

中国北方地区的本底植被

任国玉

(中国气象局 国家气候中心气候研究开放实验室 CMA, 北京 100081)

摘要:根据现代地植物学和古生态研究结果,恢复、评估了我国北方地区的原生植被和潜在植被状况,并论述它们对生态建设的意义。潜在植被分布表明,温带或亚热带郁闭森林仅可以发育在北方的东南边缘地带,而东北中西部、华北平原大部、黄土高原东南部和青藏高原东缘等地区为郁闭度较低的疏林或森林草原可能发育地带。这些地区是北方农业发展和生态恢复的主要区域;东北西部、内蒙古东南部、陕北、宁夏东南部、陇东南和青海省东中部等地区,潜在地带植被当属温带草原,宜发展牧业,是目前退耕还草的重点区域。在全新世中期,东北地区东北部的原生植被为温带落叶阔叶林;东北的南部、河北东部、山东东部、淮河流域等地生长着暖温带落叶阔叶林;在黄土高原东南部、黄淮平原西部和青藏高原东部边缘等地区,原生森林面积比目前大得多,分别分布着以松属和落叶阔叶树占优势的稀疏森林和以云、冷杉占优势的山地寒温带森林,为这些地区勾勒了未来生态恢复所能达到的理想境界。根据原生植被分布,黄土高原西北部地区同样不适合发展林业,退耕以后所能够恢复的也只能是草,而不是林;再往西北,到了毛乌素沙地西北部及其我国西北内陆的广袤半荒漠、荒漠地带,原生地带植被中从未出现森林,在绝大多数情况下均不宜发展林业。

关键词:原生植被;潜在植被;本底植被;全新世;生态建设;中国北方

On baseline vegetation in Northern China

REN Guo-Yu (National Climate Center, CMA, Beijing 100081, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1287~1293.

Abstract: A few of concepts related to a baseline vegetation have been defined. Among them, potential vegetation is defined as the vegetation that would occur under the current climate condition without any disturbance from human activity, and original vegetation is defined as the vegetation that actually occurred prior to the significant interference from human activity. Both potential vegetation and original vegetation are classified into baseline vegetation. Potential vegetation distribution could be obtained by investigating the current botanic relics or by means of calculation based on the relationship between climate and vegetation, and original vegetation status could be reconstructed by using paleo-ecological data. In China north of the Yangtze River, potential temperate and sub-tropical forests with high closure could occur only in the southeastern most parts; temperate woodlands or forest-steppe could developed in central west Northeast, most parts of the North China Plain, southeastern Loess Plateau and eastern rim of the Qinghai-Tibet Plateau, where rain fed agriculture can be practiced and eco-reconstruction of the degraded landscapes should be emphasized; potential temperate steppe could grow in western Northeast, southeastern Inner Mongolia, northwestern Loess Plateau and central east Qinghai Province, where only animal husbandry could be developed and the previously cultivated lands should be returned back to the pastures. At about 6000 a BP, the original vegetation in northeastern Northeast was temperate deciduous forest, which is rather different from the current mixed needle and deciduous forest; Southern Northeast, eastern North China Plain and the Huaihe Basin saw a warm temperate deciduous forest which bears little similarity to the current forest with pines as one of dominant trees; Significantly larger extent of original forests occurred in southeastern Loess Plateau, western North China Plain and eastern rim of the Qinghai-

基金项目:中国科学院知识创新工程重大资助项目(KZCX1-10-08);国家“十五”科技攻关资助项目(2001BA611B-01)

收稿日期:2003-08-07; **修订日期:**2004-03-20

作者简介:任国玉(1958~),男,辽宁康平人,博士,研究员,主要从事古气候、古生态和气候变化研究。E-mail:gyren@homeway.com.cn

致谢:作者感谢秦大河、丁一汇、张丕远、陈灵芝、钱迎倩等先生的鼓励和建议

Foundation item: Chinese Academy of Sciences(No. KZCX1-10-08) Ministry of Science and Technology of China(No. 2001BA611B-01)

Received date: 2003-08-07; **Accepted date:** 2004-03-20

Biography: REN Guo-Yu, Ph. D., Professor, mainly engaged in paleo-climatology, paleo-ecology and climate change. E-mail: gyren@homeway.com.cn

Tibet Plateau, with pines/deciduous trees and fir/spruce as the dominant components respectively. Although human activities have been thought to bear a main responsibility for the shrinkage of the forests, climate variation might also contribute to the change in vegetation in some extent. It thus is inspirable to mention that the expansion of the forests in mid-Holocene provides a maximum possibility for afforestation in the regions. The reconstruction of the original vegetation does not encourage the effort to afforest in such areas as northwestern Loess Plateau and central Inner Mongolia. The saying of turning cultivated fields back to forestlands is also improper.

Key words: original vegetation; potencial vegetation; baseline vegetation; holocene; eco-reconstruction; Northern China.

