

# 黑土区县域耕地土壤氮素动态分析

张磊<sup>1</sup> 赵军<sup>2\*</sup> 葛翠萍<sup>2,3</sup> 谢叶伟<sup>1,2</sup>

1.东北林业大学, 哈尔滨 150040

2.黑龙江省黑土重点实验室, 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 哈尔滨 150081

3.中国科学院研究生院, 北京 100049

**摘要:** 本研究利用科学数据库多年来积累的历史图件和数据, 并结合2005年耕层(0-20cm) 500个采样数据为基础, 选择典型黑土区双城市农田为研究区域, 分析了22年来该县耕地土壤全氮和碱解氮的时空变化。结果表明, 从空间分布来看, 土壤全氮和碱解氮分别属于高度空间相关, 结构性因子的影响占主导地位。22年来土壤全氮和碱解氮都呈上升趋势, 2005年土壤全氮平均值为1.86g/kg, 比80年代的1.5g/kg增加了0.36g/kg, 增幅为24%; 土壤碱解氮平均值为137.8mg/kg, 比80年代增加了16.8mg/kg, 增幅为13.9%。评价土壤氮素时空变化对于科学地指导施肥、提高土壤质量和作物产量、保护生态环境都有重要意义。

**关键词:** 土壤养分; 全氮; 碱解氮; 空间格局

\* 基金项目: 地方攻关项目2007AA6CN104; 国家科技基础条件平台建设项目2006DKA32300-04资助

## Dynamic Analysis of Soil Nitrogen Factors of Typical County Farmland in Blacksoil Region

Zhang Lei<sup>1</sup>, Zhao Jun<sup>2\*</sup>, Ge Cuiping<sup>2,3</sup>, Xie Yewei<sup>1,2</sup>

1. Northeast forestry university, Harbin 150040,China

2. Heilongjiang key laboratory of black soil ecology, Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081,China

3. Graduate university of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049,China

### Abstract:

Soil total nitrogen (TN) content and soil available nitrogen content(AN) of farmland in Shuangcheng city were analyzed in the research based on 80s' soil nutrients data of the Scientific Database of Agroecology and Blackland in Northeast and 500 soil samples that were collected from the field in 0-20cm in 2005. The maps of soil TN and AN (1:50000) in the 80s were digitized and overlaid with the correspondent maps of 2005 using ArcMap. The result shows that in the past about 22 year's succession survey for soil quantities from 1980s, TN and AN show increase. The average value of TN in 2005 was 1.86g/kg, increasing by 0.36g/kg, with the amplitude 24%; while the average value of AN in 2005 was 137.8mg/kg, increasing by 16.8mg/kg with the amplitude 13.9%. The results of geostatistics analysis showed all of them were a relative significantly spatial heterogeneity, both mainly affected by factors of structures. The percent is 29.3%.This analysis is very useful to help farmers use the fertilizer, improve soil quality and preserve ecological environment.

### Keywords:

Soil nutrients; Soil total nitrogen; Soil Alkali-hydrolysable nitrogen; Spatial distribution ►

80年代第2次土壤普查时,我国大部分土壤都缺氮,本研究区也不例外。根据当时的土壤培肥措施,增施氮肥取得了显著的增产效果。但是,近三十年来随着氮肥用量的大幅度增加,土壤中的营养元素比例失调,氮肥的增产效果明显降低。根据双城市统计年鉴从1975年到2000年该区氮肥的施入量增幅达45%。增施氮肥增加了作物的产量,但是过多地施用氮肥除了会使氮肥利用率下降,也会对环境造成负面问题<sup>[1]</sup>。

由于历史数据资源的限制,难以将过去的数据和现在的变化进行比较和评价,因此,关于土壤养分现状的分析文章较多<sup>[2-4]</sup>,对多年来土壤养分变化的分析较少<sup>[5-6]</sup>。本研究在东北黑土农业生态数据库积累的大量的不同时段土壤普查的图件、数据和资料的支持下,以东北黑土区农业大县双城市为例,对其土壤氮素变化情况进行了细致和深入地分析,旨在为东北黑土区各县土壤养分的变化评价提供参考和示范,为合理施肥保护生态环境,防止土壤退化和提高粮食产量提供科学的数据和理论依据。

为了系统地了解东北黑土区旱作农田土壤氮素资源状况和变化过程,本研究以典型黑土区双城市为例,采集了双城市旱作玉米农田耕层土壤(0-20cm)土样500个,并利用了东北黑土农业生态数据库中收集了80年代第2次土

