

## 植被控制水土流失机理及功能研究

戴全厚<sup>1</sup>, 喻理飞<sup>1</sup>, 薛 菱<sup>2</sup>, 兰 雪<sup>1</sup>, 余 娜<sup>1</sup>

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2. 中国科学院 水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**从植被破坏对水土保持的危害入手,在详细论述植被持水固土、减沙缓流和改良土壤的基础上,揭示了植被控制水土流失的机理,认为植被不仅具有绿化美化,改善生态环境的作用,而且可利用地上部分截留降水,增加入渗;利用地下部分一根系的机械网络串连作用、根—土粘结作用及根系的生物化学作用等机理,增强土壤抗蚀、抗冲性,具有很强的水土保持功能,是水土保持和生态环境建设的根本性措施。

**关键词:**植被控制;水土流失;机理与功能

**中图分类号:**S157

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2008)02-0032-04

## Study on the Mechanism and Function of Soil and Water Loss Controlled by Vegetation

DAI Quan-hou<sup>1</sup>, YU Li-fei<sup>1</sup>, XUE Sha<sup>2</sup>, LAN Xue<sup>1</sup>, YU Na<sup>1</sup>

(1. Forestry Academy, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** From the analysis of vegetation damage to soil erosion, the mechanism of soil and water loss was revealed based on the vegetation function. Vegetation has the function of decorating, improving ecological environment, intercepting rainfall and increasing its infiltration. On the other hand, the root can increase the anti-scour, anti-erodibility of soil by the connection and secretion substances of roots. The vegetation has important function of soil and water conservation and vegetation building is an essential measure for ecological environmental construction.

**Key words:** vegetation control; soil and water loss; mechanism and function

水土流失是当今世界最大的环境问题,我国是世界上水土流失最为严重的国家之一,现有水土流失面积 367 万 km<sup>2</sup>, 占国土面积的 38.2%, 严重地阻碍着我国的可持续发展。植被措施是水土保持最有效的措施之一,在水土保持中发挥了重要的作用,主要是利用植被的地上部分截留降水,增加入渗;利用地下部分一根系的网络串连作用、根—土粘结作用及根系的生物化学作用,增强土壤抗蚀、抗冲性。近年来,植被除了保持水土,城市绿化美化外,还用于江河治理、堤防建设,而且随着水患旱灾的频繁发生,植被愈来愈显示出自身的优越性和强大的生命力。因而研究、探讨植被控制水土流失机理与功能,有效保护和利用水土资源,对建设秀美山川、水土保持学科发展和环境改善,具有重要意义。

### 1 植被破坏对水土保持的危害

植被破坏使地表失去了保护层,地表抗蚀抗冲性能及抗剪强度都极大减弱,从而产生严重的水土流失,最终导致地力下降,泥沙淤积,水旱灾害频繁发生。主要表现在以下几个方面:

#### 1.1 对土壤地带性景观的影响

人口增多迫使人们不断扩大耕种面积,毁林毁草以满足

粮食需求。林草地开垦使地面失去保护力,蓄水能力急剧下降,地面径流汇集、冲刷力增大,土壤流失加剧,肥沃的土壤变得愈来愈薄,土壤结构变差,地带性土壤遭破坏,岩性土出露(即岩性土取代了地带性土壤)。如黑垆土为黄土高原地区的主要地带性土壤,由于大面积开垦荒地,水土流失严重,除在一些塬区(董志塬、洛川塬、宜川等)尚保留有一定面积的黑垆土外,在广大的黄土丘陵区均已流失殆尽。人类的生产活动可以使上千年甚至几千年来形成的沃土,在十几年至几年内丧失。

据观测资料显示<sup>[1]</sup>,林地开垦后无论梁峁地还是谷坡地产生流沙均剧增,侵蚀模数多在 10 000 t/(km<sup>2</sup>·a) 以上,甚至达 20 000 t/(km<sup>2</sup>·a),即年侵蚀土层 0.6~1.2 cm。侵蚀还导致坡面细沟发育,为浅沟的形成创造了条件;浅沟一旦形成就成为集水小渠,使坡面呈瓦背状起伏的微地貌,致使细沟侵蚀进一步加剧。浅沟沟头不断前进,整个坡面被切割得支离破碎。土壤剖面破坏,肥沃表层流失,使生物栖息场所质量突变,势必导致区域生物多样性丧失、高产稳产田愈来愈少。

收稿日期:2007-07-14

基金项目:贵州省自然科学基金项目(黔科合 J 字[2007]2150 号);国家重点基础研究发展规划项目(2006CB403206-6);教育部重点项目(2005141);贵州大学博士基金项目(X060056)

作者简介:戴全厚(1969—),男,汉族,陕西长武人,副教授(贵州大学特聘教授,吉林省水保院特邀研究员),博士,主要从事水土保持和生态恢复重建研究。E-mail:qhdairiver@163.com