文章编号:1000-0933(2004)06-1287-07 中图分类号:Q463,Q948,P931 文献标识码:A

由于长期的人类活动干扰和气候变化,目前我国陆地生态系统和环境处于深度退化状态。退化生态系统和环境的恢复已成为国家可持续发展中的重要问题之一。但是,在北方和西部的生态建设或生态恢复工程中,有一个核心的生态学问题迫切需要解决,即这些地区特别是黄河流域在没有人类干预情况下,其当前气候条件下的潜在植被和过去气候条件下的原生植被究竟是什么样的?这个问题不解决,生态恢复或生态建设的战略方向就无从把握。本文试图根据现代地植物学和古生态学研究的现有成果,对此进行讨论。

为了讨论的方便,特对有关名词做如下界定和说明:

(1)自然植被 泛指在没有人类干预条件下所发育的植被。自然植被可以出现在今天,也可以出现在过去的任何时间;可以与当前气候条件处于平衡状态,也可以处于非平衡状态。

(2)现生植被 目前所观察到的实际植被组成和分布状况,称现生植被。由于人类干预和持续影响,目前许多地区的现生森林植被已明显脱离了当前气候条件下的顶级状态,多以处于各种演替阶段的次生状态出现。但人工生态系统仍然可以和当前的气候条件达到相对平衡。在人类干预很微弱的地区,如果植被和气候条件又处于平衡状态,则现生植被与潜在植被基本等同。

(3)潜在植被 在当前气候条件下,当植被与气候条件完全达到平衡时所应发育的自然植被,称潜在植被、或地带植被。由于人类活动等因子的干扰,目前地球上大部分地区的植被已经不代表潜在植被了。在冰后期的大部分时间内,中高纬度地区,特别是曾被冰盖占据的地区,植被也难以与当时的气候条件达到平衡,因此很长时间内未曾出现过潜在植被或地带植被。一些人工生态系统与现代的气候条件也可能达到平衡,但因为不是自然植被,所以这里不作为潜在植被看待。

(4)原生植被 指在人类显著干预之前的自然植被。原生植被是自然植被的一个特例,它出现于有人类干预的地区。原生植被与当时的气候条件可以处于平衡状态,也可以处于非平衡状态。由于不同地区人类活动显著干预植被的时间有早有晚,各地原生植被可以出现在全新世的不同时刻。原生植被不同于潜在植被,因为前者不要求植被与当时的气候条件必须达到平衡。如在全新世早中期中高纬度地区的植被,与当时气候条件处于非平衡状态,后来又受到明显的人类活动干扰。在其受人类干扰之前的植被是原生植被,但不是潜在植被。

(5)本底植被 笼统指在没有人类干预情况下的自然植被,因此它包涵了自然植被、潜在植被和原生植被。

因此,现生植被是现在实际发育的植被,原生植被可以看作是有人类显著干预之前的现生植被或自然植被,而潜在植被则是在某种气候条件下演替到顶级状态的自然植被。除了人类活动影响外,气候各种时间上的变化实际上也阻碍着潜在植被的实现。例如,在欧洲和北美的大部分地区,冰后期气候的快速增暖和植物物种迁移对时间的要求致使在数千年内植被与气候处于非平衡状态,潜在植被只是在晚全新世人迹罕至的地方才得以实现。有迹象表明,这种情形可能也存在于我国东北地区^[1]。

对上述名词的定义可能同地植物学或生态学的传统定义和理解有微妙差异,这些差异可能主要源于对古生态信息的认识。作者希望,上述有关名词的定义仅适用于本文的讨论。

这里区域主要指长江以北的我国北亚热带以及包括东北、华北和西北的“三北”地区,因为这些地区的古生态资料比较丰富,同时也因为这里是我国生态建设或生态恢复规划的重点区域。特别关注的地区将是黄土高原和华北平原。

1 潜在植被

1.1 地植物学调查获得的地带植被分布

迄今,还没有对潜在植被分布进行过系统研究,也没有获得公认的潜在植被分布图可资借鉴。吴征镒等在大规模植被调查的基础上,给出了我国植被区划图^[2],但这不代表潜在植被带。侯学煜^[3]、周光裕^[4]和朱志诚^[5]等也分别提出了我国自然植被地带分布界限。就主要生态过渡带特别是森林-草原边界的位置来看,这些植被区划存在一定差异,但一般均比当前的现生植被带边界分布情况^[6]偏向西北。例如,在各个自然植被分布图上,华北平原的大部分和黄土高原东南部属于暖温带落叶阔叶林分布区,但实际上这些地区多为农田、温带落叶灌丛和灌草丛所覆盖,只有局部偏远山地才生长小片栎林和松林。

在地植物学和历史地理学界,一般认为造成这种差别的原因是人类破坏导致了华北平原和黄土高原东南部原始森林衰

退^[2, 5, 7~9],因此潜在植被与现生植被分布出现了显著偏差。但是,自然地理学者和第四纪环境学者一般认为,这些地区从气候和地质史的角度来看,可能本来就不是典型森林分布范围^[10~12],因此潜在植被与现生植被分布的差别可能没有这么大。这个问题的最终解决,需要不同学科的专家密切合作,和对源于各个专业视角的认识进行综合集成分析。

1.2 干湿指数与潜在植被带的关系

降水量和我国北方植被分布存在比较密切的联系。但实际上对植物生长起决定作用的是水分的可获得程度,后者大致可用干燥度(指数)或湿润度(指数)来表征。中国自然区划采用的干燥度和张新时提出的湿润指数均与自然植被分布存在密切关系^[13,14]。采用干燥指数 DI ^[15],其计算公式为:

$$DI = \frac{k \times T_s}{P_s}$$

其中, T_s 为夏季 3 个月(6、7、8 月)平均气温, P_s 为夏季 3 个月的总降水量。设东北平原东部现代森林-草原界线上的干燥指数 DI 为 1.0,可得系数 $K=17.5$ 。选择东北现代森林-草原界线来确定经验系数,是因为那里植被受人类强烈干预的时间比较晚,潜在的生态过渡带位置比较好界定^[16]。定义的干燥指数对于北方大部分地区来说比较适用,因为这些地区的降水主要集中在植物活跃生长的夏季 3 个月份内。

