6~10	<6
		面积 Area	—	—	37.44	365.55	636.49	—
	占%percent	—	—	3.6	35.17	61.23	—	
	2000年	面积 Area	76.01	134.24	337.08	342.99	149.16	—
		占%percent	7.31	12.91	32.43	33.00	14.35	—
	全氮 Total Nitrogen (g/kg)	1982年	含量范围 Range	>1.5	1.2~1.5	1.0~1.2	0.8~1.0	0.5~0.8
面积 Area			—	—	20.69	88.07	632.15	298.57
占%percent		—	—	1.99	8.47	60.81	28.72	
2000年		面积 Area	—	19.61	300.13	504.84	214.90	—
		占%percent	—	1.89	28.87	48.57	20.67	—
碱解氮 Available-N (mg/kg)		1982年	含量范围 Range	>90	75~90	60~75	45~60	30~45
	面积 Area		—	6.77	300.29	458.55	273.87	—
	占%percent	—	0.65	28.89	44.11	26.35	—	
	2000年	面积 Area	54.23	347.15	593.34	44.76	—	—
		占%percent	5.22	33.4	57.08	4.31	—	—
	速效磷 Available-P (mg/kg)	1982年	含量范围 Range	>30	20~30	15~20	10~15	5~10
面积 Area			—	—	47.47	136.11	55.9	—
占%percent		—	—	4.57	13.09	82.34	—	
2000年		面积 Area	48.75	573.33	300.31	117.09	—	—
		占%percent	4.69	55.16	28.89	11.26	—	—
速效钾 Available-K (mg/kg)		1982年	含量范围 Range	>125	100~125	75~100	50~75	30~50
	面积 Area		3.43	105.64	547.67	382.74	—	—
	占%percent	0.33	10.16	52.69	36.82	—	—	
	2000年	面积 Area	—	147.29	372.69	519.5	—	—
		占%percent	—	14.17	35.85	49.98	—	—



图 3 1982 年到 2000 年土壤全氮含量变化图

Fig. 3 The change of soil total nitrogen content from 1982 to 2000

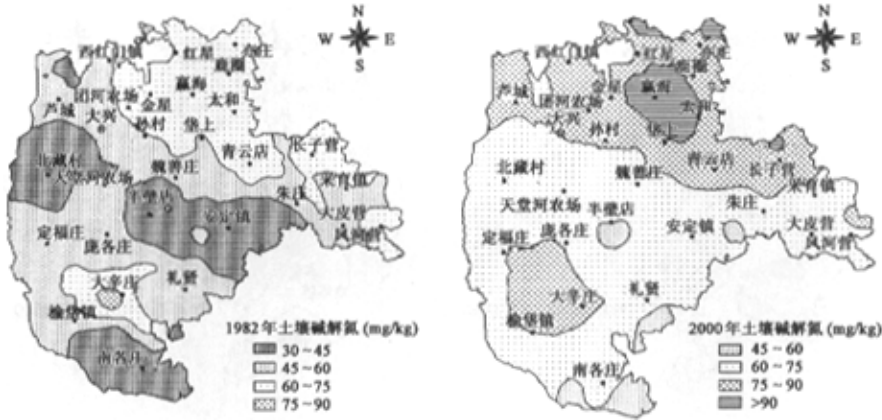


图 4 1982 年到 2000 年土壤碱解氮含量变化图

Fig. 4 The change of soil available nitrogen content from 1982 to 2000

级为主,面积比例为 60.81%,含量极缺的Ⅴ级占面积比例为 28.72%,另有 8.47%的Ⅳ级和 1.99%的Ⅲ级。2000 年Ⅲ级占到了全区的 28.87%,1982 年含量在最低级的全氮都转化成了较高级别的Ⅳ级和Ⅴ级。2000 年全氮的空间分布为:西南部南各庄、榆堡、定福庄、北藏乡一带的旱地,土壤以粗沙、细沙为主,主要种植花生、白薯,是全区的低值区域;而东北部红星区和西南部庞各庄西瓜种植区是高含量地区。图 4 是 1982、2000 年土壤碱解氮含量的分级图。1982 年多为Ⅳ级(44.11%)和Ⅴ级(26.35%)。2000 年Ⅳ级地仅占 4.31%,Ⅲ级地占到了全区的 57.08%,其空间分布与全氮相一致。

