

黑土区典型县域农田土壤氮素动态分析

尹升¹, 赵军^{2*}, 谷思玉¹, 葛翠萍^{2,3}, 张磊^{2,4}, 张文成⁵, 贾洪东⁵

(1. 东北农业大学资源学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 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, 黑龙江 哈尔滨 150081; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 4. 东北林业大学, 黑龙江 哈尔滨 150040; 5. 双城市农业技术推广中心, 黑龙江 双城 150100)

摘要: 选择典型黑土区双城市旱作玉米农田为研究区域, 以耕层(0~20 cm)500 个采样数据为基础, 分析了土壤全氮和碱解氮的空间变化和现状; 利用 20 世纪 80 年代和 2005 年 2 个时段 1:50000 的土壤全氮和碱解氮空间分布图分析了 22 年来氮素的变化情况。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 1.86 g/kg, 比 80 年代的 1.5 g/kg 增加了 0.36 g/kg, 增幅为 24%; 土壤碱解氮平均值为 137.8 mg/kg, 比 80 年代增加了 16.8 mg/kg, 增幅为 13.9%。

关键词: 土壤养分; 全氮; 碱解氮; 空间格局

中图分类号: S158.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0042-05

20 世纪 80 年代第 2 次土壤普查时, 我国大部分土壤都缺氮, 东北黑土区旱作农田也不例外。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, 但是过多施用氮肥除了会使氮肥利用率下降, 也会对环境造成负面影响。因此, 如何提高氮肥当季利用率, 合理有效地施肥是当前的研究热点问题^[1~4]。近年来国家开展了测土施肥工程项目, 为农民提供按需施肥的方案^[5~7]。但是从目前情况看, 对土壤养分长期以来的变化和空间变异状况缺乏全面系统地分析和了解, 施肥还是存在着盲目性^[8]。

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(0~20 cm)土样 500 个, 并收集了 20 世纪 80 年代第 2 次土壤普查 1:50000 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 材料与方法

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, 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°08'~45°43', 东经 125°41'~126°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 110~210 m, 耕地面积约 21 万 hm², 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℃, 降雨量约在 400~500 mm 左右。旱作农业区划, 半干旱区域^[7], 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 140~220 kg/hm² 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

收稿日期: 2008-05-22

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)

作者简介: 尹升(1983-), 男, 黑龙江牡丹江人, 硕士研究生, 主要研究方向为土壤肥力和 GIS 应用技术。E-mail: yinsheng-521@163.com。

通讯作者: 赵军, E-mail: zhaojun@neigaeherb.ac.cn。

采集农田耕层(0~20 cm)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 2 mm

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。

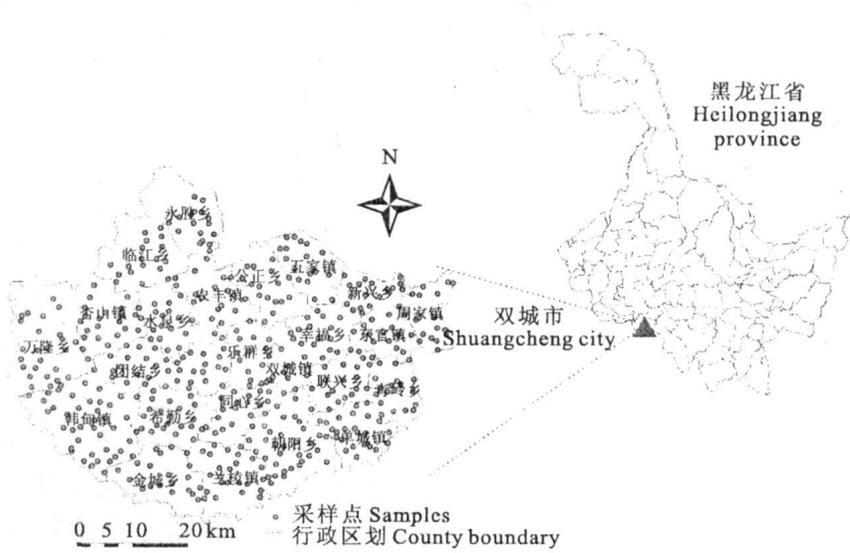


图 1 研究区域采样点

Fig. 1 Samples in study area(Shuangcheng city)

