

土壤退化时间序列的构建及其在我国土壤退化研究中的意义^①

韩光中¹, 王德彩², 谢贤健^{1*}

(1 内江师范学院地理与资源科学学院, 四川内江 641112; 2 河南农业大学林学院, 郑州 450002)

摘要:我国土壤退化发生广、发展快, 后果严重, 很多问题亟待解决, 加大其研究力度势在必行。显而易见, 人们对土壤特性与土壤退化过程了解得越详细, 对土壤退化的评估与防治也会越好。因此迫切需要建立大量土壤退化时间序列来明确土壤退化过程中时间因素的作用并帮助人们正确理解和认识土壤退化与人为作用之间的关系。为了得到可靠的结果, 土壤退化时间序列的建立需包括起始土壤相似性判定与退化土壤绝对或相对年龄的验证两个重要过程。本文详细论述了土壤退化时间序列的构建过程及应注意的问题, 并探讨了土壤时间序列在我国土壤退化研究中的意义, 旨在为土壤退化时间序列的正确建立与应用提供较为详尽的参考。

关键词:土壤退化; 土壤时间序列; 构建; 土壤相似性; 土壤年龄

中图分类号: S158.1

土壤退化是指在各种自然或人为因素影响下所发生的导致土壤潜在或实际生产能力和利用能力下降或丧失的过程^[1], 包括过去的、现在的和将来的退化过程, 是土地退化的核心部分。它可通过一系列相互关联的物理、化学和生物过程威胁到农业的可持续发展^[2]。在过去几十年里, 我国部分地区牺牲环境求发展, 盲目地进行掠夺式的开发建设。这些高强度的人类活动导致的土壤退化问题日益严重^[3-8], 加大土壤退化研究的力度势在必行。显而易见, 人们对土壤特性与土壤退化过程了解得越详细, 对土壤退化的评估与防治就会越好。因此迫切需要建立大量土壤退化时间序列来研究各种条件下土壤退化的动态过程。基于此, 本文详细论述了土壤退化时间序列的构建过程及应注意的问题, 旨在为土壤退化时间序列的正确建立与合理应用提供较为详尽的参考。

1 我国土壤退化概况

我国人口众多, 人均资源占有量少, 自然资源利用不合理, 尤其对土地资源的利用不合理, 使我国区域生态环境遭受严重破坏, 土壤退化问题极为突出, 已经严重阻碍当前现代化的建设进程。我国土壤退化主要表现为土壤侵蚀、土壤荒漠化、土壤污染、土壤酸化和土壤贫瘠化等。

首先, 我国水土流失状况相当严重。1996 年我国水土流失面积约 183 万 km^2 ^[9], 到 2012 年水土流失面积已达 294.9 万 km^2 ^[10]。而且部分区域水土流失状况有进一步加重的趋势, 其中人为诱导起了相当大的作用。例如, 作为世界上最严重的土壤退化区域之一的黄土高原有超过 60% 的面积遭受土壤退化, 土壤每年以 2 000 ~ 2 500 t/km^2 速率流失^[11], 而坡地的垦殖可能是黄土高原地区土壤退化的主要因素^[12]。截至 2009 年底, 全国荒漠化土地总面积约 262.4 万 km^2 , 与 2004 年相比, 5 年间荒漠化土地面积净减少 1.2 万 km^2 ^[13], 土地荒漠化整体得到初步遏制。尽管如此, 局部地区的荒漠化仍有扩展趋势。而且荒漠化严重的地区基本上分布在我国北部和西北部, 特别是农牧交错地带, 生态系统异常脆弱, 荒漠化风险较高。这些地区多存在过度利用地下水资源^[14]、滥牧、滥垦等现象, 使得整个地区的荒漠化面积迅速增加且程度不断加深。如把 1977 年塔里木河流域调查制图量算结果与 1958 年制图相比, 荒漠化土地扩大了 $4.93 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 占流域总面积的 13.0%^[15]。而 2005 年的遥感数据更是显示塔里木河流域土地荒漠化面积已占调查区面积的 73.6%^[16]。可以说, 我国的水土流失和荒漠化的防治是任重而道远的工作。