干燥指数小于 1.0,表示气候湿润;干燥指数介于 1.0 到 1.3 之间,说明气候属于半湿润类型;干燥指数在 1.3 到 2.5 之间,气候为半干燥;干燥指数大于 2.5 但小于 4.5,气候属于干燥类型;干燥指数大于 4.5 的地区则为极端干燥气候。

此干燥指数与中国自然区划委员会定义的干燥度物理意义相近,但计算更为简洁。我国北方干燥指数分布情况如图 1 所示。

由于东北地区的自然植被受人类干预程度比较轻,因此可以根据东北干燥指数与潜在植被带的对应关系确定出不同植被地带边界上的界限干燥指数值,进而划分出我国北方其它地区主要潜在生态过渡带的位置。干燥指数 1.0 等值线与中国自然区划委员会的干燥度 1.2 等值线基本吻合,大体上代表了森林-草原生态过渡带的位置。干燥指数 1.0 等值线以东南主要为森林区,西北则依次为森林草原、草原和荒漠区。

干燥指数 1.0 等值线以南、以东的温带或亚热带地带性郁闭森林主要出现在东北东部和北部、山东半岛东部、黄淮平原南部、陕西南端、甘肃西南部、青海省东南部和四川北部;在干燥指数 1.0~1.3 之间,应发育地带性森林-草原或温带疏林(Woodlands),主要包括东北中西部、华北平原大部分、山西东南、陕西东南、甘肃南部、青海东南部和川西等地区;干燥指数 1.3~2.5 之间应为我国北方典型的温带草原区,主要包括东北西部、内蒙古的东南部,陕北,宁夏东南部,陇东南和青海省东中部等地区。北疆的天山和阿尔泰山山麓地带属于典型草原;在干燥指数 2.5~4.5 之间的地带,主要包括内蒙古西部、宁夏北部、陇中、青海西北、北疆地区和西藏中北部,水平地带性植被带为干草原或半荒漠;再向西北,到了干燥指数高于 4.5 的地区,就已经进入典型的荒漠地带了,这包括我国西北主要的沙漠和戈壁(表 1)。

可见,无论是根据过去常用的干燥度,还是根据新定义的干燥指数,包括黄土高原东南部的黄河中下游流域都不能算作湿润地区,也不属于典型的湿润森林地带,潜在植被当属森林-草原或温带疏林,在地形和土壤适宜的地段生长树木,但郁闭度较低。由于长期的人类活动破坏,这个地区目前更常见的是温带落叶灌木或灌丛,森林已经很少见了,只在局部偏僻山地还可以看到接近地带性植被的森林。但是,黄淮平原南部及其附近山地、陕南和青藏高原东部边缘在气候上属于半湿润

