

北方农牧交错带土地利用类型对土壤养分分布的影响*

刘全友** 童依平

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

【摘要】 对北方农牧交错带多伦县 5 种土地利用类型进行 118 个土壤样点分析表明, 农田土壤养分含量最低, 草地含量处中等, 林地含量最高. 分别对 4 种不同土地利用类型在 4 种 > 15° 坡的小流域进行布点采样, 研究不同土地利用结构对土壤有机质、速效磷、速效氮和全氮的影响. 结果表明, 在垂直方向上, 由坡底到坡中到坡顶, 对应的耕地、草地、林地土壤养分要比对应草地、林地、耕地这一土地利用类型中土壤营养元素含量高出 1 倍左右, 说明此种土地利用类型具有较好的土壤养分保持能力, 从而优化出最适合当地的土地利用类型, 为改善生态环境、提高当地经济效益提供科学依据.

关键词 北方农牧交错带 土地利用结构 土壤养分 土壤侵蚀

文章编号 1001-9332(2005)10-1849-04 中图分类号 Q142.3 文献标识码 A

Effects of land use type on soil nutrient distribution in northern agro-pasture ecotone. LIU Quanyou, TONG Yiping (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(10): 1849~ 1852.

Soil samples under five land use types were collected from Duolun County in the northern agro-pasture ecotone. Chemical analysis showed that soil nutrient content was the lowest in farmland, medium in grassland, and the highest in woodland, indicating that reclamation accelerated the decomposition of soil organic matter and the further loss of soil nutrients. To investigate the effects of land use type on soil organic matter, available phosphorus, available nitrogen and total nitrogen, soils from four different land use types in the catchments with slopes steeper than 15° were sampled and analyzed. Vertically, the content of soil nutrients from slope bottom to its top was two times higher in land use type cropland, grassland, woodland than in grassland, woodland, cropland. Such a difference indicated the positive effects of the former land use type on soil nutrient retention. Therefore, selecting this optimal land use type in studied area could improve local eco-environment and economic benefits.

Key words Northern agro-pasture ecotone, Land use type, Soil nutrient, Soil erosion.

1 引言

土地利用变化可引起许多生态过程的变化, 如土壤养分、水分、地表径流与侵蚀^[6,8,11], 以及生物地球化学循环等变化^[9,10]. 而氮、磷是生态系统中含量最丰富的元素之一, 也是大多数农业和自然陆地生态系统初级生产过程最受限制的元素之一^[12,16,19], 同时, 氮与碳、硫、磷等元素的循环是相互耦合的^[15]. 研究表明, 沙地生态系统中土壤 N 含量明显不足, 是影响生态系统生产力和生态系统稳定性的主要原因之一^[4,13,21], 而且土地利用方式的改变常常容易导致土壤氮循环格局的变化, 从而影响整个生态系统的稳定性和可持续性^[1,3,7,22]. 因而氮素等研究在沙地生态系统比其它元素受到更多的关注^[17,20], 目前大尺度的空间分布格局研究较多^[18], 而小尺度下的空间格局分析常被忽视, 其实不少研究表明, 土壤小范围内的空间异质性对植物

演替、生产力和稳定性具有更大的意义^[2,5]. 但土地利用变化与土壤养分元素空间分布格局关系的研究很少^[14]. 本文选择多伦县典型农牧交错区, 试图利用不同土地利用结构对土壤中氮、磷的影响, 进一步评价京北农牧交错带土地利用变化及其对生态环境的影响, 对于了解区域生态环境, 乃至北京和全球气候变化具有重要意义. 同时为提出合理的土地利用配置, 指导京北农牧交错区生态环境建设提供科学依据.

2 研究地区与研究方法

2.1 研究区域特征

研究区域地貌类型属低山丘陵, 为典型的半农半牧区, 土壤结构以灰褐土到栗钙土为主, 易风蚀沙化; 典型剖面分别是滦河流域的蔡木山、三道沟、水泉村和储草站, 流域内从

* 国家自然科学基金资助项目 (40173034).

** 通讯联系人.

2004-11-30 收稿, 2005-04-08 接受.

沟底到山顶的最大高差为 120 m, 抗蚀性较差, 水土流失较严重, 据 1995~ 2002 年土壤年侵模数分别为 3 600、3 600、1 000和 1 600 t·km⁻². 该区域经过几年的小流域治理和土地利用结构的调整, 如凡大于 10° 以上的坡耕地一律退耕还草还林, 其自然景观正在发生变化, 在研究的 4 种土地利用类型的前 2 种已不多见.

