

自然生态系统公益及其价值^{*}

徐世晓, 赵新全, 孙平, 赵同标, 赵伟
(中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

摘要: 自然生态系统公益是指自然生态系统及其生态过程所形成的维持人类赖以生态的自然环境条件及其提供的服务。自然生态系统不但为人类提供食物、木材、燃料、纤维以及药物等社会发展的重要组成部分, 而且还维持着人类赖以生存的生命支持系统, 包括空气和水体的净化、缓解洪涝和干旱、土壤的产生及其肥力的维持、分解废物、生物多样性的产生和维持、气候的调节等, 没有自然生态系统提供的这些公益人类文明将不再繁荣。人类经济的发展很大程度上依赖自然生态系统公益, 但是人类工农业生产活动已经破坏了自然生态系统, 如果继续当前的不合理生产方式, 人类将在几十年内完全失去全球现有的自然生态系统公益。为了维持自然生态系统的可持续能力, 更为了人类自身繁衍和发展, 系统地认识并采取有效措施保持自然生态系统公益迫在眉睫。

关键词: 自然生态系统; 公益; 人类活动。

中图分类号: Q-9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-8873 (2001) 04-078-08

随着社会发展, 科学技术的进步, 现代化高效率工业为人类社会创造出巨大的财富, 推动人类不断进步, 然而, 正是自然生态系统为人类工业大发展提供了物质基础, 没有了这一基础人类工业文明将不复存在。本世纪以来, 全球范围内随着经济发展、工业化进程加速和人口猛增, 导致大量矿质燃料的燃烧、土地的不合理利用、森林被大面积砍伐、草地大规模开垦……, 这一系列不合理生产活动在很大程度上侵扰了自然生态系统的诸多生态过程, 严重影响自然生态系统公益的实现。人类自身的存亡与自然生态系统公益息息相关, 人类所需的食物、木材、燃料、纤维、药材和许多工农业的原料以及人类自身生存环境的稳定, 都在很大程度上依赖自然生态系统, 可以说自然生态系统是整个生命系统的基础。

1 生态系统的含义及自然生态系统的特征

生态系统是指在一定的时间和空间范围内, 由生物群落与其环境组成的一个整体, 系统内各成员通过能量流动、物质循环和信息传递而相互联系、相互影响、相互依存。主要有4点基本含义^[1]: 生态系统是客观存在的实体, 有时间、空间的概念; 由生物成分和非生物成分共同组成, 是一个复杂、有序的整体; 以生物为主体, 生物和非生物密切相关, 具有动态的、生命的特征; 各成员间有机地组织在一起, 具有统一的整体功能。

* 基金项目: 国家基础研究规划项目资助项目 (G1998040800); 国家自然科学基金项目 (30070147); 中国科学院海北高寒草甸生态系统开放站基金部分资助项目

收稿日期: 2001-04-10; 作者简介: 徐世晓 (1973-), 男, 硕士研究生;

E-mail: xushixiao@sina.com.cn

自然生态系统主要是指未受到人类活动的影响或受人类影响程度不大的生态系统，其基本特征是具有自行调控和不断更新的能力，并通过各种生态系统过程为人类提供公益，维持人类社会的发展^[2]。随着人口增长各地区人口密度迅速增大，为满足不断增长的食物、能量和燃料资源需求，人类大规模开垦、砍伐、开采，掠夺式开发利用的速度远远超过了资源再生过程；再加上了工业发展和科学技术的极大进步，人类对自然的侵扰不断加剧，许多自然生态系统被人为改造成人工生态系统，即使还未被人为改造的自然生态系统，也已在很大程度上经受了人类的掠夺。但是，由于自然生态系统对整个生命系统无可替代的重大贡献及其面临的威胁，我们强调自然生态系统的公益：社会远远低估了自然生态系统的公益，由于自然生态系统生产的物质和提供的公益大部分没有正式市场交易，大众很难意识到它的重要性，但自然生态系统巨大的物质生产力是人类生活和工业发展的重要资源；对自然生态系统的许多人为破坏，很难甚至不可能在任何时间尺度上逆转；