其次, 我国土壤污染退化已从局部蔓延到区域,

基金项目: 四川省教育厅重点项目(14ZA0241)和国家自然科学基金青年基金项目(41401235)资助。

* 通讯作者(xxj007-14@tom.com)

作者简介: 韩光中(1981—), 男, 山东费县人, 博士, 副教授, 主要从事土壤发生与土壤退化研究。E-mail: hanguangzhong@163.com

从城市、城郊延伸到乡村,从单一污染扩展到复合污染,从有毒、有害污染发展至有毒、有害污染与 N、P 营养污染的交叉,形成点源与面源污染共存,生活污染、农业污染和工业污染叠加,各种新旧污染与二次污染相互复合或混合的态势^[5]。例如 1983 年全国受污染的土壤面积有 1.7 万 km²,仅占耕地面积的 1.7%^[17];而 2014 年全国土壤污染状况调查公报显示全国污染超标土壤占总调查样本的 16.1%,而耕地污染超标土壤更是达到 19.4%^[18]。土壤污染态势的急剧恶化对我国土地资源的可持续利用和粮食安全等都构成极为严峻的挑战。

再次,我国土壤的酸化问题也十分严重。以南方红壤区为例,约有 20 万 km² 的土壤因酸化问题而影响其生产潜力的发挥^[19]。而新的研究结果更是显示从 20 世纪 80 年代早期至今,我国耕地土壤的 pH 下降明显($P < 0.001$),几乎所有土壤类型表土层的 pH 都下降了 0.13~0.80 个单位^[20]。

另外,土壤贫瘠化是相对普遍的现象。第二次全国土壤普查显示全国耕地土壤的平均有机质含量低于 15 g/kg,甚至有 11% 的土壤有机质含量低于 7 g/kg^[21];我国大部分耕地土壤全氮都在 2 g/kg 以下,其中山东、河北、河南、山西、新疆 5 省(区)严重缺氮面积占其耕地总面积的一半以上^[22]。第二次全国土壤普查同时显示当时严重缺磷土壤(有效磷 < 5 mg/kg)占总面积的 48%,缺磷土壤(有效磷 < 10 mg/kg)为 78%,富磷土壤(有效磷 > 20 mg/kg)仅为 6.7%。后来由于磷肥的大量投入,耕地土壤有效磷有所增加,尽管如此,2001 年发表的数据显示全国 13 300 个标本中有效磷在临界值(< 10 mg/kg)以下的土壤仍占调查样本的 43%^[23]。相比而言,我国缺钾土壤面积比例较小,约有 18.5 万 km²。但南方土壤缺钾较为普遍,其中海南、广东、广西、江西等省(区)有 75% 以上的耕地缺钾。近年来,全国各地农田养分平衡中,钾素均亏缺,因而,无论在南方还是北方,农田土壤有效钾含量均有普遍下降的趋势^[22]。而且目前普遍存在的过度垦殖,土壤有机养分的低投入、高支出等现象仍会造成全国范围土壤肥力的持续下降。

总体而言,我国土壤退化形势不容乐观。在耕作条件下,形成 2.5 cm 厚的表土大约需要 200~1 000 年的时间^[24],而在自然条件下,形成同等厚度的表土可能需要更长的时间。这样看来土壤是有限的、不可再生的资源之一,控制或防治土壤退化、提高土壤质量,是关系国计民生的大事。