2.2 研究方法

本项目采用水平布点和典型剖面布点两种: 一是在全县布设农田和沙化农田、草地和沙化草地以及林地 5 种不同土地利用类型, 共采集了 118 个 0~ 20 cm 表层土壤样品, 每个样品由 3~ 5 个随机分布的子样混合而成. 二是选择多伦县有代表性的土地利用结构类型进行研究. 多伦县的地貌属于低山丘陵, 草地和农田多位于缓坡地, 由坡底至坡顶因土地利用类型的不同而形成多种结构. 其中具有代表性的类型有草地-林地-耕地(a类)、林地-耕地-草地(b类)、耕地-草地-林地(c类)、人工草地-天然草地-林地(d类). 由于该区域经过几年的小流域治理和土地利用结构的调整, 其自然景观正在发生变化, 4 种土地利用结构类型中的前 2 种已列入被调整中. 本研究分别在多伦县的蔡木山乡、三道沟乡、大仓乡和储草站选择已持续 50 余年的上述 4 种类型进行研究. 各剖面的坡度基本一致, 由底部的 10° 到中上部的 30° 左右, 沿坡底到坡顶根据土地利用类型设置样点, 采集 0~ 20 cm 的表层土壤, 每种土地利用类型一般取 3 个样, 每一个样为 3 个样点的混合样.

土样经风干、过筛后分析有机质、有效磷、有效氮和全氮含量. 有机质含量用油浴加热重铬酸钾容量法测定; 有效磷用 0.5 mol·L⁻¹ 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法; 有效氮用碱解扩散法(康卫皿法); 全氮用半微量凯氏定氮法.

3 结果与分析

3.1 水平方向上不同土地利用类型对营养元素分布的影响

对全县 118 个土壤表层样品的分析表明, 土地利用类型对 4 个测定指标的影响较大. 林地有机质和全氮含量最高, 其次是草地, 农田含量最低, 说明土地开垦加速有机质的分解, 进而导致全氮含量的降低. 虽然农田有机质和全氮较低, 但有效氮、磷含量与林地和草地的相当, 这与近年来农田增加肥料投入有关.

土壤有机质在维持土壤团粒结构方面发挥着重要作用, 有机质含量的降低使土壤结构变差, 既不利于涵养水肥, 又会加重土壤风蚀沙化. 土壤沙化又会进一步加剧有机质分解和养分损失, 形成难以逆转的恶性循环. 表 1 的数据很好地说明了沙化农田和草地的有机质和养分含量已显著低于未沙化的农田和草地.

表 1 不同土地利用类型营养元素含量
Table 1 Organic matter, and nutrients contents in soils under different land use types

| 土地利用类型 Land use type | | 样品数 Sample size | 有机质 Organic matter (g·kg ⁻¹) | 全氮 Total N (g·kg ⁻¹) | 有效氮 Available N (mg·kg ⁻¹) | 有效磷 Available P (mg·kg ⁻¹) |
|-------------------------|------------------------|--------------------|--|--|--|--|
| 农田 Cropland | 未沙化 Non-desertified | 21 | 20.9 (±1.58) | 1.99 (±0.12) | 245.56 | 15.29 |
| | 沙化 Desertified | 22 | 13.5 (±1.97) | 0.62 (±0.13) | 90.49 | 11.51 |
| | 平均 Mean | 43 | 17.1 | 1.30 | 166.22 | 13.36 |
| 草地 Grassland | 未沙化 Non-desertified | 40 | 26.6 (±1.90) | 1.64 (±0.06) | 158.31 | 11.88 |
| | 沙化 Desertified | 13 | 14.2 (±3.47) | 0.81 (±0.36) | 92.11 | 8.49 |
| | 平均 Mean | 53 | 23.6 | 1.44 | 142.07 | 11.05 |
| 林地 Woodland | | 22 | 25.5 (±1.76) | 1.63 (±0.83) | 145.38 | 13.88 |

我们在研究中还观察到地貌类型对土壤有机质和养分含量的影响, 尤以有机质和有效氮更为明显. 以有效氮为例, 丘陵高地和缓坡地土壤含量较低, 分别为 172.1 和 162.3 mg·kg⁻¹; 滩地土壤含量中等, 平均 247.4 mg·kg⁻¹; 低湿洼含量最高, 达到 403.9 mg·kg⁻¹. 这种规律性反映出水分是影响土壤有机质和养分含量的重要因素.

