

Analysis on the Forms, Controlling Factors and Evolution Trends of Black Soils Degradation in Northeastern China

Weixin Jia¹, Qigang Jiang^{1,2*}, Dongyan Wang¹

¹College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun Jilin

²College of Geo-Exploration and Science and Technology, Jilin University, Changchun Jilin

Email: jiaweixin922@126.com

Received: Oct. 31st, 2016; accepted: Nov. 13th, 2016; published: Nov. 16th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Based on pedology, black soil degradation is mostly the changes of soil deviating from the original pedogenetic environment and the typical black soil quality, and the changes compared with the original basic nature and the quality are emphasized. Black soil degradation includes quality degradation and quantity reduction of the black soil. Manifestations of quality degradation have been analyzed from soil structure, physical nature, geochemical nature, biochemistry nature and physical-chemical environment. There are quick degradation and slow degradation in the time evolution. The quality degradation is related with the slow degradation and the quantity reduction is related with the quick degradation. There are characteristics of strong degradation in south and west and weak degradation in north and east in the space evolution, showing the trends of black soil degradation from south to north and from west to east. Climatic change, soil nature, tectonic activity, soil erosion and geochemical environment change are mostly natural controlling factors about black soil degradation.

Keywords

Black Soil Degradation, Pedogenetic Environment, Degenerating Form, Controlling Factors

*通讯作者。

中国东北黑土退化形式、自然控制因素及演变趋势

贾维馨¹, 姜琦刚^{1,2*}, 王冬艳¹

¹吉林大学地球科学学院, 吉林 长春

²吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林 长春

Email: jjiaweixin922@126.com

收稿日期: 2016年10月31日; 录用日期: 2016年11月13日; 发布日期: 2016年11月16日

摘要

从土壤学角度提出黑土退化主要是偏离原有成土环境和典型黑土质量的改变, 强调黑土相对于原有基本属性和质量的变化。黑土退化包括质量退化和数量减少两种形式, 从土壤层结构和物理性质、地球化学性质、生物化学性质、物理化学环境等方面分析了黑土质量退化表现形式。黑土退化在时间演变上具有突变式退化和缓慢式退化, 黑土质量退化主要与缓慢式退化有关, 而黑土数量减少与突变式退化有关。黑土退化在空间演变上具有南强北弱、西强东弱的特点, 由南向北、由西向东的退化趋势。气候变化、土壤性质、构造差异性活动、土壤侵蚀和地球化学环境变化是黑土退化的主要自然控制因素。

关键词

黑土退化, 成土环境, 退化形式, 控制因素

1. 引言

中国东北黑土是世界三大黑土地之一, 是大自然赋予的不可再生性宝贵自然资源[1], 然而, 随着近代自然环境演变和人为环境的迭加, 使黑土出现明显的退化趋势, 黑土的退化已是众所周知的事实, 并且开始关注黑土退化和对黑土保护问题。但更多地是从土地利用角度注重黑土退化现象, 而从土壤学角度分析黑土退化问题较少, 制约着对黑土退化机理和防治的深入研究。为此, 结合中国东北典型黑土和退化黑土的现状, 从黑土退化的概念、黑土退化的表现形式、控制因素和时空演变趋势等方面分析黑土退化问题, 为黑土保护提供理论基础。

2. 黑土退化含义

黑土是一种特殊的土壤类型[2] [3], 研究黑土退化必然涉及到土壤退化的概念, 一般认为土壤退化是指在各种自然, 特别是人为因素影响下所发生的导致土壤的农业生产能力或土地利用和环境调控潜力, 即土壤质量及其可持续性下降, 甚至完全丧失其物理、化学和生物学特征的过程[4]。土壤退化概念基本包括两方面内容, 一是导致土壤退化的动因, 二是土壤退化产生的结果, 对于土壤退化的结果, 不同学者有着不同的理解和侧重, 如强调土壤质量与生产力的下降[5]; 强调土壤环境质量恶化, 调节和再生能力衰退, 土壤生态平衡和承载力的下降[6]。然而, 对于土壤退化更应该从土壤学角度体现土壤本身物理、化学、生物等属性方面的变化, 认为土壤退化应表述为: 在各种不利自然因素的长期作用和人类对土壤