2.1.3 土壤速效磷 图 5 是 1982、2000 年土壤表层速效磷含量的分级图。1982 年速效磷分布比较简单,82.34%的为Ⅴ级地,另有 4.57%的Ⅲ级地和 13.09%的Ⅳ级地。2000 年速效磷Ⅲ级地面积比例为 55.16%,Ⅱ级地面积比例为 28.89%,主要分布在东北部红星区和西南部庞各庄、定福庄西瓜种植区,2000 年土壤速效磷的空间分布反映了土地利用方式与施肥等人为因素对土壤速效磷含量的影响。

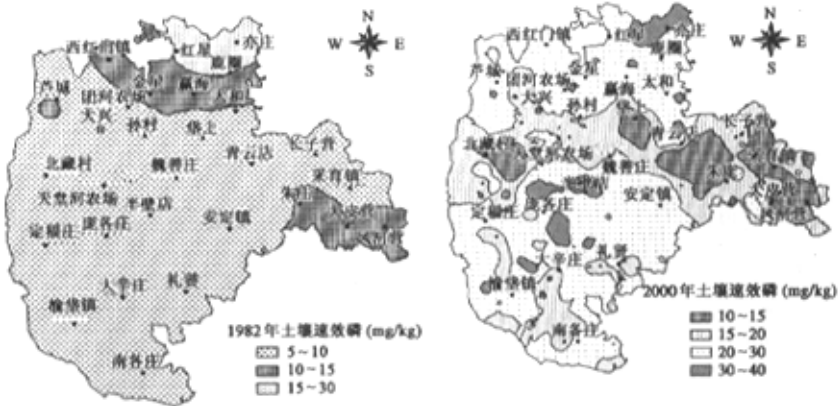


图 5 1982 年到 2000 年土壤速效磷含量变化图

Fig. 5 The change of soil available phosphorus content from 1982 to 2000

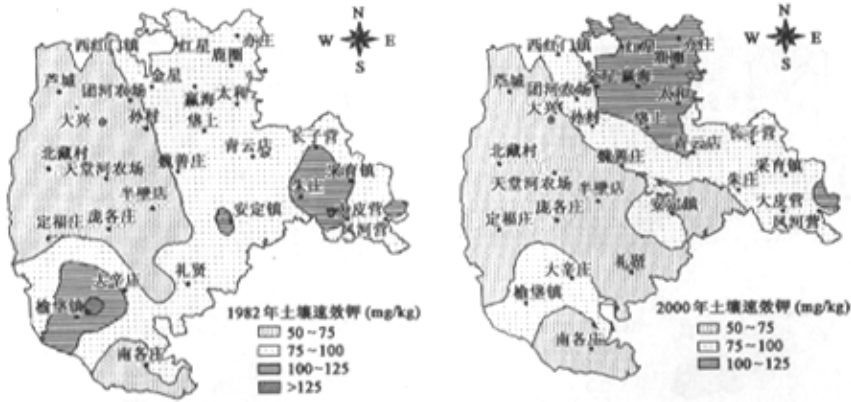


图 6 1982 年到 2000 年土壤速效钾含量变化图

Fig. 6 The change of soil available potassium content from 1982 to 2000

2.1.4 土壤速效钾 图 6 是 1982、2000 年土壤表层速效钾含量的分级图。据调查,大兴区长期以来忽视钾肥的施用,因此两期速效钾的空间分布基本不受钾肥的影响,因此变化不大,都呈大块状分布。1982 年以Ⅲ级地为主面积比例为 52.69%,2000 年以Ⅳ级地为主面积比例为 49.98%,呈下降的趋势。

综上所述,大兴区土壤养分含量除速效钾含量局部下降以外,其它土壤养分含量都有了不同程度的提高,这是近 20a 土地集约化耕作和重视土壤施肥科学管理,特别是采用秸秆还田等土壤培肥技术的结果。

2.2 土壤有机质和养分含量的空间分布格局

在上述分析土壤有机质和养分空间分布特征的基础上,重点探讨了 2000 年大兴区土壤养分的空间分布格局,为因地制宜地指导当地的农业生产活动,按照“归纳相似性、区别差异性、照顾行政边界”的原则,大致可以分为 6 个大区(图 7)。

2.2.1 北部红星高肥区 北部红星区由于濒临北京市城区,城市粪便、垃圾量大,秸秆还田数量多,耕地集约化程度高,复种指数达到 180% 以上,菜地、耕地、果园面积占耕地总面积的 67%,土壤以两合土、粘性

两合土为主,各项土壤养分均高于南部地区,其中有机质高 5.5g/kg,全氮高 0.31 g/kg,碱解氮高 33 mg/kg,速效磷高 22 mg/kg,速效钾高 32 mg/kg,土壤养分含量强烈的受到社会经济环境和耕地利用方式的影响。