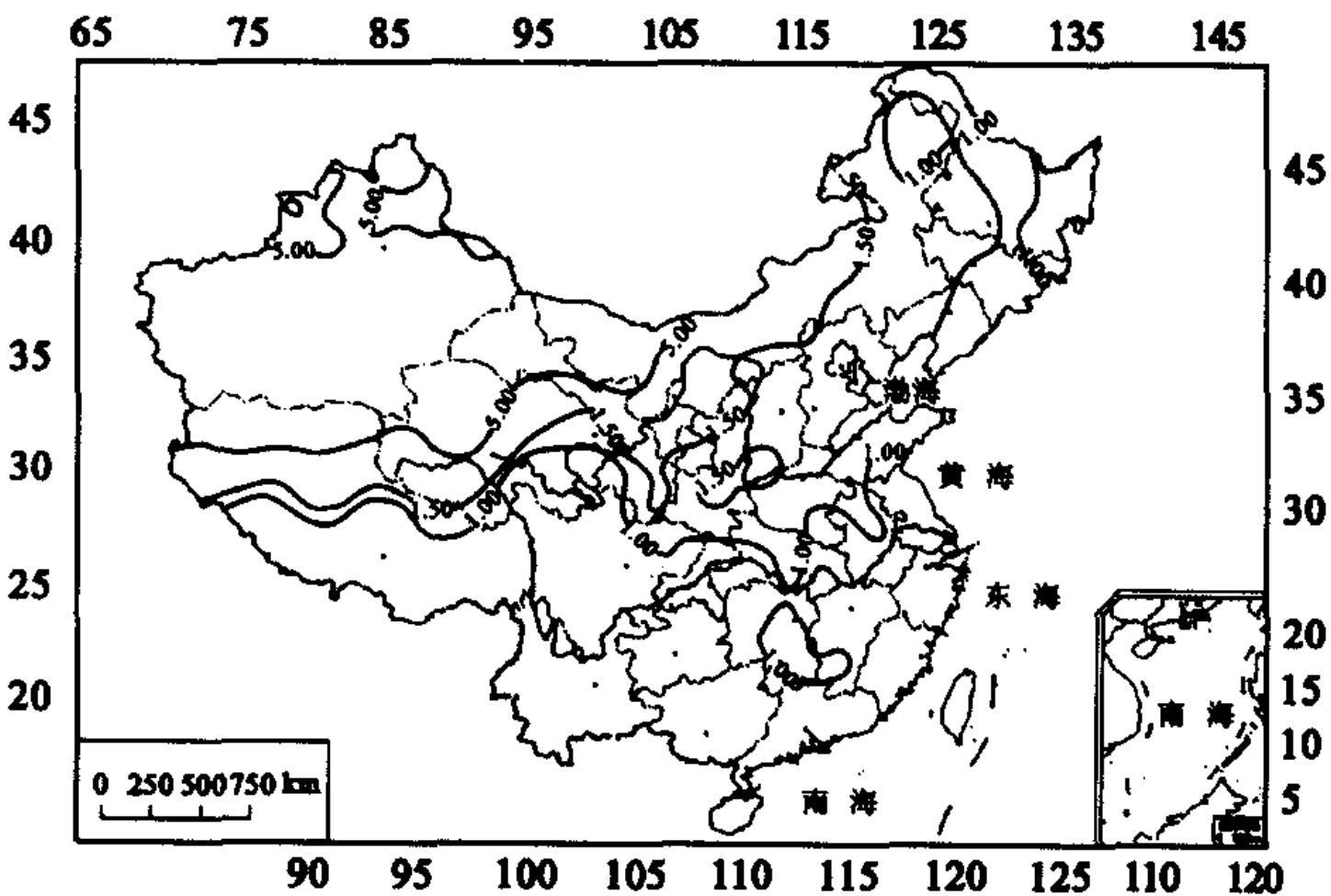


图 1 我国北方地区干燥指数等值线
Fig. 1 Dryness index in northern China

表 1 北方干燥指数及其与气候和潜在植被带的对应关系
Table 1 Dryness index and the corresponding climate types and biomes

干燥指数 Dryness index	气候类型 Climate types	植被类型 Biomes
<1.0	亚热带或温带湿润季风气候①	温带或亚热带森林⑥
1.0~1.3	温带半湿润季风气候②	森林-草原或温带疏林⑦
1.3~2.5	温带半干燥气候③	典型温带草原⑧
2.5~4.5	温带干燥气候④	干草原或半荒漠⑨
>4.5	带极端干燥气候⑤	典型温带荒漠⑩

① Tropical/Temperate humid monsoon climate; ② Temperate sub-humid monsoon climate; ③ Temperate sub-arid climate; ④ Temperate arid climate; ⑤ Temperate hyper-arid climate; ⑥ Tropical/Temperate forests; ⑦ Temperate forest-steppe or woodland; ⑧ Typical temperate steppe; ⑨ Temperate low steppe or semi-desert; ⑩ Typical temperate desert

到湿润地带,在地形和热量条件适宜的情况下其潜在植被当为森林。

2 原生植被

在北方的大部分地区,原生植被与现生植被存在显著差别,同目前的潜在植被可能也不一样。历史记录资料表明,黄土高原和华北平原部分地区曾经生长着森林,后来的人类砍伐使得原始植被受到破坏^[7,8,17,18]。古生态资料也表明,黄、淮、海河流域的很多地区在人类干预之前确实生长着稀疏森林,近 5000a 来人类活动才使得天然林大为减少,但人为引起的森林衰退在各个地区有早有晚,森林衰退的程度也存在明显差别^[19,20]。因此,严格地说,各地原生植被出现的时间是不相同的。

目前还没有根据古生态资料重建的包括黄河流域在内的北方原生植被分布资料。在这种情况下,可以用人类活动最早显著干预陆生植被前某一固定时刻的古植被来近似代表原生植被。现有资料表明,在我国北方,关中平原及其附近地区人类活动显著干预植被的起始时间可能是最早的,约发生在 6000~5000 a BP(碳-14 年龄,下同)^[19]。可以认为,处在中全新世 6000 a BP 的植被还没有显著受到人类活动影响,以后这种影响日益强烈。因此,可以利用 6000 a BP 时间片段的古植被分布图近似代表原生植被状态。

周昆叔等^[21]、安芷生等^[22]、Sun and Chen^[23]、施雅风等^[24]、Winkler and Wang^[25]曾根据代表性地点花粉资料重建了早中全新世(9000~6000 a BP)的古植被。于革等采用花粉资料和植被地带化方法重建了 6000 a BP 中国植被带^[26]。任国玉等根据长江以北的花粉资料编制了全新世花粉图,并据此给出 6000 a BP 主要生态过渡带的位置和植被带的分布情况^[20,27]。尽管对植被演化原因的解釋明显不同,这些重建结果表明,中全新世我国北方植被分布与今天比较,差别确实非常显著。

近年的研究表明,根据花粉资料推断的我国北方大部分地区中晚全新世植被演化进程主要是由人为因素驱动引起的,气候变化的作用是次要的^[19,28]。图 2 是根据乔木花粉 40% 等值线重建的 6000 a BP 和现代森林-草原边界位置。同今天相比,尽管在东北地区森林-草原生态过渡带古今差别不明显,黄淮流域原生森林地带确实大大地向西北方向推进了。这个变化一方面可能同当时气候比较湿润有关^[22,24],但更重要的因素可能还是仰韶文化以来人类活动对植被的累积影响。这一认识使得利用古生态资料分析探讨区域原生植被问题成为可能。

图 3 给出了依据花粉图资料重建的 6000 a BP 植被地带分布情况^[20]。当时,东北地区的东北部分布着温带落叶阔叶林,现代的红松针阔叶混交林还没有形成;东北的南部、河北东部、山东东部、淮河流域等地区原生植被为暖温带落叶阔叶林,松属等针叶树同样很少;黄河下游部分地区和黄土高原的东南部,包括河北西部、河南北部、山西、内蒙的大青山地区、陕西南部、甘肃东南部等,乔木花粉百分比可达到 40%~70%,一般比目前高出 20~30 个百分点,分布着以松属占优势的稀疏森林或森林-草原;在青藏高原的东部,包括四川西部、甘肃西南和青海东南部地区,6000 a BP 的森林范围也明显比今天大,但主要由云/冷杉属针叶乔木构成。在西北的极端干燥地带,花粉资料比较缺乏,目前还不能可靠地重建 6000 a BP 的原生自然植被。