不合理利用影响下,使原有成土环境受到破坏,导致土壤层结构、物理性质、化学性质、生物性质等发生变化,改变了土壤原有的基本属性和土壤质量,使土壤生产力和可持续性下降的过程。这一概念的特点是将对原有成土环境的改变也列为土壤退化,从土壤层结构、物理性质、化学性质、生物性质等方面的变化体现土壤退化,强调土壤相对于原有基本属性和质量的变化。从土壤退化这一概念出发,认为黑土退化的含义主要是黑土偏离原有成土环境和典型黑土质量的改变,强调黑土相对于原有基本属性和质量的变化。

3. 我国东北黑土退化表现形式

我国东北黑土退化突出表现在两大方面,一是黑土质量的退化,二是黑土数量的减少。前者主要与土壤所遭受的化学风化作用或生物化学变化过程有关,后者主要与土壤所遭受的物理风化作用或物理变化过程有关。

3.1. 黑土质量退化

对于黑土质量退化的表现形式,以往多侧重黑土的物理性质退化、化学性质退化和土壤肥力和生产能力的退化[7] [8] [9] [10],对于化学性质退化更多的是强调有机质和氮、磷、钾等与植物生长有关的元素,然而从土壤学角度应有更为广泛的表述。

3.1.1. 黑土土壤层结构和物理性质的退化

随着黑土退化过程的发展,土壤层结构和物理性质也发生变化,这种退化主要表现在:1) 黑土层变薄。随着退化程度的加强,黑土层总厚度,尤其是表层(A层)厚度明显减薄,黑色腐殖质层减薄。据典型黑土退化地区调查,20世纪50年代60~70 cm厚的黑土层,而现在大都只有20~30 cm厚,有的地方已露出黄土母质,黑色腐殖质层渐趋消失,基本丧失了生产能力[11],沿着厚层黑土-中层黑土-薄层黑土-破皮黄黑土-黄土的方式蜕变;2) 土壤层结构恶化。由于气候、成土环境变化和人为利用上的用养地脱节,造成土壤板结现象越来越严重,导致黑土层的容重增加、孔隙度减小、持水量减少,粘粒含量占颗粒组成的比例减少、钙质淋积作用增强。根据黑龙江省水土保持科学研究所克山实验站实地测验,开垦80年的黑土容重由0.79 g/cm³增加到1.26 g/cm³,总孔隙度由67.9%下降到52.5%,最低通气度由22.3%减至14.5%,水稳性团粒总量由58.0%减至35.8%,土壤物理性粘粒增多,供水能力减弱,透水能力降低[12] [13]。

3.1.2. 黑土地球化学性质的退化

在黑土退化过程中,土壤地球化学性质的变化主要表现在土壤常量元素和微量元素含量偏离原始黑土成分的改变,为此,典型黑土常量元素含量和分布情况是了解黑土地球化学性质变化的基础。土壤地球化学性质偏离原始成分的程度与土壤退化程度成正比关系,从理论上讲可以量化土壤退化的程度,但目前主要是利用研究对象与典型黑土的元素含量和分布情况进行对比,或不同土壤类型之间的对比来说明退化过程中黑土地球化学性质的变化。退化黑土在常量元素方面往往表现出铁铝含量减少,而硅铝比和硅铝铁比相应增加趋势,CaO在黑土退化过程中增加较为明显,CaCO₃/MgCO₃或CaO/MgO比值可以作为黑土退化的指标[14] [15]。在微量元素方面往往表现出重金属毒性微量元素(Pb、Cd、Hg、Ni、Cr、As等)超过正常含量[16],从土壤退化概念角度,重金属毒性微量元素在土壤中积累,必然导致土壤质量及其可持续性下降,也是黑土退化的一种形式。

3.1.3. 黑土生物化学性质的退化

黑土退化最直接表现就是土壤生物化学性质的退化,主要表现在:1) 有机质含量和质量明显下降。据黑龙江省1958年第一次土壤普查结果显示,典型黑土区土壤有机质含量为4%~6%,高的达8%以上。