3.2 垂直方向上不同土地利用类型对营养元素分布的影响

在垂直方向上选择> 15°坡地的 4 种不同土地利用类型进行布点采样作于图 1. 由图 1a 可见, 在草地-林地-耕地结构类型中, 坡底到坡顶土壤有效磷、有效氮的分布均呈下降趋势, 以草地养分最高, 林地次之, 坡耕地最低; 只有全氮和有机质由坡底到坡顶, 即由草地到林地到坡耕地呈一个偏“n”字型变化, 其原因是因林地较为平坦地带, 故全氮处于富集状态, 但土壤养分整体均呈现出积累分布规律.

在林地-耕地-草地结构类型中(图 1b), 从坡底到坡顶, 除土壤有效磷和有效氮呈下降趋势外, 有机质、全氮呈 U 字型变化趋势, 以坡底部的林地土壤含量最高, 在林地和坡耕地的转换部, 因处于坡面中部, 径流对坡耕地的侵蚀力加强, 致使全氮等急剧下降达 65% 以上.

由图 1c 可见, 在耕地-草地-林地结构类型中, 从坡底到坡顶土壤有机质、有效磷、有效氮及全氮含量均呈递增趋势, 以坡底最低, 坡顶最高. 只有全氮含量在草地处于较强富集状态, 但所有元素分布规律, 从坡顶林地经过草地再到坡底耕地的径流后, 其递减幅度并不大.

由图 1d 可见, 由坡底到坡顶, 全氮和有效氮呈缓慢降低趋势, 而有机质和有效磷及有效氮均呈偏

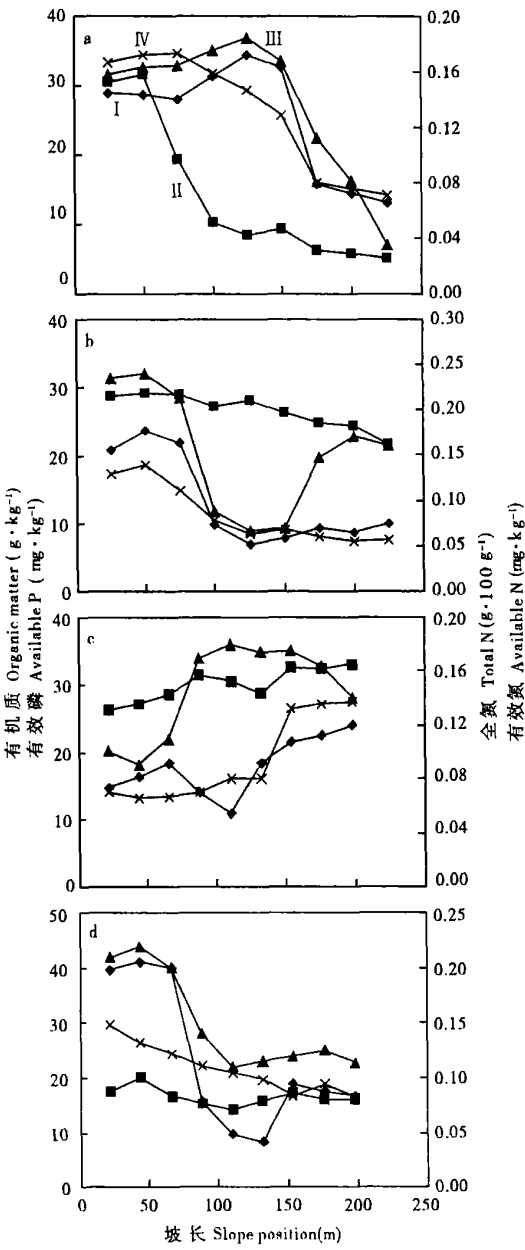


图1 不同土地利用方式下土壤营养元素的分布
Fig. 1 Distribution of soil nutrients under different land use type.
a) 草地-耕地-林地 Grassland cropland woodland; b) 林地-耕地-草地 Woodland cropland grassland; c) 耕地-草地-林地 Cropland grassland woodland; d) 人工草地-天然草地-林地 Cultivated grassland grassland woodland. I. 有机质 Organic matter; II. 全氮 Total N; III. 有效氮 Available N; IV. 有效磷 Available P. 下同 The same below.