壤普查1:5万的土壤全氮和碱解氮空间分布图,对农田土壤氮素资源动态变化和空间异质性进行综合分析,本研究可以为双城市乃至东北黑土区旱作农田合理有效地施肥和耕地地力评价提供科学数据和理论依据,为保护生态环境、防止土壤退化和提高粮食产量提供支持。

## 1. 材料和方法

### 1.1 研究区域概况

双城市位于松嫩平原典型黑土带南部,松花江中游南岸,

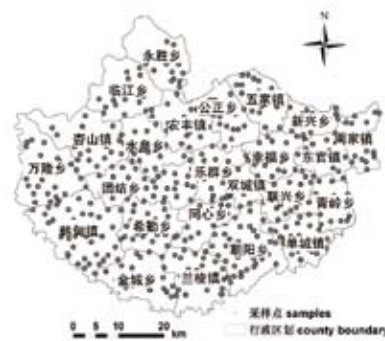


图1 研究区域采样点

西南部与吉林交界,东北与哈尔滨市接壤。地理位置为北纬 $45^{\circ} 08' - 45^{\circ} 43'$ ,东经 $125^{\circ} 41' - 126^{\circ} 42'$ 。全境为冲积平原和阶地,地势平坦,呈东高西低的马鞍状,海拔在110-210m,耕地面积约21万 $hm^2$ ,有6个土类,黑土是主要土类,约占总面积的58.08%,黑钙土和草甸土分别占18.85%和

18.39%。年均气温在 $2.0-5.3^{\circ}C$ ,降雨量约在400-500mm左右。旱作农业区划,半干旱区域<sup>[7]</sup>,种植业以玉米为主。耕地承包户根据经济条件不同施肥有所不同,一般情况下,全年分两次施用氮肥(尿素),年施总量折合纯氮大约在 $140kg/hm^2-220kg/hm^2$ 不等,近年来有条件的农户增施鸡粪和猪粪。双城市是我国重要的商品粮和畜产品基地,已连续5年列全国百个产粮大县前10名。除此之外,双城畜牧业和食品工业也是全国百强县之一,年奶产量居全国第一位。

### 1.2 采样与化验分析

在2005年秋收后,以土壤分类图、区划图和土地利用图为底图,按照栅格法设计在研究区内均匀采集农田耕层(0-20cm)土壤样品500个,见图1。各个混合样s型取样采集10-15个点,充分混合后4分法留存。将土样带回实验室自然风干,过2mm筛后,分析土壤养分含量。全氮和碱解氮分别采用凯氏蒸馏法和碱解扩散法测定。

### 1.3 图件处理

将80年代第2次土壤普查1:5万的土壤全氮和碱解氮图,校正配准后矢量化成图;收集和整理必要的种植业数据;2005年采集的土样数据化验后,利用地统计学和空间分析方法,插值生成矢量图,备分析使用。

1.4 研究方法

1) 样本的描述性分析采用SPSS13.0软件完成; 2) 矢量化和空间叠加分析利用ArcGIS软件平台处理完成; 3) 样点数据地统计分析和Kriging插值<sup>[9]</sup>采用GS+5.3软件和ArcGIS软件结合完成; 4) 利用马尔科夫矩阵分析土壤氮素动态变化过程<sup>[10]</sup>。

2. 结果与讨论

2.1 农田土壤全氮和碱解氮现状统计学分析

通过对双城市农田土壤耕层

采集的500个土样化验结果进行分析, 并与第2次土壤普查时的数据对比表明(见表1), 目前双城市土壤全氮和碱解氮的变化范围在0.16-5.89g/kg和118.1-171.3mg/kg之间, 变异系数为37%和8%, 分别属中度空间变异和弱空间变异。全氮平均值为1.86g/kg, 较第2次土壤普查时的1.5g/kg增加了0.36g/kg, 增幅为24%, 按照第2次土壤普查时国家土壤养分分级标准处于2级水平; 碱解氮平均值为137.8mg/kg, 较第2次土壤普查时121mg/kg增加了16.8mg/kg, 增幅为13.9%, 按照第2次土壤普