如果民众的意识没有加强，目前的趋势继续，人类将在短短的几十年内明显改变现存的自然生态系统，人类的食物安全和生存环境面临威胁；自然生态系统是生物多样性的巨大宝库，贮存和维持丰富的物种和遗传多样性。仅在南美洲热带雨林发展的植物就多达1万多种，如果继续大规模砍伐，这些植物中的大部分可能在发现和利用之前就已经消失了^[3]。

2 自然生态系统的公益

2.1 物质生产

人类从自然生态系统中获取大量有机体及其产物。例如，世界年捕鱼量大约 $1.0 \times 10^{10} \text{t}$ ，价值约 $5.0 \times 10^{11} \sim 1.0 \times 10^{12}$ 美元，是动物蛋白的主要来源，非洲和亚洲的20%居民更是以此为主要蛋白来源，仅1990年全世界淡水鱼商业捕捞量约 $1.4 \times 10^9 \text{t}$ ，价值约 8.2×10^{10} 美元^[4]；草地是牛、山羊、绵羊和马重要的最初栖息地，也是小麦、大麦、黑麦、燕麦等许多作物的原产地；人们在各种栖息地猎取水鸟、鹿、麋、狐狸、野猪和野兔甚至还有蛇和猴子，在许多国家，猎物是当地食物的重要部分，许多地方守猎也是一项重要的经济和文化活动。

绿色植物通过光合作用积累人类不可缺少生命维持物质，制造了大量的社会发展必须的重要自然资源，自然生态系统形成的石油、煤炭和天然气是工业发展基础。农、林、牧业的发展直接依靠粮食作物、糖类作物、油料作物、蔬菜作物、森林和牧草；制糖工业、淀粉工业、纤维工业、橡胶工业、油脂工业、油漆工业都在不同程度上依赖自然生态系统的物质生产；植物所含的生物碱、多种萜类、苷类、有机酸、氨基酸、激素、抗菌素、鞣质是医药的主要成分；木材和其他植物材料不仅用于建筑，世界能原消费的15%也是由木材和其他植物材料提供，在发展中国家，这些生物量提供近40%的能量消耗^[4]。许多自然产品可直接用于各种工业生产：树胶、精油、松香、树脂、染料、丹宁、蜡和其他许多化合物。

2.2 产生和维持生物多样性

生物多样性是指所有组织水平的形形色色生命形式，包括所有植物、动物和微生物的物种以及它们所拥有的基因，以及各种生物与其生存环境所构成的生态系统及其过程^[5]。生物多样性在自然生态系统中产生和维持，自然生态系统中有机体遇到多种多样的生活条

件和偶然事件形成了特有的演化过程。生物多样性是生态系统物质生产的直接源泉，也提供丰富的基因和生化资源，巩固目前的农业和医药事业。面对新的害虫、疾病和其他压力，粮食增产能力主要依靠从野生相关种移植抵抗这些挑战的基因，这种从生物多样性“基因库”中的移植每年增加粮食产量约 1%，创值 1.0×10^{10} 美元^[4]。运用当代生物技术从各种有机体中移植作物基因，更有效地利用丰富的基因库，将成为未来增产的主要部分。

传统作物产品以外，自然生态系统可能包括许多潜在的新食物，历史发展进程中，约有 7 000 种植物被人类作为食物，另外 7.0×10^4 种植物部分可食，其中仅有 150 种植物被大面积种植^[6]，当前，82 种植物占全球食用植物的 90%^[7]。然而，有许多别的更有营养或适应能力更强的物种，它们的抵抗力强、生长比那些很容易受到病虫害侵袭的粮食作物占优势，利用现有作物的野生亲缘种可以培育出抗病虫害新品种。由于可灌溉农田盐化的日益严重和气候变化的可能性，未来的食物保障可能要依靠现在农业中相对没有重视的抗旱、抗盐种。

在医药方面，最近调查表明美国最普遍的 150 种药物中，118 种依靠自然资源：71% 植物，18% 真菌，5% 靠细菌和 3% 靠脊椎动物（蛇）^[8,9]，10 种最常用药中的 9 种基于植物产品，发达国家每年生物药品的商业价值达 4.0×10^{11} 美元^[4]。