而 1990 年完成的第二次土壤普查结果表明, 土壤有机质含量为 3%~5%, 有的地方已经下降到 2% 以下 [17]; 2) 微生物区系变化。由细菌型向真菌型转化, 土壤中细菌数量大幅度减少, 真菌数量相对增加, 土壤转化能力降低, 病原扩大, 造成作物病害严重, 这一方面目前所做的工作比较少, 缺少有利的数据支撑; 3) 生命组成元素(N、P、K)的变化。黑土退化表现为 N、P、K 全量和有效含量的减少。其结果一是导致养分平衡失调, 二是养分供给能力减弱, 造成作物苗期生长缓慢, 生育过程中出现缺素症状。据克山县第二次土壤普查资料显示, 黑土开垦 30~70 年, 全氮由 0.35%~0.40% 下降到 0.25%~0.30%。退化黑土速效氮含量下降 50~70 g/m³, 速效磷含量下降 20~30 g/m³, 速效钾含量下降 30~60 g/m³ [18]; 4) 生命必需微量元素(Fe、Mn、Cu、Mo、Zn、B)的变化。生命必需微量元素含量过低或过高都会导致土壤质量与生产力的下降, 因此也是评价土壤退化的因素。对大多数作物而言, 一般土壤中缺水溶性硼含量的临界值为 0.5 mg/kg, 缺有效态锰的临界值为 5~7 mg/kg, 缺有效态铜的临界值为 0.2 mg/kg, 缺有效态锌的临界值为 0.5 mg/kg, 缺有效态钼的临界值为 0.15 mg/kg, 缺有效铁临界值为 4.5 mg/kg。

3.1.4. 黑土物理化学环境的退化

黑土物理化学环境的退化主要表现在黑土 pH、Eh 值、阳离子交换量、含盐量、含碱量等方面的变化。土壤酸碱度是土壤的一个基本性质, 也是影响土壤理化性质的一个重要化学指标, 在土壤中 pH 值的变化制约着土壤有机质、物理和化学等多方面性质, 它的大小是考查土壤脱离原始成土环境和偏离典型黑土的主要依据之一。典型黑土 pH 一般为 6.5 左右, 属中性或偏弱酸性。土壤中 pH 值直接影响着土壤中各种元素的存在形态、有效性及迁移转化, 典型黑土 pH 值变化对微量元素有效态含量的影响研究表明, pH 值变化 0.5 个单位, 有效态铜含量变化约 0.5~1 倍、有效态锰含量变化约 3~5 倍、有效态锌含量变化 9~15 倍 [19]。土壤 Eh 值反映了土壤的氧化还原环境, Eh 值一方面影响土壤微量元素的活动性和有效态含量, 如 Eh 值较高时, Cu、Zn 的活性增加, 而 Fe、Mn 呈高价态存在则降低了活性; 另一方面 Eh 值影响化学元素在土壤中的迁移, 土壤中化学元素迁移受元素本身的性质和周围环境的控制, Eh 值影响元素迁移环境并控制土壤中元素的相对迁移量。

伴随黑土的退化阳离子交换量也随之降低。典型黑土阳离子交换量较高, 一般在 20~30 cmol (+) kg, 有的可达 40 cmol (+) kg, 交换性盐基中以钙、镁为主, 而退化后黑钙土阳离子交换量一般在 15~25 cmol (+) kg, 交换性盐基中以钙为主。含盐量、含碱量是土壤趋向盐渍化的指标, 也是影响黑土质量的重要因素。水土流失和干旱期以及引水灌溉等因素, 导致土壤中盐类和碱类化合物不断积累, 产生土壤次生盐渍化, 是造成土壤退化的表现形式。

3.2. 黑土数量改变

黑土退化另一重要表现形式就是黑土数量的减少。黑土数量减少体现在: 1) 黑土分布面积的减少。在自然条件下, 黑土受物理风化作用使土壤受到侵蚀, 导致水土流失。在人为条件下, 黑土资源的非农业占用, 随着经济的发展和城市化进程的加快, 相当部分的农业生产用地被经济开发区、建房、烧砖、厂矿或基础设施占用, 使黑土实用功能转移, 导致部分黑土发生永久性退化。仅 1995 年黑龙江省国家基本建设占用耕地达 51.6 km², 乡村集体基本建设占用耕地高达 89.1 km², 农民建房占用耕地 4.8 km², 其中大部分为黑土耕地 [20]; 2) 土壤完整性的破坏, 侵蚀沟谷发育, 使土地利用效率降低。侵蚀沟谷的增多, 减少了可利用土地面积, 降低了土地利用效率, 增大了耕作难度, 增加了生产成本, 通常表现为水土流失。