2 土壤退化时间序列构建的理论依据与必要程序

2.1 土壤退化时间序列构建的理论依据

国内外关于土壤退化的研究工作大多数偏重于对特定区域或特定土壤类型的某些土壤性状在空间上的变化或退化的评价,很少涉及不同土壤退化类型在时间序列上的变化^[25]。土壤退化时间序列的研究相对较少,可能主要有以下几方面的原因。首先,在以往的研究中更重视土壤退化的结果(如退化土壤的空间分布、评估等)和成因等方面的研究,而对其动态变化过程重视不够;其次就是土壤退化的年限特别是百年尺度以上的年限比较难确定;最后就是土壤的实际退化模式一般并不是某种单一的土壤退化模式,而可能是不同土壤退化过程相互有交叉重叠的复合模式,这给土壤退化时间序列的建立带来了障碍。

尽管如此,我国土壤退化发生广、发展快、后果严重,很多问题亟待解决,加大其研究力度势在必行。从以上诸项土壤退化的动态发展看,我国很多区域的土壤从 20 世纪 80 年代到 21 世纪初期短短几十年时间当中就发生了明显退化(如土壤污染、土壤侵蚀等),一些土壤退化现象甚至到了日常可以观察到的程度^[26]。另一方面,土壤退化又是一个非常综合和复杂的、具有时间上的动态性和空间上的各异性以及高度非线性特征的过程^[25]。而通过土壤退化时间序列不仅可以了解不同环境下、不同类型的土壤退化过程,还可以通过建立土壤退化时间函数更清楚地了解土壤各种属性或者根据各种属性参数计算出来的其他指标随退化年限的变化特征。这样不但可以明确土壤退化过程中物质迁移转化的时间尺度与速率,也可对其演变方向与未来的发展趋势进行预测,帮助人们正确理解与认识土壤退化与人为作用之间的关系,从而获得正确的土壤利用理念。

和建立其他土壤时间序列一样,土壤退化时间序列的建立首先必须符合土壤发生学原理^[27]。其次土壤退化时间序列的建立也是以空间代替时间,即在不同空间位置选择具有不同退化年限土壤组成一个时间序列,这种方法假定了时间序列的土壤代表了土壤退化过程的几个连续阶段。在自然界中,只有土壤退化年龄变化而其他因素保持不变的时间序列是不存在的。但如果时间因素对土壤退化的影响远远超过了其他因素,土壤剖面间的差异可认为只是由土壤退化时间不同引起的,从而建立土壤退化时间序列。

2.2 土壤退化时间序列构建的必要程序

建立土壤退化时间序列较困难的就是推断退化

土壤的年限。过去的60多年里,尤其是近30余年的经济腾飞,给环境造成了极其严重的压力,土壤退化很大程度上是受其影响而产生的后果。因此我国土壤退化时间序列也主要侧重于短时间尺度(从20世纪50年代至今)的土壤退化研究,这样可以主要通过实地调查直接得到或根据全国的土壤退化长期定位试验站来得到退化土壤的年限。另外也可以按照一些土壤地理学方法来推断土壤的退化年限,如根据距离污染源的远近等推断污染土壤的相对年限等。而长时间尺度特别是百年以上尺度土壤退化年限的确定仍是土壤地理学的难题之一。其中较为可靠的方法是根据一些历史文献的记载推断土壤退化年限(如根据地方文献记载的特定事件来推断土壤退化年限),或根据其他可确定或推定土壤退化年限的特殊景观来推断土壤退化年限(如根据侵蚀、堆积等地貌景观大致推断土壤的侵蚀年限)。另外,一些地球化学方法也可用来推断土壤退化年限,如古地磁法、火山灰年代学法、放射性同位素定年法等。但这些方法通常有较大的局限性,这是因为退化土壤的年限不是从土壤开始发育时算起,而是从土壤开始退化时算起(未退化土壤的年限可认为0),土壤中一般很难找到相应的指示物质。