2.3 调节气候

科学家们^[4]公认广袤的自然生态系统是调节全球气候的重要因素，通过改变大气中温室气体的浓度，抵消阶段性气候波动的影响。例如，几百万年来，当太阳变得更炽热，自然生态系统就通过从大气中移走更多的温室气体 CO_2 从而稳定气候，阻止地球过热。自然生态系统也促使气候不稳定化或加强气候变化的正反馈，尤其在冰期和间冰期的过度期。例如，气候寒冷导致海平面下降，大陆架裸露，风蚀造成更多的营养散失，这些营养物质可以促进浮游生物的生长，浮游生物种群增加，从海洋和大气中吸收更多的 CO_2 ，就是一个使全球变冷的机制。另外，通过微生物对有机废物的分解向大气释放大量的 CO_2 ，从而生物可以增加全球变暖趋势。

除了对大气的影晌外，自然生态系统可以调节局部气候状况。例如，植物早晨的呼吸作用引起下午的暴雨，限制地区湿度的降低和表面温度的升高。在亚马逊年平均降雨量的 50% 是森林自身的蒸发、蒸腾损失量循环^[10]。森林在调节极端气温方面作用突出，能像绝缘层一样提供荫影使表面冷却，调节局部气候。植物不仅是人类食物和药材的来源，还是净化空气，制造氧气的天然“氧吧”。通过光合作用和呼吸作用与大气交换 CO_2 和 O_2 ，使大气中 CO_2 和 O_2 的动态平衡得以维持；如果没有植物的光合作用，大气中的 O_2 含量可能会逐渐下降并最终消耗殆尽^[2]。另外，自然生态系统还可以净化环境，减少空气中硫化物、氮化物、卤素等有害物质的污染，滞留和滤过粉尘。例如，每 km^2 阔叶林可以吸收 88.65 kg SO_2 、滞尘 10.11 t^[10]。当前地球上洪涝频繁、干旱肆虐、沙尘暴严重，极端气候事件的不断出现都在一定程度上与大片植被和森林的破坏有关^[11]。

2.4 缓解洪涝和干旱

全球每年约有 $1.19 \times 10^{13} \text{ m}^3$ 雨水降落到地球陆面，足以覆盖陆面平均 1 m 深^[11]，大部分水浸到土壤中并逐渐供给植物根部或进入河流。植被覆盖的土壤能缓解陆地水的大量

流失，而裸露的土壤十分脆弱；植物及其落叶层可以防止土壤过分充盈和削弱防水的破坏作用并适当地控制降水量。被雨水冲蚀的裸地表层土很快变成泥浆，土壤孔隙度下降，减少水分的渗入，增加径流量，土壤微粒随着洪流冲走，损失不仅在土壤流失的局部，而且危及水生系统。局部的损失包括潜在生物产品的消失、水分可利用性和营养水平下降；下游的损失包括被供水体系的破坏，渍化造成的排水、运河、港口和灌溉系统的破坏，增加洪涝的次数和严重程度，水库淤塞降低水力发电的潜能，缩短水库使用寿命，全球为水库清淤每年估计损失达 6.0×10^{10} 美元^[12]。

大量砍伐和开垦破坏水循环并导致径流量增加，同时，伴随土壤和养料的流失。一个典型的例子是 New Hampshire 森林的实验，在那儿使用除草剂阻止砍伐后的再生，经过3年，地表径流量增加40%，水分散失比砍伐前多5倍^[13]。在更大的范围上，喜马拉雅高地大面积砍伐后在孟加拉国出现洪涝加剧。此外，如非洲的部分等一些地区干旱的频率和严重程度呈上升趋势，可能和大面积的砍伐有关^[4]。

湿地在洪涝控制方式的作用尤其突出。如涝源森林和盐碱沼泽减缓洪涝并能使洪流携带的沉积物淤积在涝源，而不至于冲击下游河湾和海洋；另外，还能在降雨高峰起到滞留水分的作用，减缓高地土壤流失和大量的陆地水急剧流入河中，从而减小峰流量。保存湿地完整性，能够减轻河流洪涝的严重程度，缩短持续时间^[14]。1998年洪水无情地肆虐长达2个多月后，长江中下游蒙受了巨大的经济损失。然而，长江流域所遇到的仅是20年一遇的降水高峰，其洪水的超额量远小于1954年的 $1.032 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ^[15]，却造成长江流域前所未有的水位高、持续时段长的洪涝灾害；水量低于1954年而灾情十分严重，究其原因，解放以来上游地区的大面积砍伐以及中下游地区“田湖之争”应是主因，大面积砍伐和开垦大大削弱了森林、草地和湿地的储水和缓减洪涝的能力。