从原生植被与现生植被的对比看,尽管青藏高原东部过去和现在的优势乔木属未变,均为云杉和冷杉,黄土高原东南部在人类干预之前分布较多的松树现在却很少见了,森林衰减的程度也比其它地区来得大;另一方面,东北东部和华北平原东部原来却以暖温带阔叶树为优势种类,没有现在这么多的松树。从潜在植被来看,一般倾向于认为,黄土高原东南部地带性植被为温带落叶阔叶林。但古生态资料表明,在本区的原生稀疏森林中,针叶树可能是占优势的,同时也生长着少量落叶阔叶树。因此,

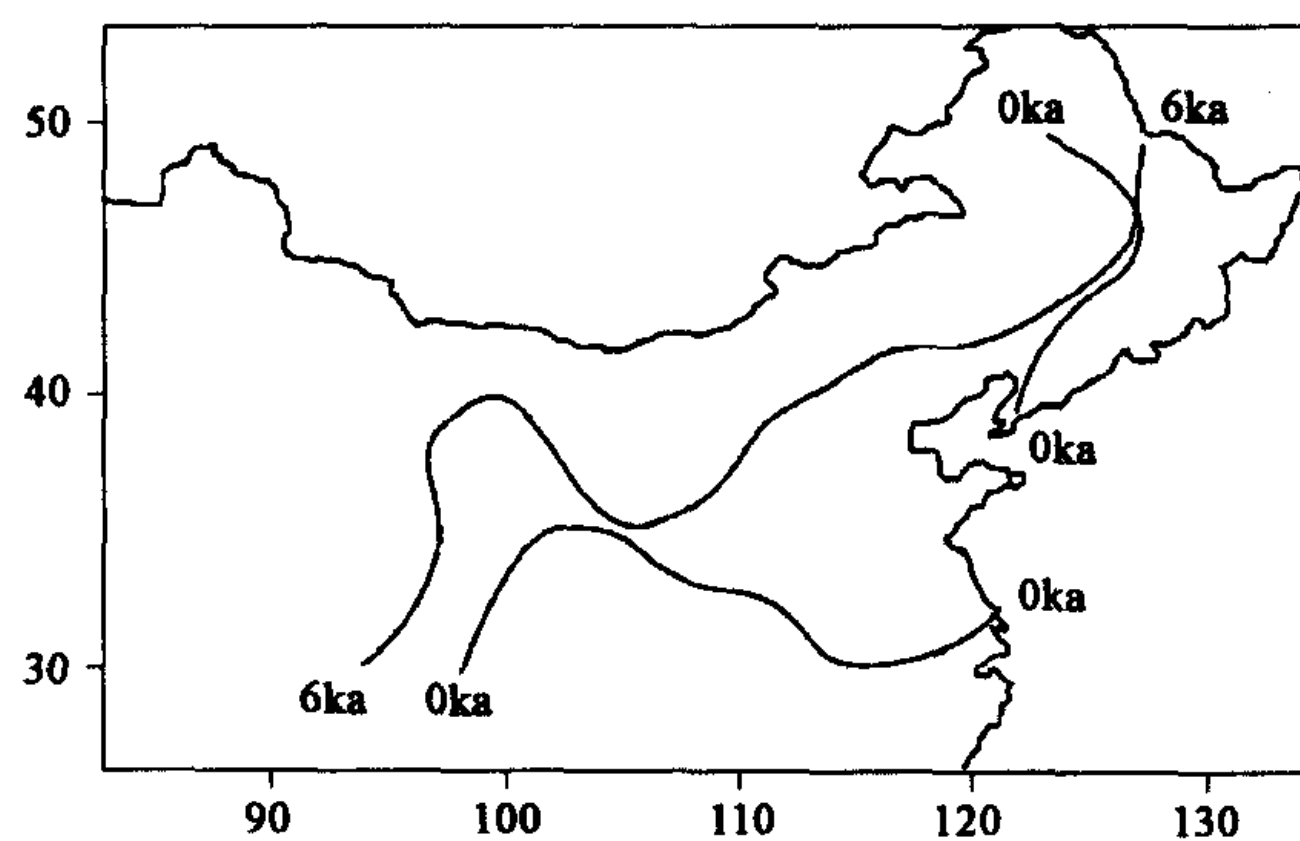


图 2 全新世中期(6000 a BP)与现代森林-草原边界位置

Fig. 2 Locations of forest-steppe ecotone at 6000 a BP and present

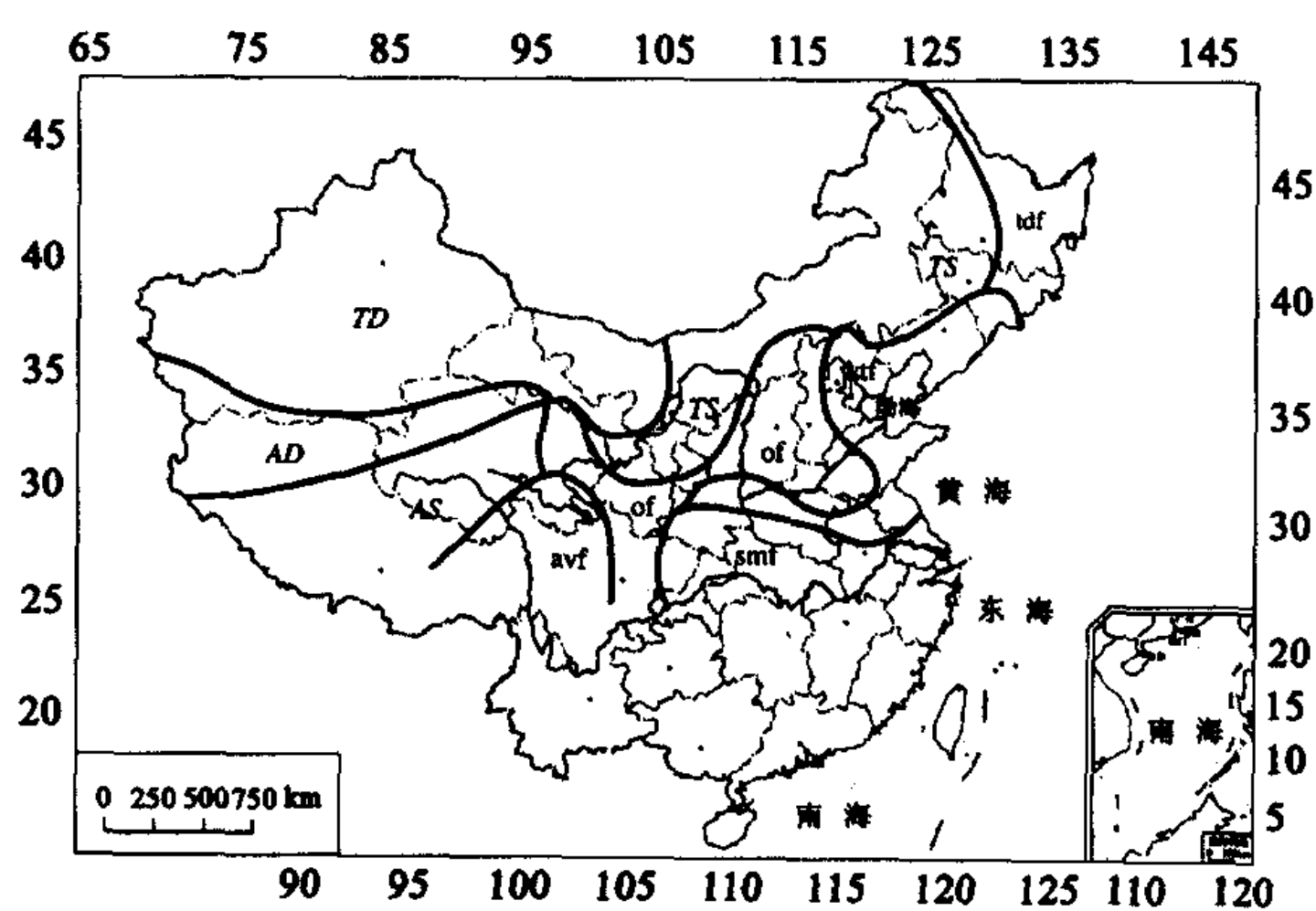


图 3 我国北方 6000 a BP 植被地带分布,可挖代表原生植被带

Fig. 3 Vegetation types reconstructed for 6000 a BP in northern China

tdf: 温带阔叶落叶林 Temperate deciduous forest; wtf: 暖温带阔叶落叶林 Warm temperate deciduous forest; smf: 副热带常绿、阔叶落叶林混合林 Subtropical mixed evergreen deciduous forest; avf: 高原山谷针叶林 Alpine valley forest; of: 其它森林 Other forest; TS: 温带草原 Temperate steppe; TD: 温带荒漠 Temperate desert; AS: 高寒草原 Alpine steppe; AD: 高寒荒漠 Alpine desert