一个准确、可靠的土壤退化时间序列建立之前还要进行起始土壤相似性判定与土壤绝对或相对退化年限的验证。因为只有在保证剖面内和剖面间的土体在未退化之前是相同或相似的前提下,土壤属性随时间的变化趋势才能归因于土壤退化年龄和土壤退化过程。也只有在保证土壤退化时间序列中各剖面退化年限正确的前提下,才能正确理解土壤退化在各种环境下的演变过程。

起始土壤相似性的判定可主要依据野外观测的土壤剖面形态特征并结合实验室测定的各项土壤属性等进行综合判定。剖面形态的野外观测与描述是土壤相似性判定的第一步,也是最直观的一个方法。除野外土壤剖面形态特征外,也可选择土壤属性参数或基于土壤属性参数的一些指标来判定。在判定时尽量避免使用那些在土壤退化过程中易于移动和变化的土壤属性参数。例如可选择那些抗风化的、在土壤退化过程中不易移动和不易发生变化的元素和矿物等。指标的选取一定要切合实际情况,例如在建立土壤重金属污染时间序列时,尽量不要选取与元素相关的指标,而在建立土壤侵蚀时间序列时尽量不要选取与土壤粒度相关的指标等。为了使研究结果更加准确、可靠,异常土体一般要从土壤退化时间序列中剔除。当剖面形态中有明显的土壤结构或质地差异时(如异源

堆积特征等),判别较易进行。当剖面形态特征较均一,土壤判别则相对困难,这时可以借助土壤母质不连续性判定的一些方法^[28]来判定。要注意区分土体的个体差异哪些是由土壤发生过程造成的,哪些是由土壤退化过程造成的。当土体内部或者土体之间存在母质不连续时或土体之间的成土过程不一致时,也要将其剔除。在土壤退化时间序列构建前虽然已经依据土壤定年方法大致判定了退化土壤的相对年龄,但是这些方法可能存在一定的不确定性,为了剔除这些不确定性因素,还应该结合土壤地理学方法对土壤退化时间序列中剖面的相对年龄进行验证。一般来说,在判定土壤退化相对年龄上具有较好指示作用的土壤属性应该随土壤退化时间呈现系统的、单向的变化规律,而那些可逆的、在土壤退化过程中反复变化的土壤属性一般不予采用。基于土壤属性的用作判定退化土壤相对年龄的土壤发育方法可归为以下几类,分别是单个性或属性、土壤性质的加权、土壤退化指数与土壤退化过程的物质质量平衡等。要特别指出的是由于退化土壤在不同的条件下有着不同的演化方向与模式,上述方法与指标中任何一个都不具有普遍意义。因此在进行土壤相似性和退化土壤相对年龄的判定时应结合所研究地区土壤退化的特点与历史环境来选择合适的判定参数。

3 土壤时间序列在我国土壤退化研究中的意义

3.1 土壤侵蚀

常态下的土壤侵蚀大多速度缓慢,常与自然成土过程处于动态平衡。但人类的不合理活动可导致土壤侵蚀过程的急剧加速,从而造成土壤肥力的下降和生态环境的恶化。目前研究者多借助于RS、GIS和GPS等技术对区域土壤侵蚀的现状或时空演变进行研究。近年来,一些地球化学方法如稀土元素示踪法和放射性核素示踪法等也广泛运用到土壤侵蚀领域^[29-32],这些方法的运用与土壤侵蚀研究在理论和技术上的日臻完善给土壤侵蚀研究带来了很大的便利。从20世纪50年代至今,我国人为诱导的土壤侵蚀具有发展快、面积广、危害大等特点,将是研究的重点。如果建立起土壤侵蚀时间序列,就能够准确预测在某条件下某土壤被侵蚀数年、数十年后的土壤状态和退化阶段,这对退化土壤的防治具有重要意义。目前已有研究者利用土壤侵蚀时间序列对黄土高原子午岭地区的土壤侵蚀过程进行了研究^[6]。这样的短时间尺度的土壤侵蚀时间序列建立相对比较简单且准确,将在我国土壤侵蚀研究中发挥越来越