U 字型分布, 天然草场有机质和有效磷含量较低, 说明因除坡形因素外, 其天然草生长稀疏, 对保持养分不利, 而人工草场, 除增施少量营养肥, 且具有较强保持土壤养分的能力。

根据以上常用 4 种土地利用结构类型中土壤养分沿坡面的分布状况, 求出每种元素的坡底均值与坡顶均值之比值作于图 2。

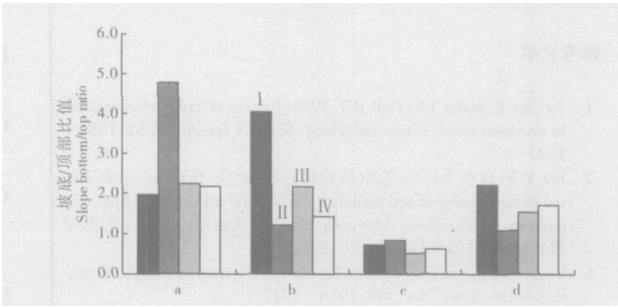


图2 4 种土地利用结构类型土壤养分坡底与坡顶比值图
Fig. 2 Slope top/bottom ratios of soil organic matter, total N, available N, and available P contents in four land use structure types.

通过比较 4 种土地利用结构类型坡面的土壤养分平均含量坡底与坡顶的比值, 可以看出 4 种元素的图 1a 与 1b 比值都较大, 说明这 2 种土地利用类型由于耕种引起风蚀及由坡顶到坡底通过径流而产生元素富集系数较大, 是不可采用的两种类型; 而图 1c 与 1d 的比值均较小, 说明图 1c 和 1d 这 2 种土地利用结构类型, 由于人为影响因素较小而由坡顶到坡底通过径流使元素富集系数较小, 是当地应采取的 2 种土地利用结构类型。

若依据滦河各小流域目前的土壤侵蚀模数计算, 图 1 中土地利用类型 c、d 相对于其它 2 种土地利用结构类型而言, 每年有机质可少流失 $482.7 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$, 减少 48.0%; 有效磷可少流失 $30.8 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$, 减少 61.0%; 速效氮可少流失 $98.2 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$, 减少 49.7%; 全氮可少流失 $148.4 \text{ kg} \cdot \text{km}^{-2}$, 减少 61.1%。因此, 土地利用结构类型 c 和 d 具有较好的土壤养分保持能力和水土保持效果, 是北方农牧交错带较好的土地利用结构类型。

4 结 语

通过对多伦县不同土地利用类型与土壤养分变化的关系研究, 可以清楚地看出农田与草地、草地与林地在营养元素上的差别。这种被开垦的农用地, 一是造成风蚀沙化, 二是虽然土壤全氮含量并没有明显下降, 但其内部空间结构已发生了很大变化, 如质地变粗, 有机质在明显降低等, 这种破坏土壤原有属性的现象应加紧在其利用结构中加以调整; 从不同地貌类型上看, 不同土地利用结构与养分的分布关系, 其结果说明, 地貌类型是影响元素分布的重要因素, 而不同土地利用类型在垂直方向上更加剧了土壤侵蚀的程度, 从而成为土壤氮、磷流失的主体。因此, 应该在较短的时期内, 调整土地利用结构, 提高土壤团粒结构和土壤保水肥能力, 以减少风蚀沙化及其水土流失程度, 进一步改善环境。