4. 黑土退化时空演变特征及其主要控制因素

4.1. 黑土退化时空演变特征

黑土形成后随着土壤环境改变而不断变化, 从黑土退化时间尺度看, 黑土退化主要有两种方式, 一

是突变式的退化，二是缓慢式的退化。黑土突变式的退化受比较短暂的土壤退化事件的影响，往往导致黑土数量的减少，如强降雨导致黑土数量的减少、火山喷发导致火山灰集中沉降、人为环境的迭加导致黑土发生永久性退化等。黑土渐变式的退化受比较缓慢的土壤退化事件的影响，渐变式的退化方式往往导致黑土质量的退化。缓慢的土壤退化事件包括全球和局部气候变化、区域构造差异活动、地貌变化、植被发育与覆盖变化、氧化还原条件改变、地球化学条件变化、人类开垦利用和无机化肥、农药的积累、生态环境变化等。

从黑土退化空间尺度看，依据上述黑土退化表现形式，中国东北黑土退化总体上具有南强北弱、西强东弱的特点，体现出由南向北、由西向东的退化演变趋势，典型黑土面积不断缩小[21]。黑土退化过程中土壤地球化学也出现空间演变特征，表现为元素的水平迁移和垂向分异，元素的水平迁移导致黑土中某些特征元素或化合物出现偏离标准的异常含量区域，这种异常含量区域可以作为土壤退化范围的直接地球化学指标，进一步的土壤退化会导致出现在地域间或土壤类型间的元素分异演化。元素的垂向分异将导致原始黑土剖面地球化学平衡破坏，发生元素的垂向迁移和再分配。这种原始土壤剖面上地球化学平衡破坏的程度，或趋向于达到新的地球化学平衡的程度，可以作为土壤退化程度的精细地球化学指标。

4.2. 黑土退化的主要控制因素

中国东北黑土退化是在表生条件下受化学作用、生物化学作用，物理作用以及人类活动等综合影响的结果，因此控制黑土退化的主要因素包括自然因素和人为因素。自然因素是驱动黑土退化的基础和自然条件，而人为因素是在自然条件基础上加剧了黑土退化过程。人为因素已有大量论述，这里仅讨论自然因素的影响，其中气候变化、土壤性质、构造差异性活动、土壤侵蚀和地球化学环境变化等自然因子驱动黑土退化的作用尤为突出。

全球气候变化对黑土退化起到至关重要的作用，气候因子对黑土退化的驱动主要体现在三个方面。一是全球或区域气候变暖导致东北黑土区季节冻层的北移，从气候的百年尺度来看，东北平原目前处在小冰期冷干阶段后的相对暖湿阶段，加之温室效应的影响，与 100 a 前相比，东北地区现代多年冻土边界已北移了 20 km~30 km，季节冻层是形成黑土主要原始条件之一[1]，随着季节冻层的北移，黑土将失去其形成的条件，导致黑土逐渐向北收缩和退化的演变趋势；二是降水集中、强度大，东北黑土区属温带大陆性湿润、亚湿润气候，年降水量 450 mm~650 mm，绝大部分集中于 6 月~9 月，占全年降水量的 90% 以上，集中强降水加剧了土壤的侵蚀；三是受东亚季风的影响，每年春季的西北向季风加速黑土的沙漠化和成分变化，使土壤层结构和物理性质退化，导致黑土逐渐向东收缩和退化的演变趋势。黑土退化的土壤性质因素是指在其它影响因素不变的条件下，由于土壤本身性质不同所引起的土壤退化的差异，由于黑土腐殖质层有机质含量较高(一般为 3%~6%，高者可达 15%)、孔隙度高(69.7%左右)、土质疏松，抗蚀能力较差，黑土可蚀性因子仅为 0.26 [22]，是致使黑土易于退化的自身条件。构造差异性活动因素可以改变原始黑土的成土地貌，使黑土脱离原始的成土环境，从而导致黑土退化和土壤类型之间的转化。土壤侵蚀因素包括水力侵蚀、风力侵蚀和冻融侵蚀，黑土形成后自然环境的变化，加上人为环境的迭加，加速了黑土的侵蚀速率，增强了黑土的侵蚀强度，直接导致黑土数量的减少。地球化学环境变化是控制黑土质量退化的因素，土壤中元素含量不仅受控于形成土壤母质中元素的含量，而且还受到表生条件下地球化学作用的制约，此外在人类活动和现代化工业高度发展的今天，土壤中某些元素的含量还不可避免地受到人类活动的干扰，因此地球化学环境变化不仅驱动黑土中元素水平和垂向的迁移，也可以改变黑土的物理化学条件。