越大的作用。

3.2 土壤荒漠化

现今已有大量关于我国土壤荒漠化的现状、成因和防治等方面的研究^[33-35],而且一些定量模型也被提出用来预报和估算某些特定的荒漠化过程^[36-37]。尽管如此,我国荒漠化危害严重,仍需要更多的研究来验证与完善荒漠化相关理论。而且随着研究的深入和技术手段的进步,动态、综合、定量的荒漠化过程研究将逐步取代以往的静态对比研究,而土壤荒漠化时间序列可以建立一系列模拟土壤荒漠化过程的量化模型,不仅可以准确掌握土壤在荒漠化过程的演化特征,也可推测该荒漠化的演化方向和速率等。另外,长时间尺度(百年以上)和短时间尺度的土壤荒漠化时间序列对比研究可加深对荒漠化机理的认识,更好地理解人为因素在荒漠化过程中的诱导作用。

3.3 土壤污染

我国现有的关于土壤污染的研究主要集中于土壤污染的现状、成因、防治和监测等方面,很少涉及污染土壤随时间的动态变化方面。如不建立土壤污染时间序列,将很难理解土壤污染物随时间的变化,这对土壤污染的监测、评估和防治等都极为不利。我国严峻的土壤污染形势要求要尽快建立各类土壤污染时间序列,研究各种条件下尤其是交叉、复合污染条件下,土壤污染物与土壤属性的变化过程,从而实现对污染土壤更为精确的监测、评估和防治等。

3.4 土壤贫瘠化

近几十年来的滥垦、滥伐、滥牧及化肥、农药的大量施用等造成土壤性状的持续恶化现象,已经得到越来越多的关注。土壤贫瘠化是土壤环境以及土壤物理、化学和生物特性劣化的综合表征,可表现出有机质含量下降、营养元素亏缺、土壤结构破坏、土壤被侵蚀、土层变薄、土壤板结、土壤酸碱化、土壤沙化等。在这些现象中,往往存在复杂的相互关联。而土壤退化时间序列能从综合角度更精确地研究各类土壤性状恶化过程及相互关系。这些研究可主要集中于短时间尺度的土壤退化时间序列。

3.5 其他

土壤退化时间序列除了应用于上述研究外,也可对其他类型土壤退化研究进行有益的补充。如土壤时间序列可以弥补已有土壤盐渍化研究的不足,不仅能完善盐分离子的毒害机理并理解人类高强度活动(如现代工程等)对于土壤盐渍化的影响等,也能通过更精确的动态研究,加深对土壤有机质与土壤盐离子迁移、累积互馈机理的认识,理解土壤盐渍化发生与

全球碳循环之间的互馈耦合关系等。

4 讨论与展望

以目前土壤退化的发展趋势看,在未来 15~20 年里我国将面临着更为严峻的挑战。因此,必须以科学发展观统筹人与自然和谐发展为指导,坚持防治结合、以防为主的原则;以区域性土壤综合防治为重点,以退化土壤的监测、风险评估、控制与修复为核心内容,建立适宜的土壤退化防治体系。土壤退化时间序列对完善土壤退化相关理论和实现土壤退化更精确的监测、评估和防治等都极其有利。目前我国大部分土壤退化发展时间短、发展快、受人类影响强烈,相关研究可主要集中在短时间尺度的土壤退化过程,这对建立土壤退化时间序列非常有利。

尽管如此,土壤退化时间序列的建立仍然是一项困难的工作。这首先是因为要保证建立时间序列的土壤剖面只有土壤退化年龄变化而其他因素保持相似。而土壤退化各个时间阶段人们的活动可能并不完全一致,有时高强度的人类活动可能会掩盖时间因素对土壤退化的影响作用。其次就是目前的很多土壤退化过程经常有交叉或叠加,要注意区分哪些是由时间因素引起的,哪些不是。最后就是容易将土壤退化时间序列和土壤退化强度(如轻度、中度和重度等)序列相混淆。这都给土壤退化时间序列的建立造成一定的障碍,所以在建立和应用土壤退化时间序列时一定要特别小心。