查时国家土壤养分分级标准处于2级水平, 当地分级标准为4级水平(见表2)。

通过对双城市2005年500样点全氮和碱解氮相关性分析表明, 全氮与碱解氮在0.01的水平上极显著相关(皮尔森相关系数=0.182, sig=0.0), 此结果与80年代第2次土壤普查时, 有机质、全氮和碱解氮在黑龙江省尺度上的相关关系分析结果基本一致<sup>[11]</sup>。

2.2 22年来农田土壤全氮和碱解氮的变化分析

将2005年土壤全氮矢量图和

表1 2005年双城市土壤全氮、碱解氮的统计参数

	最大值 maximum	最小值 minimum	中值 median	平均值 average	标准差 Standard deviation	变异系数 Variance coefficient	块金值/基台值 C <sub>0</sub> /C <sub>0</sub> +C Nugget/sill	回归系数r <sup>2</sup> (Regression coefficient)
全氮(TN) (g/kg)	5.89	0.16	1.73	1.86	0.69	0.37	0.12	0.84
碱解氮(AN) (mg/kg)	171.3	118.1	135.4	137.8	11.2	0.08	0.06	0.83

表2 全国、黑龙江省和双城市土壤氮分级标准

分级 class	全氮(全国80) TN(country) g/kg	碱解氮(全国80) AN(country) mg/kg	全氮(黑龙江80) TN(Heilongjiang province) g/kg	碱解氮(黑龙江80) AN(Heilongjiang province) mg/kg	全氮(双城2005) TN(Shuangcheng city2005) g/kg	碱解氮(双城2005) AN(Shuangcheng city2005) mg/kg
1	2.0	>150	>4.0	>200	>4.0	>160
2	1.5-2.0	120-150	2.0-4.0	150-200	2.0-4.0	150-160
3	1.0-1.5	90-120	1.5-2.0	120-150	1.5-2.0	140-150
4	0.75-1.0	60-90	1.0-1.5	90-120	1.0-1.5	130-140
5	0.5-0.75	30-60	<1.0	60-90	<1.0	120-130
6	<0.5	<30	-	30-60	-	<120
7	-	-	-	<30	-	-

注: -表示没有此等级

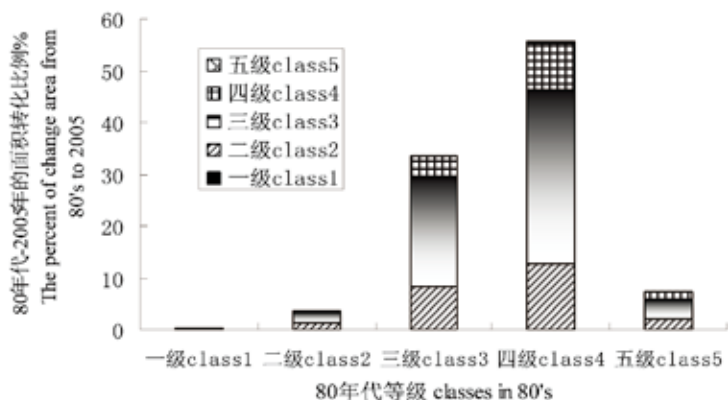


图2 全氮80年代到2005年各等级间面积转化的百分比图

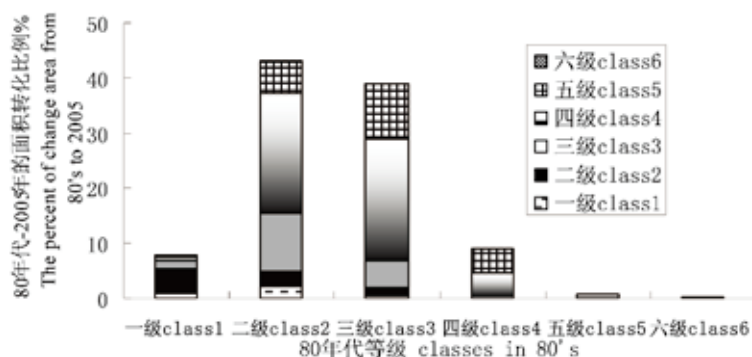


图3 碱解氮80年代到2005年各等级间面积转化的百分比图

►第2次土壤普查全氮分级矢量图进行空间叠加处理,以黑龙江省全氮分级为标准,利用马尔科夫矩阵分析22年来双城市土壤全氮变化过程,整理得到图2。图2表示80年代全氮各级转为2005年各级面积的百分比。