原生植被与目前所认识的潜在地带性植被和现生植被均存在明显差别,这不仅体现在主要生态过渡带的位置上,而且也表现在植被组成或植被类型的变化上。

3 本底植被与生态建设

我国北方地区现代生态与环境系统的形成主要取决于气候条件和人类活动的双重影响。降水量或干燥程度使不同的地带具有生长迥然不同植被的可能性,同时也决定了地带土壤性状和水资源的可获得量。气候条件和地形条件结合起来,基本上决定了生态地带类型以及可供人类选择的产业经营类型和方式。认识气候条件对生态和环境系统形成与演化的影响,了解潜在植被的分布态势,使人们科学地确定地区资源与环境的时空变异特点,明确不同地区生态恢复的潜力、环境保护的方向以及经济开发的条件,为解决北方特别是西北地区生态建设和经济发展实践中的若干关键问题提供科学和技术支撑。

人类活动对地表植被的干预严重。许多地区,主要由于这种干预,使得人们目前难以见到潜在的自然植被,也使得许多地区的原生植被发生时代回溯到久远的过去,需要借助古生态学方法予以恢复。认识区域原生植被状态,可以使我们了解,究竟在什么时候开始以及在多大程度上人类已经破坏了原始植被;同时也可以了解,在气候条件变化不大的情况下,各类退化的生态系统可以往什么方向恢复或发展,能够恢复到什么状态。当然,气候的变化可能使情况进一步复杂化。例如,在黄河流域,如果全新世中期的气候确实比今天湿润,本文给出的原生植被实际上是指示了在最理想情况下当地退化的生态系统所可能恢复的最大限度。由于气候较比从前可能已趋于变干,今天的生态系统恢复到原生植被状态是困难的,但有关原生植被的知识仍然富有指示意义。