参考文献

- 1 Aguilar R, Kelly EF, Heil RD. 1988. Effects of cultivation on soils in northern Great Plains rangeland. *Soil Sci Soc Am J*, **52**: 1081~1085
- 2 Bai Y-F (白永飞), Xu Z-X (许志信). 2002. On the small scale spatial heterogeneity of soil moisture, carbon and nitrogen in stipa communities of the Inner Mongolia Plateau. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **22**(8): 1215~1223 (in Chinese)
- 3 Chapin FS, Tom MS, Tateno M. 1996. Principles of ecosystem sustainability. *Amer Nat*, **148**: 1016~1037
- 4 Chen G-S (陈广生), Zeng D-H (曾德慧), Chen F-S (陈伏生), et al. 2003. A research review on "fertile islands" of soils under shrub canopy in arid and semiarid regions. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14**(12): 2295~2300 (in Chinese)
- 5 Chen F-S (陈伏生), Zeng D-H (曾德慧), Chen G-S (陈广生), et al. 2003. Comparative analysis on spatial patterns of soil moisture under different land use types in Keerqin sandy land. *Chin J Ecol* (生态学杂志), **22**(6): 43~48 (in Chinese)
- 6 Chen F-S (陈伏生), Zeng D-H (曾德慧), Chen G-S (陈广生). 2004. Effect of land use change on spatial distribution pattern of soil total nitrogen in Keerqin sandy land. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(6): 953~957 (in Chinese)
- 7 Ettershank GJ, Ettershank MB, Whitford WG. 1978. Effects of nitrogen fertilization on primary productivity in a Chihuahuan Desert ecosystems. *J Arid Environ*, **1**: 131~139
- 8 Fu BJ, Gulinck H, Masum MZ. 1994. Loess erosion in relation to land use changes in the Ganspoel Catchment, Central Belgium. *Land Degrad Rehabil*, **55**(4): 261~270
- 9 Fu B-J (傅伯杰). 1995. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the Loess area. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **15**(2): 113~120 (in Chinese)
- 10 Fu B-J (傅伯杰), Chen L-D (陈利顶). 1996. Landscape diversity types and their ecological significance. *Acta Geogr Sin* (地理学报), **51**(5): 454~462 (in Chinese)
- 11 Fu B-J (傅伯杰), Chen L-D (陈利顶), Ma K-M (马克明). 1999. The effect of land use change on the regional environment in the Yangjuangou catchment in the Loess Plateau of China. *Acta Geogr Sin* (地理学报), **54**(3): 241~246 (in Chinese)
- 12 Han X-G (韩兴国), Li L-H (李凌浩), Huang J-H (黄建辉). 1999. An Introduction to Biogeochemistry. Beijing: China Higher Education Press. 197~244 (in Chinese)
- 13 Jiang F-Q (姜凤岐), Cao G-Y (曹成有), Zeng D-H (曾德慧), et al. 2002. Degradation and Restoration of Ecosystems on Keerqin Sandy Land. Beijing: China Forestry Press. (in Chinese)
- 14 Liu Q-Y (刘全友), Tong Y-P (童依平), Li J-Y (李继云), et al. 2000. Factors influencing the availability of nutrients in the soil of Duolun County in mixed area of agriculture and pasturing. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **20**(6): 1034~1037 (in Chinese)
- 15 Ludwig JA, Whitford WG, Cornelius JM. 1989. Effects of water, nitrogen and sulfur amendments on cover, density and size of Chihuahuan desert ephemerals. *J Arid Environ*, **16**: 35~42
- 16 Mooney HA, Vitousek PV, Matson PA. 1987. Exchange of materials between terrestrial ecosystems and the atmosphere. *Science*, **238**: 926~932
- 17 McConnell SG, Quinn ML. 1988. Soil productivity of four land use systems in southeast Montana. *Soil Sci Soc Am J*, **52**: 500~506
- 18 Robertson GP. 1987. Geostatistics in ecology: Interpolating with known variance. *Ecology*, **68**: 744~748
- 19 Tamm CO. 1992. Nitrogen in Terrestrial Ecosystems: Questions of Productivity, Vegetational Changes, and Ecosystem Stability. Ecological Studies 81. Berlin: Springer Verlag.
- 20 Vans RD, Ehleringer JR. 1993. A break in the nitrogen cycle of aridlands: Evidence from ^{15}N of soils. *Oecologia*, **94**: 314~317
- 21 West NE, Klemendson JO. 1978. Structural distribution of nitrogen in desert ecosystems. In: West NE, Skujins JJ, eds. Nitrogen in Desert Ecosystems. Hardcover: van Nostrand Reinhold. 1~16
- 22 Zhang X-C (张兴昌), Shao M-A (邵明安), Huang Z-B (黄占斌), et al. 2000. An experimental research on soil erosion and nitrogen loss under different vegetation cover. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **20**(6): 1038~1044 (in Chinese)

作者简介 刘全友,男,1950年7月生,副研究员.主要从事环境地球化学与农业生态研究,发表论文60余篇. E-mail: QYLiu@mail.rcees.ac.cn