由图2、3可见,80年代到2005年土壤全氮1级、2级、3级、4级和5级含量所占的面积比例变化分别是0.21%—0.056%, 6.97%—

—24.4%, 30.01%—60.3%, 53.78%—15%和8.03%—0.2%。

2个时段土壤全氮变化呈明显的上升趋势,主要表现在80年代大量的4级和5级含量的土壤转为3级或者2级。这些变化与当地农民逐年增施氮肥,近年来当地畜牧业发达,农户逐步认识到有机肥对养地的益处,不断增施有机肥有关。从总体上看,双城市土壤全氮含量已经从较低水平得到较

大提高,4级和5级所占的面积升幅较大。但有些乡镇全氮含量仍然较低或有减少趋势。按黑龙江省评价标准1级面积较少而且有降低的趋势。

22年来双城市碱解氮变化很大,因此不能按照80年代制定的分级标准来分级,根据专家讨论结合当地实际情况,参照过去的分级标准,将碱解氮重新分为6级(见表2)。按照该分级,将采样点数据经过kriging插值处理后生成矢量图与80年代的土壤碱解氮矢量图叠加分析后得知,目前土壤碱解氮含量都高于80年代4级以上水平。主要变化特征见图3,图3表示80年代碱解氮各级转为2005年各级面积的百分比。

总的来看,按照2005年土壤碱解氮的分级标准(见表2),土壤碱解氮1级含量的面积占总面积的3.6%,2级占8.7%,3级占17.1%,4级占50.2%,5级占20.3%,6级占0.08%。大于160mg/kg和小于120mg/kg含量的比例较小。比较第2次土壤普查,土壤碱解氮的含量有了大幅上升,按照80年代黑龙江省制定的碱解氮分级标准,5级以下面积已经消失。说明双城市近年来氮肥施用量较大。应该对土壤目前的养分现状进行研究,制定新的土壤培肥机制,采用合理施肥措施,因土施肥,提高作物产量。

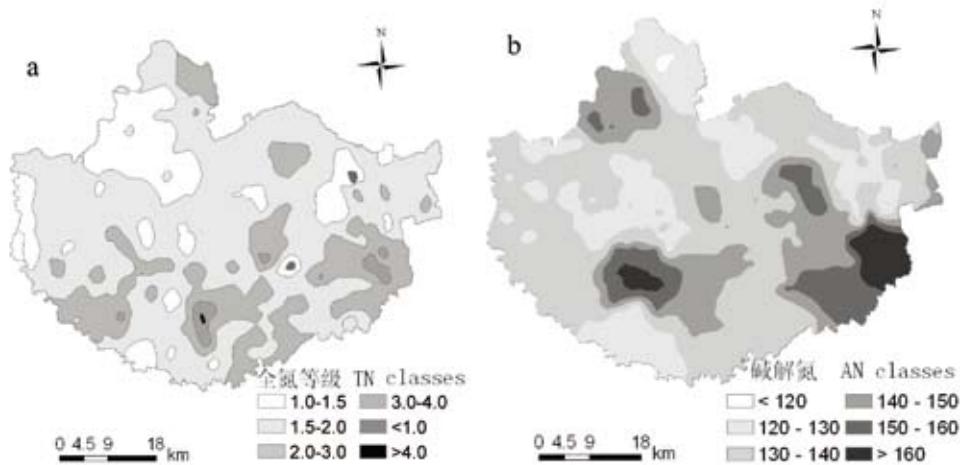


图4 土壤氮素空间分布图(a.全氮, b.碱解氮)

### 2.3 双城市土壤全氮和碱解氮空间分布现状

结合GS+地统计学软件和ArcGIS空间分析平台,对土壤全氮空间异质性分析可见,全氮的空间分布可以用指数模型来描述。块金值/基台值为0.12,说明全氮由结构性因素引起的空间异质性为88%,成土母质、地貌类型和土壤类型等起主要作用(见表1)。从图4看,全氮空间分布东南部高,其值大于3.0g/kg,偏东北部略高,其值大于2.0g/kg,尤以东部青岭乡、南部朝阳乡和前进乡附近最高,其值分别大于3.5g/kg、4.0g/kg。西北和西部低,其值低于1.5g/kg。第2次土壤普查时青岭乡全氮含量就较高,而朝阳乡和前进乡附近原来全氮含量较低,现在有较大提升,说明施肥也对全氮的空间异质性起到了较大作用。而西北部全氮含量仍然较低(区划参考图1),主要原因可能是这个区域邻河,沙化比