5. 结论

依据土壤退化基本概念，提出黑土退化基本含义是黑土偏离原有成土环境的改变，强调黑土相对于

原有基本属性和质量的变化。

中国东北黑土退化表现形式包括黑土质量退化和黑土数量减少两个方面。其中,黑土质量退化体现在土壤层结构和物理性质的退化、地球化学性质的退化、生物化学性质的退化、物理化学环境的退化。

总结了我国东北黑土退化时、空演变特征,从时间尺度提出突变式退化和缓慢式退化,认为黑土质量退化主要与缓慢式退化有关,而黑土数量的减少与突变式退化有关。从空间尺度提出我国东北黑土退化总体上具有南强北弱、西强东弱的特点,体现由南向北、由西向东的黑土退化演变趋势。

黑土退化控制因素包括自然和人为两个因素,自然因素是驱动黑土退化的基础和自然条件,而人为因素在自然条件基础上加剧了黑土退化过程。气候变化、土壤性质、构造差异性活动、土壤侵蚀和地球化学环境变化等是控制中国东北黑土退化的主要自然因素。

基金项目

中国地质调查局项目(子项目编号 12120115063701); 吉林大学创新基金项目(CX 419070200051)。

参考文献 (References)

- [1] 卢焱, 贾大成, 常平, 等. 东北黑壤土的不可再生性分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2005, 26(增刊): 3-5.
- [2] 张之一. 关于黑土分类和分布问题的探讨[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2005, 17(1): 5-8.
- [3] Spaargaren, O.C. (1994) World Reference Base for Soil Resource. ISSS/ISRIC/FAO, Wageningen/Rome, 98-100.
- [4] 张桃林, 王兴祥. 土壤退化研究的进展与趋向[J]. 自然资源学报, 2000, 15(3): 280-284.
- [5] 陆继龙. 我国黑土的退化问题及可持续农业[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 53-55.
- [6] 张殿发, 林年丰. 吉林西部土地退化成因分析与防治对策[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(4): 355-359.
- [7] 李发鹏, 李景玉, 徐宗学. 东北黑土区土壤退化及水土流失研究现状[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 50-55.
- [8] 鲁彩艳, 陈欣, 史奕, 等. 东北黑土资源质量变化特征研究概述[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(3): 182-185.
- [9] 魏丹, 杨谦, 迟凤琴. 东北黑土区土壤资源现状与存在问题[J]. 黑龙江农业科学, 2006(6): 69-72.
- [10] 徐晓斌, 王清. 我国黑土退化研究现状与展望[J]. 地球与环境, 2005, 33(增刊): 588-593.
- [11] 孟凯, 王德禄, 张兴义, 等. 黑土有机质分解、积累及其变化规律[J]. 土壤与环境, 2002, 11(1): 42-46.
- [12] 刘运河, 陈礼耕. 黑土地的危机与水土保持[C]//中国水土保持学会. 水土保持科学理论与实践. 北京: 中国林业出版社, 1992: 38-40.
- [13] 沈波, 范建荣, 潘庆宾. 东北黑土区水土流失综合防治试点工程项目概况[J]. 中国水土保持, 2003(11): 7-8.
- [14] Royer, D.L. (1999) Depth to Pedogenic Carbonate Horizon as a Paleoprecipitation Indicator? *Geology*, **27**, 1123-1126.
- [15] 张伟华, 张昊, 乌力更, 等. 全新世以来内蒙古黑垆土的历史演变[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(3): 115-120.
- [16] 陆继龙, 周永昶, 周云轩. 吉林省黑土某些微量元素环境地球化学特征[J]. 土壤通报, 2002, 33(5): 365-368.
- [17] 辛刚, 颜丽, 汪景宽, 等. 不同开垦年限黑土有机质变化的研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(5): 332-335.
- [18] 汪景宽, 王铁宇, 张旭东, 等. 黑土土壤质量演变初探 I——不同开垦年限黑土主要质量指标演变规律[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(1): 43-47.
- [19] 于君宝, 王金达, 刘景双, 等. 典型黑土 pH 值变化对微量元素有效态含量的影响研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 93-95.
- [20] 刘丙友. 典型黑土区土壤退化及可持续利用问题探讨[J]. 中国水土保持, 2003(12): 28-30.
- [21] 解运杰, 王岩松, 王玉玺. 东北黑土区地域界定及其水土保持区划探析[J]. 水土保持通报, 2005, 25(1): 48-51.
- [22] 范昊明, 蔡强国, 王红闪. 中国东北黑土区土壤侵蚀环境[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 66-70.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjss@hanspub.org