2.5 土壤提供的公益

除上述的调节水循环外，土壤还提供5方面其他相关服务。首先，土壤保护种子并在它们发芽和发育成熟时提供物质的支持。如果没有土壤，种子包裹和贮存、根的固定很难实现。

其次，土壤中存在大量植物生长必须的养分，源源不断地为植物存贮和供应营养。土壤微粒（直径小于 $2 \mu\text{m}$ ）的腐殖质和粘土通常带表面负电荷，可以把带正电荷的营养物（ Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等）吸引到植物根表面附近利于植物吸收。无土栽培不需要土壤来供给营养和水分，但其允许误差范围小，甚至稍微一点营养过剩过就会杀死植物，调节培养液的养分浓度、pH值和盐度是一项艰巨的任务，而土壤能在很大程度上起到肥料利用缓冲器的作用^[4]。

第三，在分解有机废物方面，土壤发挥重要作用，同时也分解许多潜在病原体。人类产生的许多废物，包括生活垃圾、工业废品、作物和树木残留和人类及其他驯养动物污水，粗略估算全球每年产生有机物废物约 $1.3 \times 10^{11} \text{ t}$ ^[16]。非常幸运的是，各种土壤微生物像生产线工人一样加工特殊的化合物，摄取有机废物中化学健能并使之沿着食物链传递。许多工业废品，包括肥皂、去污剂、杀虫剂、石油、酸和纸，如果其浓度没超过系统的承载能力，都能通过自然生态系统中有机体解毒和分解。

自然分解产生的简单无机化学物质最终作为营养返回到植物。因此，废物的分解和营养的循环，是土壤提供的第四方面服务，也是一个过程的两个方面。土壤肥力是指土壤为

植物提供营养的能力, 主要是由于多种细菌、真菌、甲壳动物、螨类、白蚁和昆虫活动的结果^[1]。所有这些作为一个整体发挥重要作用, 一些细菌负责固氮, 从空气中获取这种蛋白质的重要组成成分, 并转变成植物可利用的形式, 最终为人类和动物所利用; 蚯蚓和蚂蚁作为“机械搅拌器”通过挖掘混合改善土质。例如, 仅在 1 hm² 土地中每年蚯蚓搅拌的土壤就达 10 t 左右^[4], 结果提高了土壤稳定性、通气性和排水性, 起到改良土壤的作用。

最后, 土壤是调节地球主要成分 C、N、S 循环的关键因素, 通过其源汇效应调节地球化学循环过程。例如, 土壤中的碳含量是植物中含量的近 2 倍而氮要比植物中含量大 18 倍^[17]。土壤是一个国家财产的重要部分, 它经过成百上万年才形成而在很短的几年内可能消失, 人类文明从肥沃土地中获得巨大利益, 相反, 由于管理不善造成生产能力丧失导致曾经养育社会的沃土变成废墟, 人为活动引起的土壤退化损坏了全球 20 % 的植被^[18]。

2.6 减少土壤流失

据保守估计, 全球每年约有 7.5×10^{11} t 沃土从农业生态系统中流失, 仅在印度、中国和美国每年的土壤流失就分别是 6.6×10^{10} 、 5.5×10^{10} 和 4.0×10^{10} t^[19]。土壤流失导致农田水分径流量增加, 渗透减少, 储水能力下降, 有机质和养分含量减少, 土壤层变薄; 进而导致土壤生物多样性丧失。土壤流失的综合效应是导致植物生产力下降。例如, 土壤流失引起肯塔基州、乔亚治的皮埃蒙特南部地区和密西根的玉米产量分别下降 12 % ~ 21 %、25 % ~ 65 % 和 21 %。在菲律宾, 过去的 15 年土壤流失引起的玉米产量下降高达 80 %^[18]。如此大幅度的作物产量下降在当前人口和粮食需求不断增加, 全球 2.0×10^{10} 人口营养不良的历史时期显得更为严峻。土壤流失还影响周边环境, 包括堤坝的溃塌、航道的淤积、港口和渠道淤塞、水库储能力下降、野生生物栖息地消失、河流生态系统瓦解、洪涝增加、水体治理投资增加等。然而自然生态系统广袤的植被层可以削弱风雨的冲蚀, 植被覆盖的区域土壤流失明显减少。例如, 密苏里州荒地土壤流失速度是草地的 123 倍, 草地的土壤流失不到 $0.1 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。在犹他州和蒙大拿州, 由于植被从原有的 100 % 减少到 1 %, 土壤流失率增加了近 200 %。森林阻止土壤流失的作用更是突出, 一般林区土壤流失率仅为 $0.004 \sim 0.05 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。树木的枝叶可以削弱风雨的冲击, 保护遮荫的土壤。然而, 为了满足农业牧业需求而大量砍伐森林, 情况就大不相同。例如, 在厄瓜多尔, 为了畜牧业发展该国东北部 84 % 的森林被砍伐, 造成土壤流失加剧, 肥力下降, 原本肥沃的土地变得异常贫瘠^[18]。