2.2.2 东北部老平原高肥区 包括青云店、采育、凤河营、长子营、堡上、魏善庄等 6 个乡镇,此区属永定河古老沉积,这些乡镇以种植小麦、玉米、蔬菜为主,耕地面积约 1.4 万 hm^2 。此区土壤有机质多为 II、III 级区,平均含量为 13 g/kg 左右,全氮 1g/kg 左右,碱解氮平均 80 mg/kg,速效钾 80~100 mg/kg,只有速效磷低于全区平均水平。另据调查数据,该区土壤供氮量 75~82.5 kg/hm^2 ,供磷量 37.5 kg/hm^2 ,供钾量 135~165 kg/hm^2 ,冬小麦土壤基础产量平均为 3012 kg/hm^2 。

2.2.3 西南部新平原中肥区 主要包括榆垓、大辛庄、礼贤、安定、朱庄、大皮营等 6 个乡镇,此区为永定河近期沉积,土体沉积层理明显而复杂,耕层土壤质地地区差异很大,种植粮、菜、瓜并重,耕地面积约 1.85 万 hm^2 。各种养分指标在本区内均属中等水平,有机质在 12g/kg 左右,全氮平均为 0.85 g/kg,碱解氮 60~75mg/kg,速效磷(P_2O_5)20~40 mg/kg,相当于全区平均水平,速效钾(K_2O)87~96 mg/kg,含量较低。土壤供氮量 34.5~75 kg/hm^2 ,供磷量 39~52.5 kg/hm^2 ,供钾量 120 kg/hm^2 左右,冬小麦基础产量 2895 kg/hm^2 。

2.2.4 西北部永定河境外洼地低肥区 包括北藏村、定福庄、庞各庄 3 个乡镇,该地区为近河沉积,土质偏砂,土体简单,养分不易积累,耕地面积约 0.95 万 hm^2 ,土壤有机质含量多为 IV 级(10~12g/kg),全氮 0.8g/kg 左右,碱解氮 60~75mg/kg 之间,速效钾(K_2O)63~75mg/kg,均属低水平,只有速效磷相对较高。得天独厚的自然条件使这里成为京郊著名的瓜、果、菜生产基地,而多年的粮、瓜、菜轮作,较高的有机肥、化肥投入,各项土壤养分(除速效钾外)都有大幅度提高,与 1982 年相比,各项养分指标增加分别为有机质 35%,全氮 87%,碱解氮 53%,速效磷 260%。

2.2.5 中部沙土低肥区 主要包括半壁店、黄村和南各庄,是本区土壤养分含量最低的地区,总耕地面积约 0.7 万 hm^2 ,本区土壤有机质 10g/kg 左右,全氮 0.5~0.8g/kg,碱解氮 50~60mg/kg,速效磷 20~40 mg/kg,速效钾 55~75 mg/kg。

2.2.6 特殊区 另外西北部芦城乡,由于历史上水稻面积大,目前又是万亩韭菜生产基地,有机肥投入量大,因此除速效钾之外,其余养分均比较高,是个特殊地区。

总之,大兴区土壤养分含量呈现较明显的空间分布格局,其土壤养分含量与地貌类型、土壤质地、种植业结构表现出明显的一致性。

3 结论

(1)1982 年土壤有机质的空间分布表明,大兴区东北部古滦水河洪冲积区,一般在 6~10 g/kg,西南部大片地区土壤有机质的含量为 V 级(6~10g/kg),面积 636.49 km^2 ,占总面积的 61.23%;此外还有 35.17% 的 IV 级地和 3.6% 的 III 级地。而 2000 年西南部土壤有机质含量为 V 级的面积,仅仅为 149.16 km^2 ,占总面积的 14.35%;含量在 12~20g/kg 的 II、III 级地占到了全区的 45.34%,此外还有 7.31% 的 I 级地。

(2)1982 年土壤全氮含量以 V 级地为主,面积达到 60.81%,含量极缺的 VI 级地有 28.72%,另有 8.47% 的 N 级地和 1.99% 的 III 级地。2000 年 III 级地占到了全区的 28.87%,1982 年含量在最低级的全氮都转化成了较高级别的 IV 级和 V 级。土壤碱解氮含量 1982 年多为 N 级。2000 年 N 级地仅占 4.31%,III 级地占到了全区的 57.08%,其空间分布与全氮相一致。