较严重,保水保肥性差,土壤较贫瘠。

碱解氮的空间分布可以用球型模型来描述。结构性因子对它们的空间分布起到了主要作用,所占比例为94%,空间自相关距离为8.8km,人为的影响比如施肥、种植作物等田间管理措施对它的影响占6%(见表1)。人为干扰缩短了碱解氮的空间自相关距离。碱解氮是能供给作物当年需要的速效性氮素,由于碱解氮的特性是不易被土壤所固定,如果施肥方法不当,或者施用量过多会产生淋溶或挥发,造成对当地水源和生态环境的污染,也会增加作物生产的成本,降低了农民的收入。从图4看,碱解氮的空间分布以东南部青岭、单城镇和南部希勤乡含量最高,大于160mg/kg,偏东南部高,其值大于150mg/kg,偏北和东北部较低,其值小于120mg/kg。碱解氮空间分布块状明显可能和成土母质、土壤类

型等有较大关系,2005碱解氮的空间分布较80年代相比,其空间异质性变化不大。

### 3. 结论

以国家和黑龙江省第2次土壤普查时制定的评价标准,目前双城市土壤全氮和碱解氮含量总体水平较之80年代有较大幅度增加。尤其是碱解氮1、2、3级含量(>140mg/kg)面积占29.3%,4、5、6级含量(<140mg/kg)面积占70.7%。统计学分析表明,双城市土壤全氮和碱解氮分别属于中度变异和弱变异,且两者具有极显著的相关性。

空间分析和克里格插值表明,土壤全氮和碱解氮的空间变异都属于高度空间相关,主要受成土母质、地形、地下水位以及形成的土壤类型等结构性因子的影响。但是人为的田间管理措施施肥等对土壤氮素的空间异质性也产生了影响。空间分布看碱解氮东南部高,▶

- 西部和东北部低。全氮北部和东南部高，中部和西部低。  
通过对22年来土壤全氮和碱解氮的变化程度和其空间异质性现状分析，可以为制定新的土壤培肥制度和措施，提出合理的氮肥施用用量提供数据支持，对于提高作物产量保护生态环境和国家的粮食安全具有重要意义。

## 参考文献:



- [1] J.F. Shanahan, N.R. Kitchen, W.R. Raun, J.S. Schepers. Responsive in-season nitrogen management for cereals[J]. Computers and electronics in agriculture, 2008,61:51-62.
- [2] 韩秉进,隋跃宇,赵军,等.黑龙江省黑土农田养分时空演变分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005,21(4):288-291.
- [3] 王宗明,张柏,宋开山,等.东北平原典型农业县农田土壤养分空间分布影响因素分析[J]. 水土保持学报, 2007,21(2):73-77.
- [4] 张兴义,王树奎,隋跃宇. 东北农田黑土碱解氮现状评价[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005,21(4):305-308.
- [5] 姚春霞,陈振楼,许世远. 上海市郊旱作农田土壤养分资源状况[J]. 水土保持学报, 2007,21(1):131-134.
- [6] 韩秉进,张旭东,隋跃宇,等. 东北黑土农田养分时空演变分析[J]. 土壤通报, 2006,38(2):238-341.
- [7] 黑龙江省双城县土壤普查办公室编. 双城土壤志[M]. 哈尔滨:农业出版社, 1983:52-57.
- [8] 陈述惠,杨腾玉,陈飞. 测土配方施肥与常规施肥的比较试验[J]. 广西农学报, 2007,22(6):20-22.
- [9] 王政权编著.地统计学及在生态学中的应用.北京:科学出版社, 1999.
- [10] 赵军,刘焕军,隋跃宇,等.农田黑土有机质和速效氮磷不同尺度空间异质性分析[J].水土保持学报, 2006,20(1):41-44.
- [11] 孙冬梅,陈学昌. 黑龙江省土壤有机质与全氮和碱解氮的相关分析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1995,8(2):57-60.

收稿时间:2008年12月30日

## 作者信息



张磊

东北林业大学，硕士研究生，主要研究方向为林业遥感与地理信息系统。



赵军

中国科学院东北地理与农业生态研究所，黑龙江省黑土重点实验室，研究员、硕士，主要研究方向为数据库、GIS和农业模型。



葛翠萍

中国科学院东北地理与农业生态研究所，黑龙江省黑土重点实验室，硕士研究生，主要研究方向为地理信息系统及其应用研究。