2.7 传粉

大部分开花植物的繁殖需要动物传粉。估计 2.4×10^5 种植物中的 2.2×10^5 种需要蜜蜂或蜂鸟等动物完成传粉这一重要任务^[4]。包括蝙蝠、蜂、甲虫、鸟和蝴蝶在内的 1.0×10^5 多种不同动物提供传粉服务, 保证农田、花园、草原和森林植物不断繁衍。人类食物的 1/3 来自野生传粉者传粉的植物, 没有自然的传粉服务, 重要的作物产量将急剧下降, 并且许多野生植物将灭绝。仅在美国, 农田附近自然栖息地的野生传粉者的农业价值, 估计每年在 1.0×10^{10} 美元^[4]。蜜蜂受到栖息地的破坏和疾病等方面的威胁, 引起蜂群数量的明显下降; 同时自然传粉者可利用的植物多样性也下降, 60 多种传粉者面临绝灭的威胁^[3]。

2.8 控制病虫害

人类的食物、木材、棉花和其他纤维的另一类竞争者是害虫, 包括许多植食性昆虫、

啮齿类、细菌、蜗牛、线虫和病毒，估计这些害虫破坏全球 20% ~ 25% 的作物^[20]。

用来消灭作物害虫的化学杀虫剂和其他策略都有未曾预想到的严重后果^[4]。首先，害虫能产生并发展抗性，为了持续控制害虫，不得不用越来越大剂量的杀虫剂或开发新的化学药品。目前，在 500 多种昆虫和螨类，100 多种杂草和 150 种植物病原体中发现了抗药性。第二，害虫的天敌被过量的杀虫剂大批量杀死。由于没有经历类似害虫的征服化学药品的适应过程，自然捕食者对人造毒药比害虫敏感。天敌的种群比猎物的种群规模小得多，天敌种群的破坏导致猎物数量爆炸，不仅使原有的目标害虫摆脱自然控制，而且促使其它非害虫成为害虫。例如，70 年代在加利福尼亚，25 种重要农业害虫中的 24 种是由于杀虫剂过量使用造成的。第三，杀虫剂和除草剂的接触可能造成人类严重的健康危机和许多其他类型有机体。幸运的是，估计 90% 的潜在农作物害虫通过天敌控制，包括许多鸟类、蜘蛛、寄生蜂、苍蝇、瓢虫、真菌、病毒和大量其他类型的有机体，自然生物间的相互作用控制害虫，减少化学杀虫剂的使用，每年可节省数十亿美元^[21]。

2.9 种子的传播

对植物而言，移动到超过其覆荫以外的区域，一般通过种子的传播来完成。蒲公英的种子通过风散布；有些通过水，最典型的是椰子；还有许多植物是以动物作为传播的动力，甚至有些种子需要经过鸟类或哺乳动物的消化系统才能发育，其他有些种子需要深埋才能萌发；还有一些具有粘性或刺状表面的种子可以附在过往动物上，并经过一大段距离后掉下。没有上千种动物作为种子传播者，许多植物无法成功繁殖。例如，洛矶山脉 (Rockies) 和内华达州山脉 (Sierra Nevada Cascade) 有一种白皮松，若没有星鸟 (Nutcracker) 它将无法繁殖，星鸟凿开种子外紧密包裹的球果，并传播和深埋种子，没有星鸟球果就无法打开。动物传播种子在松树林的重建中发挥极为重要的作用，没有足够的动物来传播种子，可能使会用大片森林由于缺乏籽苗和幼苗而不能从人工砍伐的影响中很快恢复^[4]。