图 7 大兴县 2000 年土壤养分空间分布格局图

Fig. 7 The distribution of soil nutrition 2000 in Daxing district

(3)1982年速效磷分布比较简单,82.34%的为V级地,另有4.57%的Ⅲ级地和13.09%的Ⅳ级地。2000年速效磷以Ⅲ级地和Ⅳ级地为主。而速效钾1982年以Ⅲ级地为主,2000年以Ⅳ级地为主,呈下降的趋势。

(4)科学的培肥措施和集约化耕作是土壤养分含量上升的主要原因。大兴区土壤养分含量呈现较明显的空间分布格局,其土壤养分含量与地貌类型、土壤质地、种植业结构表现出明显的一致性。

References:

- [1] Zhou Y,Zhang S Y,Wang Q Y,*et al.* The appraise of fertilizer and the land use structure change in Shi Zishan region in WuHan city. *The Journal of Agriculture University in the Middle of China*, 1997,16(1):43~47.
- [2] Gao X,Wang A M,Zhang D L. Land Use Response to its Sub-urbanization in Gaolan County. *Human Geography*, 2001, 16(5):77~78.
- [3] Liu S H,Wu C J,Shen H Q. A GIS based Model of Urban Land Use Growth in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2000,55(4):401~416.
- [4] Chen F,Chen G,Bao H S,*et al.* Analysis on land use change and human driving force in urban fringe. *Journal of Natural Resources*,2001,16(3):205~210.
- [5] Chen Y Q. The discussion on the land use pattern in urban fringe. *China Land Science*,1997,(4):32~36.
- [6] Larson, D F, Pierce, F J. Conservation and Enhancement of Soil Quality. In: *Evaluation for sustainable land management in the developing*, vol. 2; Technical papers IBSRM proceedings 12(2), International board for Soil research and management Bangkok, Thailand, 1991.
- [7] Fu B J, Chen L D, Ma K M. The effect of land use change on the regional environment in the Yang J G catchment in the loss plateau of china. *Acta Geographica Sinica*,2000,54(3):242~246.
- [8] Kong X B,Zhang F R,Qi W,*et al.* The Change of Land Use Types Influence on Soil Fertility in Intensive Agricultural Region. *Acta Geographica Sinica*, 2003,58(3):334~342.
- [9] Fu B J,Guo X D,Chen L D,*et al.* Land use changes and soil nutrient changes a case study in Zunhua County,Hebei Province. *Acta Ecologica Sinica*,2001,21(6):927~931.
- [10] Qin M Z,Chen Y Z. Analysis on Land Use Change and Its Impact on Soil Quality in Fast Urbanization Region : Guangzhou as a Case Study. *Research of Agricultural Modernation*,2001,22(2):120~124.
- [11] Fu B J,Ma K M,Zhou H F,*et al.* The effect of land use structure on the distribution of soil nutrients in the hilly area of the Loess Plateau,China. *Chinese Science Bulletin*,1999,44(8):732~736.
- [12] Liu G S,Jiang N H,Zhang L D,*et al.* *The describe of soil profile and soil physics and chemical analysis*. Beijing: The Press of Criteria in China,1996.

参考文献:

- [1] 周勇,张生云,王庆云,等. 武汉市狮子山地区土地利用结构变化与肥力评价. *华中农业大学学报*,1997,16(1):43~47.
- [2] 高翔,王爱民,张德利. 阜兰县城郊区过程中土地利用化响应. *人文地理*,2001,16(5):77~78.
- [3] 刘盛和,吴传钧,沈洪泉. 基于GIS的北京城市土地利用扩展模式. *地理学报*,2000,55(4):404~416.
- [4] 陈浮,陈刚,包浩生,等. 城市边缘区土地利用变化及人文驱动力机制研究. *自然资源学报*, 2001, 16(3):205~210.
- [5] 陈佑启. 城乡交错带土地利用模式探讨. *中国土地科学*,1997,(4):32~36.
- [7] 傅伯杰,陈利顶,马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响. *地理学报* 2000,54(3):241~246.
- [8] 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. *地理学报*,2003,58(3):334~342.
- [9] 傅伯杰,郭旭东,陈利顶,等. 土地利用变化与土壤养分的变化——以河北遵化县为例. *生态学报*,2001,21(6):927~931.
- [10] 秦明周,陈云增. 快速城市化地区土地利用及其对土壤质量的影响. *农业现代化研究*,2001,22(2):120~124.
- [12] 刘光祿,蒋能慧,张连第,等. *土壤理化分析与剖面描述*. 北京:中国标准出版社,1996.