潜在植被地带分布表明,东北东部和北部、山东半岛东部、黄淮平原南部、河南西部、陕西南部、甘肃西南部、青海省东南部和四川北部是我国北方温带或亚热带郁闭森林可以发育的地带,应该是未来北方林业建设的重点区域;东北中西部、华北平原大部分、山西东南、陕西东南、甘肃南部、青海东南部和川西等地区为郁闭度较低的温带疏林(Woodlands)或森林草原可能发育地带,是北方农业发展和生态恢复的主要区域;典型的温带草原带主要包括东北西部、内蒙古的东南部,陕北,宁夏东南部,陇东南和青海省东中部等地区,气候与环境条件相对较差,草地资源丰富,水资源总量比较紧缺,初级产业类型应以牧业为主,但目前许多地区已辟为农耕区,属超地带性开垦,是将来退耕还草的主要区域。一般情况下,这个地带特别不适宜强调植树造林或退耕还林。

从原生植被重建来看,东北地区的东北部分布着温带落叶阔叶林,而不是现代的红松针阔叶混交林,东北的南部、河北东部、山东东部、淮河流域等地生长着暖温带落叶阔叶林,今天常见的各种松树同样很少。如果不是乔木种的空间迁移,这种对比应该与气候变化或人类干预有关。在松属等针叶树相对增加的原因没有真正了解之前,这些地区原生植被重建对于现代生态与环境规划的指导意义是有限的。

但是,原生植被的重建确实指示,黄土高原东南部、华北平原西部和青藏高原东部边缘等地区原有的森林面积比目前大得多,分别分布着以松属和落叶阔叶树占优势的稀疏森林和以云、冷杉占优势的山地寒温带森林。在黄土高原,原生状态的森林-草原生态过渡带位置比潜在植被状态下的位置还偏于西北,这可能说明近 6000 年来区域气候在一定程度上确趋于变干了,但气候变化对植被的影响和人类活动影响比较起来还是要小得多。尽管原生植被与当前的潜在植被存在一定差异,但它给出了在历史上气候条件最佳、同时又缺乏人类活动严重干预情况下的区域生态系统所可能达到的发育状态,也是当前黄土高原生态恢复所能达到的最理想境界。

即使按这种最理想境界考虑,黄土高原西北部地区仍主要是草原地带,不适合发展林业,退耕以后所能够恢复的也只能是草,而不是林。至于再往西北,到了毛乌素沙地西北部及其西北内陆的广袤半荒漠、荒漠地带,原生地带植被中从来就没有过森林出现,在绝大多数情况下都不适宜发展林业的。此外,青藏高原东部原生植被中森林面积确比今天大,森林边界也比今天略偏西,说明在这个地区恢复森林植被还是有一定潜力的。

所有上述讨论都是基于未来气候不发生明显变化的假设。实际上,在过去的 50~100a,我国北方的气候出现了明显的变化。未来北方的气候条件还将继续改变。特别是有关未来大气中温室气体浓度增加可能引起的气候变化,是目前科学界广泛关注的焦点问题。在未来气候变化的情况下,我国北方的生态、环境建设规划还不能完全依赖于建立在对过去和现在生态过程了解基础上的生态知识,未来气候变化的方向和速率及其可能影响也应该给予充分的考虑。但是,无论对于指导生态与环境建设实践来看,还是对于理解植被演化动态和趋势来看,潜在植被和原生植被的恢复仍然是现代生态学和古生态学的基础性工作,值得更多的关注。

References:

- [1] Ren G. Regional difference of Holocene vegetation change and the possible migration of major trees in NE China. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2000, 17: 155~163.