2.10 艺术美和智力及灵感的激发

许多人对自然生态系统有深刻的鉴赏，在艺术、宗教和多种文化传统中尤为明显。自然生态系统为人类提供自然环境的娱乐、美学、社会文化科学、教育、精神和文化的价值。园艺、宠物饲养、自然风景、电影拍摄、旅行、野炊、登山、漂流、垂钓、守猎……，无一不是自然生态系统的馈赠；自然是灵感、美感无可比拟的源泉。

3 自然生态系统公益的价值

如果没有生态系统的公益人类文明将不复存在，它的巨大的价值无可置疑。然而既是在某个局部量化自然生态系统公益的价值是一件艰巨的工作，通常是通过相对价值的定性的比较来评估其价值，即某个特别发展计划的短期经济利润和即将破坏的自然生态系统的公益，考虑到子孙后代的生存和发展哪一方面更有价值。有人尝试运用生态系统生态学与生态经济学方法研究中国部分生态公益，估算出中国陆地生态系统有机质生产的间接价值为 1.57×10^{13} 元/a，固定 CO_2 总经济价值为 7.73×10^{11} 元/a，释放 O_2 的间接经济价值为 2.84×10^{12} 元/a，N、P、K 等营养物质循环贮存间接经济价值为 3.24×10^{11} 元/a，减少土壤侵蚀的间接经济价值为 5.69×10^{12} 元/a，涵养水分的间接价值为 2.71×10^{11} 元/a，植物净化大空气的潜在经济价值达 4.89×10^{12} 元/a^[22]。从一系列的数据不难发现自然生态系统公益

的巨大生态经济效益。

遭到破坏自然生态系统既是在很长一段时期内也很难逆转。例如,人为活动造成大量的温室气体释放到大气,尤其是 CO_2 的滞留时间长,因此,即使大 CO_2 浓度稳定后,气温的稳定还要几十年时间;而气温稳定后海平面的稳定更要花几个世纪;自然生态系统的恢复(假设能够恢复)可能是几千年以后的事,而事实上已失去的物种根本不可能恢复,这一系列连锁变化的价值难以以货币来衡量^[23]。

重建已失去的生态系统的巨大代价和困难还能以生物圈 2 号的实验结果来说明,8 个人在这个 3.15 hm^2 的封闭的系统中生活 2 年。这个系统有特别的农田和类似森林和小型海洋的几种自然生态系统的“复制品”,尽管投资 2 亿多美元来设计、建造和运转这个模拟地球。结果发现这一花费巨资运转的系统很难满足 8 个人必要的物质和身体需求,还有许多未曾预料的问题出现,包括大气氧浓度降低到 14%, CO_2 和 NO 的浓度高到足以损伤大脑,同时绝灭率极高(包括带到封闭圈中的 25 种脊椎动物中的 19 种、所有的传粉动物以及大多数植物的绝灭),侵入的藤本植物和水藻过度生长,疯蚁、蟑螂的种群数量爆炸^[4]。

4 结 论

综上所述,自然生态系统主要为人类提供以下诸多方面的公益:净化水和空气;缓解干旱和洪涝灾害;保持土壤肥力并促进土壤再生;废物解毒和分解;农作物和野生植物的传粉;种子的传播;营养转化和循环;潜在农业病虫害的控制;生物多样性的产生和维持;稳定气候;缓解极端气候及其影响;提供审美学的美感和智力激发,提高人类精神境界。

尽管大众对自然生态系统许多造福于人类的生态过程熟视无睹,很少意识到它的巨大价值,然而自然生态系统的公益却是人类社会存在和发展的重要保证,对人类的贡献根本不是高度发展的工业技术所能替代的。人类掠夺式生产经营活动造成的长远效益的损失远远超过短期的经济利润,对后人的生存和发展造成严重的潜在危机。当前急需制定的有效政策,尽快改变目前的生产经营方式,走可持续发展道路;满足当代人生活和发展需求的同时保证后人的利益不受侵犯,维持自然生态系统公益的前提之下充分开发和利用自然资源。