参考文献:

- [1] Lal R. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability-introduction[J]. Soil & Tillage Research, 1993, 27: 1-8
- [2] Nyberg G, Bargués TA, Kinyangi J, Ilstedt U. Patterns of water infiltration and soil degradation over a 120-yr chronosequence from forest to agriculture in western Kenya[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2011, 8: 6 993-7 015
- [3] 赵其国, 刘良梧. 人类活动与土地退化[A]//中国科学技术协会工作部编. 中国土地退化防治研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990
- [4] Gong ZT. Human-induced Soil Degradation in China: Proceedings of the Expert Consultation of the Asian Network on Problem Soils[R]. Bangkok: FAO, 1996
- [5] 骆永明, 滕应. 我国土壤污染退化状况及防治对策[J]. 土壤, 2006, 38(5): 505-508
- [6] An SS, Zheng FL, Zhang F, Pelt SV, Hamer U, Makeschin F. Soil quality degradation processes along a deforestation chronosequence in the Ziwulingarea, China[J]. Catena, 2008, 75(3): 248-256

- [7] Tang WJ, Liu HH, Liu BY. Effects of gully erosion and gully filling on soil degradation in the black soil region of Northeast China[J]. *Journal of Mountain Science*, 2013, 10(5): 913–922
- [8] Zhang J, Niu JM, Bao TM, Buyantuyev A, Zhang Q, Dong JJ, Zhang XF. Human induced dryland degradation in Ordos Plateau, China, revealed by multilevel statistical modeling of normalized difference vegetation index and rainfall time-series[J]. *Journal of Arid Land*, 2014, 6(2): 219–229
- [9] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[Z]. 北京: 中国农业出版社, 1997
- [10] 环境保护部. 2012 年中国环境状况公报[R]. 2013. http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/201306/t20130604_1223034.htm
- [11] Shi H, Shao M. Soil and water loss from the Loess Plateau in China[J]. *Journal of Arid Environments*, 2000, 45: 9–20
- [12] Lu C, Van Ittersum M, Rabbinge R. Quantitative assessment of resource-use efficient cropping systems: a case study for Ansai in the Loess Plateau of China[J]. *European Journal of Agronomy*, 2003, 19: 311–326
- [13] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化状况公报[R]. 2012. http://www.china.com.cn/zhibo/zhuanli/ch-xinwen/2010-08/31/content_21669628.htm
- [14] Ma YH, Fan SY. The protection policy of eco-environment in desertification areas of Northern China: Contradictions and Countermeasures[J]. *AMBIO*, 2006, 35(3): 132–133
- [15] 李福兴, 刘玉璋. 塔里木河流域土壤退化及其控制[A]//中国科学技术协会工作部编. 中国土地退化防治研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990
- [16] 潘存军, 杨健, 牛树奎. 塔里木河流域土地荒漠化现状分析[J]. *干旱区研究*, 2007, 24(5): 637–640
- [17] 吴燕玉. 土壤污染的评价指标及方法[A]//中国科学技术协会工作部编. 中国土地退化防治研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990
- [18] 环境保护部, 国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报[R]. 2014. <http://www.cqbnhb.gov.cn/Html/1/zwgk/zcwj/2014-04-18/944.html>
- [19] 张桃林. 中国土壤退化机制与防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999
- [20] Guo JH, Liu XJ, Zhang Y, Shen JL, Han WX, Zhang WF, Christie P, Goulding KW, Vitousek PM, Zhang FS. Significant Acidification in Major Chinese Croplands[R]. *Science*, 2010, 327: 1 008–1 010
- [21] 中国土壤普查办公室. 中国土种志(1-6)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [22] 鲁如坤. 土壤-植物营养学[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998
- [23] 杨俐苹, 金继运, 白由路, 黄绍文. 土壤养分综合评价法和平衡施肥技术及其产业化[J]. *磷肥与复肥*, 2001, 16(4): 61–63