1.3 图件处理

将 20 世纪 80 年代第 2 次土壤普查 1:50000 的土壤全氮和碱解氮纸图,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^[9]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^[10]。

2 结果与分析

2.1 农田土壤全氮和碱解氮现状统计分析

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为 0.16~5.89 g/kg 和 118.1~171.3 mg/kg,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 1.86 g/kg,较第 2 次土壤普查时的 1.5 g/kg 增加了 0.36 g/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 137.8 mg/kg,较第 2 次土壤普查时 121 mg/kg 增加了 16.8 mg/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(皮尔森相关系数为 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^[11]。

表 1 2005 年双城市土壤全氮、碱解氮的统计参数

Table 1 The statistic parameters of soil total nitrogen and alkali-hydrolysable nitrogen in Shuangcheng in 2005

项目 Items	最大值 Max.	最小值 Min.	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 ₀ /C ₀ +C Nugget/sill	回归系数 r ² 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

Table 2 The criterion of soil nitrogen class in Shuangcheng, Heilongjiang Province and whole China

分级 Class	全氮(全国 1980s) TN(whole China in 1980s) (g/kg)	碱解氮(全国 1980s) AN(whole China in 1980s) (mg/kg)	全氮(黑龙江 1980s) TN (Heilongjiang Province in 1980s) (g/kg)	碱解氮(黑龙江 1980s) AN (Heilongjiang Province in 1980s) (mg/kg)	全氮(双城 2005) TN (Shuangcheng in 2005) (g/kg)	碱解氮(双城 2005) AN (Shuangcheng in 2005) (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	—	—

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,80 年代到 2005 年全氮各等级间面积转化的百分比见图 2。

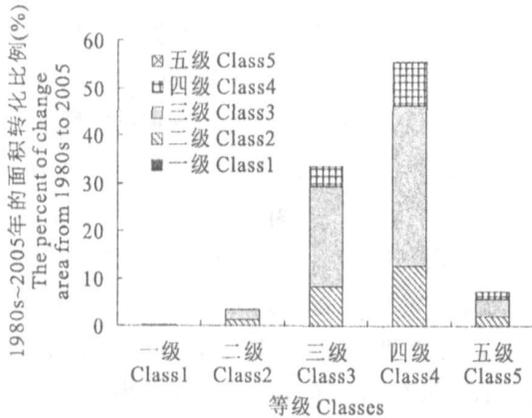


图 2 全氮 1980s 到 2005 年各等级间面积转化的百分比

Fig. 2 The percentage of each class change area from 1980s to 2005 of total nitrogen

由图 2 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%。

两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 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,2 级和 3 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。80 年代到 2005 年碱解氮各等级间面积转化的百分比见图 3。

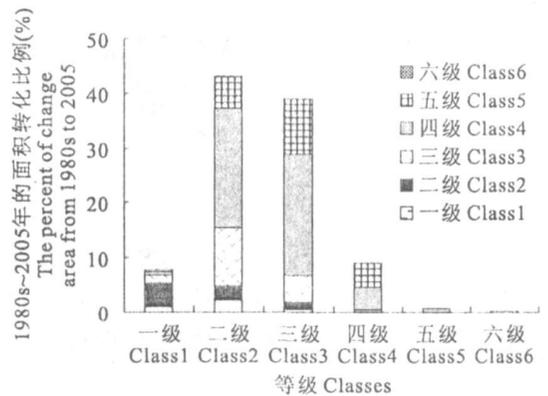


图 3 碱解氮 1980s 到 2005 年各等级间面积转化的百分比

Fig. 3 The percentage of each class change area from 1980s to 2005 of alkali-hydrolysable nitrogen

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 160 mg/kg 和小于 120 mg/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。

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 3.0 g/kg,偏东北部略高,其值大于 2.0 g/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 3.5 g/kg、4.0 g/kg。西北和西部低,其值低于 1.5 g/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。