参考文献:

- [1] 孙儒泳,钱国桢,林浩然,等.生态学基础[M].北京:人民教育出版社,1982.8-33.
- [2] 蔡晓明,尚玉昌.普通生态学(下册)[M].北京:北京大学出版社,1995.1-27.
- [3] 钱迎倩.全球生物多样性策略[M].北京:中国标准出版社,1993.1-14.
- [4] DAILY G. Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington D C: Island Press, 1997, 1-10.
- [5] 陈灵芝,王祖望.人类活动对生态系统多样性的影响[M].江苏:浙江科学技术出版社,1998.1-11.
- [6] WILSON E O. Threats to biodiversity[J]. Scientific American, 1989, 9:108-116.
- [7] PRESCOTT ALLEN R, PRESCOTT ALLEN C. How many plants feed the world? [J]. Conservation Biology, 1990. 4:365-374.
- [8] FARNSWORTH N R, AKERLE O, BINGEL A S, et al. Medical plants in therapy[J]. Bulletin of the World Health Organization, 1985, 63:965-981.
- [9] GRIFO F, ROSENTHAL J. Biodiversity and human health[M]. Washington D C: Island Press, 1997.

- [10] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报,1999,10(5):635-640.
- [11] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报,1999,19(5):607-613.
- [12] PIMENTEL D,HARVEY C,RESOSUDARMO P,et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits[J]. Science,1996,267:117-1123.
- [13] BORMANN F,LIKENS G,FISHER D,et al. Nutrient loss accelerated by clear-cutting of a forest ecosystem[J]. Science,1968,159:882-884.
- [14] 李文华. 长江洪水与生态建设[J]. 自然资源学报,1999,15(1):1-9.
- [15] 余国营. 洪灾后的反思——湿地管理和洪水灾害的生态关系浅析[J]. 生态学杂志,1999,18(1):34-38.
- [16] VITOUSEK P,EHRLICH P,EHRLICH A,et al. Human appropriation of the products of photosynthesis[J]. Bio-science,1986,36:368-373.
- [17] SCHLESINGER W. Biogeochemistry:an analysis of global change[M]. San Diego:Academic Press,1991.
- [18] PIMENTEL D, KOUNANG N. Ecology of soil erosion in ecosystems[J]. Ecosystems,1998,(1):416-426.
- [19] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化国际研究动向[J]. 地理学报,1996,51(6):553-557.
- [20] PIMENTEL D,McLAUGHLIN L,ZEPP A,et al. Environmental and economic impacts of reducing U. S. agricultural pesticide use[J]. Handbook of Pest Management in Agriculture,1989,4:223-278.
- [21] DeBACH P. Biological control by natural enemies[M]. London:Cambridge University Press,1974.
- [22] 蒋延玲,周广胜. 中国主要森林生态系统公益的评估[J]. 植物生态学报,1999,23(5):426-432.
- [23] WASTON R. Common themes for ecologists in global issues[J]. J Applied Ecology,1999,36:1-10.

Natural Ecosystem Services and Their Valuation

XU Shi-xiao, ZHAO Xin-quan, SUN Ping, ZHAO Tong-biao, ZHAO Wei

(Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract: Natural ecosystems services imply the natural environmental conditions and their services formed and sustained by natural ecosystem and ecological process, on which, human life relies for existence. It supply human societies with the production of ecosystem goods, such as food, forage, timber, fuel, natural fiber and pharmaceutical, these goods represent important and familiar parts of the economy, also natural ecosystems perform fundamental life-support services without which human civilization world cease to thrive, these include the purification of air and water, mitigation of droughts and floods, regeneration of soil fertility, detoxification and decomposition of wastes, production and maintenance of biodiversity, regulation of climate. The human depends upon the services performed "for free" by ecosystems, but human activities are already impairing the flow of ecosystem services on a large scale. If current trends continue, humanity will dramatically alter virtually all of earth's remaining natural ecosystems within a few decades. In order to maintain sustainable ability of natural ecosystems and human societies development, there is a critical need for understand systematically and protection natural ecosystems by powerful policy measure.

Key words: natural ecosystem; services; human activity