- [24] Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz D, McNair M, Crist S, Shpritz L, Fitton L, Saffouri R, Blair R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits[J]. *Science*, 1995, 267: 1 117–1 123
- [25] 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
- [26] 张学雷, 龚子同. 人为诱导下中国的土壤退化问题[J]. *生态环境*, 2003, 12(3): 317–321
- [27] Schaeztl RJ, Anderson S. Soils: Genesis and Geomorphology[M]. New York: Cambridge University Press, 2005
- [28] 陈留美, 张甘霖. 土壤时间序列的构建及其在土壤发生研究中的意义[J]. *土壤学报*, 2011, 48(2): 419–428
- [29] 方华军, 杨学明, 张晓平, 梁爱珍. ^{137}Cs 示踪技术研究坡耕地黑土侵蚀和沉积特征[J]. *生态学报*, 2005, 25: 1 376–1 382
- [30] Zhang XB, Long Y, He XB, Fu JX, Zhang YQ. A simplified ^{137}Cs transport model for estimating erosion rates in undisturbed soil[J]. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2008, 99: 1 242–1 246
- [31] 邵全琴, 肖桐, 刘纪远, 齐永青. 三江源区典型高寒草甸土壤侵蚀的 ^{137}Cs 定量分析[J]. *科学通报*, 2011, 56(13): 1 019–1 025
- [32] 张一澜, 文安邦, 俱战省, 严冬春, 史忠林. 基于 3S 和 ^{137}Cs 技术的三峡库区小流域泥沙输移比研究[J]. *水土保持学报*, 2014, 28(3): 46–51
- [33] Yang X, Zhang K, Jia B, Li C. Desertification assessment in China: An overview[J]. *Journal of Arid Environments*, 2005, 63: 517–531
- [34] Wang F, Pan XB, Wang DF, Shen CY, Lu Q. Combating desertification in China: Past, present and future[J]. *Land Use Policy*, 2013, 31: 311–313
- [35] Wang XM, Chen FH, Hasi E, Li JC. Desertification in China: An assessment[J]. *Earth-Science Reviews*, 2008, 88: 188–206
- [36] 董治宝. 建立小流域风蚀量统计模型初探[J]. *水土保持通报*, 1998, 18(5): 55–62
- [37] 王训明, 董治宝, 武生智, 陈广庭. 土壤风蚀过程的一类随机模型[J]. *水土保持通报*, 2001, 21(1): 19–22

Soil Degradation Chronosequence and Their Significance in Soil Degradation Study of China

HAN Guang-zhong¹, WANG De-cai², XIE Xian-jian^{1*}

(1 *College of Geography and Resources Science of Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641112, China;*

2 *College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China*)

Abstract: Due to climate changes, human activities and excessive utilization, China is one of the countries with significant soil degradation and many problems need to be solved in recent decades. Obviously, the more detailed information were acquired in soil degradation processes, the better would be done in soil degradation assessments and soil conservation. Thus, various soil degradation chronosequences are needed to investigate how soil degradation change with time and the concomitant agricultural implications. To obtain reliable results, the establishment of soil degradation chronosequences must consist of two critical processes, i.e. quantitative identification of original soil uniformity between and within profiles of the chronosequence, and identification of the degraded soil ages with numerical or geochronometric dating methods and surface exposure (relative) dating methods. This study provided a methodology that can help improve our understanding of the constructing procedures of soil degradation chronosequences and such enhanced understanding may contribute to soil degradation studies, with a view to providing detailed references for correct construction of soil degradation chronosequences and better understanding the effects of the time factor on soil degradations.

Key words: Soil degradation; Soil chronosequence; Construction; Soil similarity; Soil age