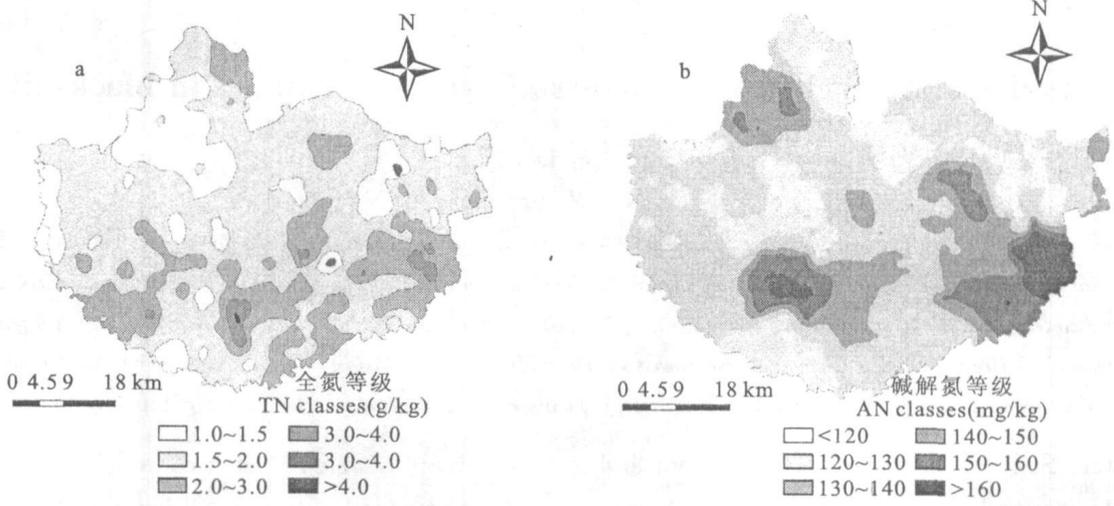


图 4 土壤氮素空间分布(a.全氮,b.碱解氮)

Fig.4 Spatial variance of soil N (a. TN, b. AN)

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 8.8 km,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,降低农民的收入。从图 4 看,碱解氮的空间分布以东南部青岭乡、单城镇和南部希勤乡含量最高,大于 160 mg/kg,偏东南部较高,其值大于 150 mg/kg,偏北和东北部较低,其值小于 120 mg/kg。碱解氮空间分布块状明显可能与成土母质、土壤类型等有较大关系,2005 碱解氮的空间分布与 80 年代相比,其空间异质性变化不大。

含量(<140 mg/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。空间分布看全氮北部和东南部高,中部和西部低。碱解氮东南部高,西部和东北部低。

通过对 22 a 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技术措施、合理的氮肥施用量提供数据支持,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。

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(>140 mg/kg)面积占 29.3%,4、5、6 级

参 考 文 献:

[1] Shanahan J F, Kitchen N R, Raun W R, et al. 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] 玉宗明,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. 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. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 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.

Dynamic analysis of soil nitrogen factors of typical farmland in blacksoil region

YIN Sheng¹, ZHAO Jun^{2*}, GU Si-yu¹, GE Cui-ping^{2,3},
ZHANG Lei^{2,4}, ZHANG Wen-cheng⁵, BEN Hong-dong⁵

(1. Resources and Environment Institute, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China; 2. Heilongjiang Key Laboratory of Blacksoil Ecology, Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150081, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040, China; 5. Shuangcheng Center of Agricultural Technology Transfer, Shuangcheng, Heilongjiang 150100, China)

Abstract: Soil total nitrogen (TN) content and soil alkali-hydrolysable nitrogen content (AN) of farmland in Shuangcheng were studied. 500 soil samples were taken from the field with the soil layer of 0~20 cm, and got the map of soil nitrogen variance in 2005. The maps of soil TN and AN (1:50000) in the 1980s were digitized and overlaid with the correspondent maps of 2005 using ArcMap. The results of geostatistics analysis showed that both of them were a relative significantly spatial heterogeneity, mainly affected by factors of structures. In the past 22 years' succession survey for soil quantities from 1980s, TN and AN show increase. The average value of TN in 2005 was 1.86 g/kg, increasing by 0.36 g/kg, with the amplitude 24%; while the average value of AN in 2005 was 137.8 mg/kg, increasing by 16.8 mg/kg with the amplitude 13.9%. This analysis is very useful to help farmers use fertilizer properly, improve soil quality and preserve ecological environment.

Key words: soil nutrients; soil total nitrogen; soil alkali-hydrolysable nitrogen; spatial distribution