- [2] Wu Z Y. *Vegetation of China*. Beijing: China Science Press, 1980. 749~1037.
- [3] Hou X Y. *Biogeography and the dominant bio-chemical elements of China*. Beijing: China Science Press, 1982. 316~357.
- [4] Zhou G Y. On the borders of warm temperate deciduous forest in China. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1981, (4), 302~307.
- [5] Zhu Z C. Distribution of forest-steppe on the Loess Plateau. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1983, (2), 122~131.
- [6] Hou Y Z, Chen, S P, Zou D K, *et al.* *Zhongguo Zonghe Ditu*. Beijing: China Cartography Press, 1990. 190.
- [7] Shi N. Studies on the historical forest changes. *Chinese Historical Geography*, 1988, 1: 1~17.
- [8] Shi N. On distribution and change of historical forest of China. *Chinese Historical Geography*, 1991, 3, 43~73.
- [9] Zhu S. Vegetation changes of Northeast China during historical period. *Chinese Historical Geography*, 1992, 4, 105~119.
- [10] Zhang L S. Formation, evolution and regional difference of China's physical geography. In: Ren, M., Bao, H., eds., *Physical regions of China and the exploitation and management*. Beijing: China Science Press, 1992. 36~69.
- [11] Liu T S, Guo Z T, Wu N Q. *et al.* Prehistoric vegetation on the Loess Plateau: steppe or forest? *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 1996, 13(3~5): 341~346.
- [12] Lü H, Liu T, Guo Z. Natural Vegetation of Geological And Historical Periods In Loess Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48 (5): 411~416.
- [13] Zhao S Q, Sun H N, Huang R J, *et al.* *Modern Physical Geography*. Beijing: China Science Press, 1988. 156~169.
- [14] Zhang X S. A classification system of vegetation-climate for global change research. *Quaternary Science*, 1993, (2), 157~167.
- [15] Ren G, Lu J, Zou X, *et al.* Climatology of Northwest China. In: Ding, Y., Wang, S., eds. *An introduction to climate and eco-environment of Northwest China*. Beijing: China Meteorological Press, 2001. 1~43.
- [16] Ren G. Migration of the forest-steppe ecotone during the Holocene period in Northeast China, *Acta Ecologica Sinica*, 1988, 18 (1): 33~37.
- [17] Editorial Committee of China Physical Geography, CAS. *China Physical Geography; Historical Physical Geography*. Beijing: China Science Press, 1982. 18~34.
- [18] Expiration Team of the Loess Plateau, CAS. *Natural environment of the Loess Plateau and its change*. Beijing: China Science Press, 1991. 108~152.
- [19] Ren G. Decline of the mid-to late Holocene forests in China: climatic change or human impact? *Journal of Quaternary Science*, 2000, 15 (3): 273~281.
- [20] Ren G and H J Beug. Mapping Holocene pollen data and vegetation of northern China. *Quaternary Science Review*, 2002, 21 (12~13): 1395~1422.
- [21] Zhou K, Chen S, Chen C, *et al.* Holocene pollen analysis and palaeoenvironment in the northern China. In: *Sporo-pollen Analyses of the Quaternary and Palaeoenvironment*. Beijing: China Science Press, 1984. 25~53.
- [22] An Z, Wu X, Lu Y, *et al.* A preliminary studies on paleo-environment of the last 20,000 years in China. In: Liu, T., ed. *Loess, Quaternary Geology and Global Change, Part 2*. Beijing: China Science Press, 1990. 1~26.
- [23] Sun X J and Chen Y S. Palynological records of the last 11000 years in China. *Quaternary Science Reviews*, 1991, 10: 537~544.
- [24] Shi Y and Kong Z. *The Climates and Environments of Holocene Megathermal in China*. China Ocean Press, Beijing. 1992.
- [25] Winkler M G and Wang P K. The late-Quaternary vegetation and climate of China. In: Wright, H. E. *et al.*, eds. *Global Climate since the last Glacial Maximum*, University of Minnesota Press. Minneapolis, 1993. 221~264.
- [26] Yu G, Chen X, Ni J, *et al.* Palaeovegetation of China: a pollen data-based synthesis for the mid-Holocene and last glacial maximum. *Journal of Biogeography*, 2002, 27: 635~664.
- [27] Ren G and Zhang L. Late Holocene vegetation in Maili region, Northeast China, as inferred from a high-resolution pollen record, *Acta Botanica Sinica*, 1997, 39 (4): 353~362.
- [28] Ren G and L Zhang. A preliminary mapped summary of Holocene pollen data for Northeast China. *Quaternary Science Review*, 1998, 17: 669~688.

参考文献:

- [2] 吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980. 749~1037.
- [3] 侯学煜. 中国植被地理及优势植物化学成分. 北京: 科学出版社, 1982. 316~357.
- [4] 周光裕. 试论中国暖温带落叶阔叶林的边界. 植物生态学与地植物学丛刊, 1981, (4), 302~307.
- [5] 朱志诚. 陕北黄土高原上森林草原的范围. 植物生态学与地植物学丛刊, 1983, (2), 122~131.
- [6] 侯仁之, 陈述彭, 左大康, 等. 中国地理丛书-中国综合地图集. 北京: 中国地图出版社, 1990. 190.

- [7] 史念海. 历史时期森林变迁的研究. 中国历史地理论丛, 1988, (1): 1~17.
- [8] 史念海. 论历史时期我国植被的分布及其变迁. 中国历史地理论丛, 1991, (3): 43~73.
- [9] 朱士光. 历史时期我国东北地区的植被变迁. 中国历史地理论丛, 1992, (4): 105~119.
- [10] 张兰生. 中国自然地理环境的形成、演变与地域分异. 任美铎、包浩生主编, 中国自然区域及开发整治. 北京: 科学出版社, 1992. 36~69.
- [12] 吕厚远, 刘东生, 郭正堂. 土高原地质历史时期古植被研究状况. 科学通报, 2003, 48(1): 2~7.
- [13] 赵松乔, 孙惠南, 黄荣金, 等. 现代自然地理. 北京: 科学出版社, 1988. 156~169.
- [14] 张新时. 研究全球变化的植被-气候分类系统. 第四纪研究, 1993, (2): 157~167.
- [15] 任国玉, 陆均天, 邹旭凯, 等. 我国西北地区的气候特征与气候灾害. 见: 丁一汇, 王守荣主编: 中国西北地区气候与生态环境概论. 北京: 气象出版社, 2001. 1~43.
- [16] 任国玉. 全新世东北平原森林-草原生态过渡带的迁移. 生态学报, 1998, 18(1): 33~37.
- [17] 中国科学院《中国自然地理》编委会. 中国自然地理: 历史自然地理. 北京: 科学出版社, 1982. 18~34.
- [18] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区自然环境及其演变. 北京: 科学出版社, 1991. 108~152.
- [21] 周昆叔, 陈硕民, 陈承惠, 等. 中国北方全新统花粉分析与古环境. 中国孢粉学会, 第四纪孢粉分析与古环境. 北京: 科学出版社, 1984. 25~52.
- [22] 安芷生, 吴锡浩, 卢演涛, 等. 最近 2 万年中国古环境变迁的初步研究. 见: 刘东生主编. 黄土·第四纪·全球变化, 第 2 集. 北京: 科学出版社, 1990. 1~26.
- [24] 施雅风, 孔昭宸(主编). 中国全新世大暖期的气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992.
- [27] 任国玉, 张兰生. 科尔沁沙地麦里地区晚全新世植被演化. 植物学报, 1997, 39(4): 353~362.