## 1.2 对土壤特性的影响

(1)土壤物理性状。植被破坏,不仅使土壤剖面遭受破坏,而且使土壤结构发生变化。表1为林地、农地剖面不同

层次中 $>0.25$  mm水稳性团聚体及容重、比重、孔隙度的变化情况<sup>[2]</sup>。

表1 林地和农地土壤剖面物理性质

地 类	S <sub>0</sub> 林地剖面				S <sub>1</sub> 农地(梁坡开垦 7 a)			S <sub>2</sub> 农地(梁坡开垦 20 a)			
土层/cm	3-16	16-29	29-68	68-134	0-20	20-50	50-100	0-20	20-48	48-72	72-120
$>0.25$ mm 水稳性团聚体/%	82.25	59.23	42.91	11.57	42.91	18.53	4.42	8.03	8.44	5.23	3.22
容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	0.920	1.068	1.296	1.203	1.055	1.102	1.118	1.087	1.271	1.183	1.230
相对密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	2.664	2.740	2.750	2.730	2.646	2.689	2.718	2.673	2.757	2.747	2.725
孔隙度/%	65.46	60.36	52.87	55.93	60.12	59.02	58.87	59.33	58.90	56.93	54.86

从表1可知,经100 a恢复的次生林地土壤发育良好,土壤A<sub>1</sub>层团聚体含量高达82.2%,A/B层达59.2%。使林地具有良好的透水性,从而减少了地表径流,加上枯枝落叶的覆盖,林地很少发生土壤流失现象<sup>[4]</sup>;而林地开垦7 a后, $>0.25$  mm的水稳性团聚体含量只有42.9%,占林地的60.6%,即团聚体减少了40%;开垦20 a后土壤团聚体含量仅8.0%,占林地的11.3%,团聚体减少近90%,与开垦7 a农地相比,年递减速度(5.7%)稍低,即团聚结构破坏主要发生在开垦后前几年。这主要是林地破坏,用于农作后,土壤表面失去了保护层,雨滴溅击引起团聚结构破坏;另一方面传统的农耕方法使土层变得疏松,地表径流冲刷作用增大,表层沃土流失,从而导致土壤团聚性破坏,并影响着土壤的供气性能及容重。开垦7 a和20 a后的农地耕层与林地相比:表层土壤容重分别增加14.7%和18.2%,孔隙度分别比林地减少8.2%和9%。

土壤结构破坏,导致土壤的渗水保水性能变差。由文献[3]知,作为农垦主要对象的天然草地减沙效益可达100%,径流入渗量达96%,而开垦后产沙量在1546 t/km<sup>2</sup>,降雨入渗仅为降雨量的34.3%,即草被破坏后土壤蓄水量剧减。

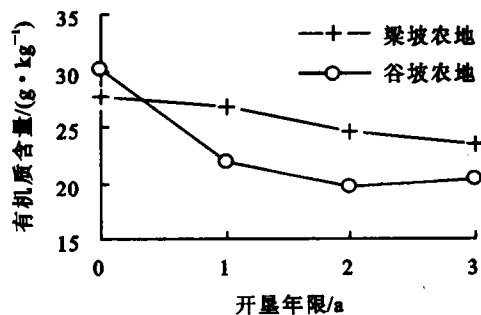


图1 农地土壤有机质含量

(2)土壤养分。人为活动引起的加速侵蚀亦导致土壤肥力下降,图1、图2分别为林地垦为农地后土壤有机质、速效磷的变化情况<sup>[2]</sup>。从图1可知开垦1 a后土中有机质减少3.4%~31.5%,2 a后减少14%~35%,3 a后降低了17%~40%,即开垦1~2 a内有机质损失较大,且谷坡地开垦后,有机质损失远大于梁坡地。这主要是因为植被破坏后,植被的覆盖及截流作用消失,土壤表面变得疏松,雨滴直接溅击土粒,表面径流急剧汇集,自然植被下形成的弱熟化层被侵蚀,黄土母质大量出露,从而引起土壤耕层中有机质急剧下降。从图2可知,林地开垦后各试验小区泥沙样中速效磷含量为相应小区土壤的1.4~3.4倍,即由于侵蚀作用使

易被土壤颗粒富集的磷营养随同泥沙大量进入沟道、河流,不仅使土壤贫瘠并可能引起内陆湖泊富营养化。

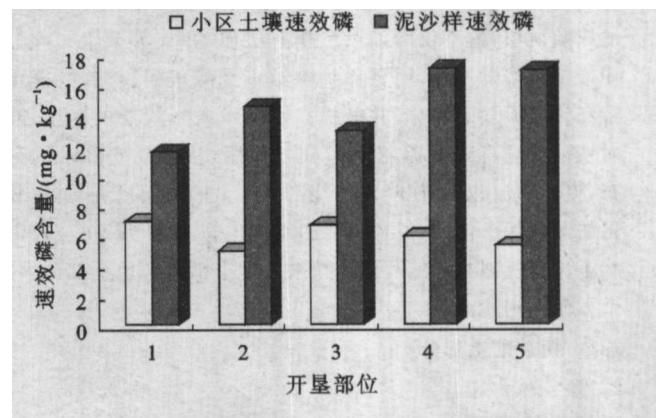


图2 泥沙样与小区土壤中速效磷含量比较

由此可知,林草地开垦后,如不注意用地养地,预防水土流失,土壤结构将遭破坏,养分会急剧下降。如只靠其自然肥力生产,10 a后这些土地将无耕种价值,失去持续生产能力,并将导致整个区域生态平衡失调。

## 1.3 对生态环境的影响

林草地开垦后,土壤结构破坏不仅导致土壤蓄水保肥能力下降,而且因地面裸露阳光直射,引起地面温度升高。由文献[4]知,同林地相比,地面温度增加5.4~11.6℃,平均增加9.4℃;5 cm土壤温度增加6~8.5℃,平均增加8℃;10 cm土温增加3~7℃;20 cm土壤温度平均增加3.5℃。开垦地直接受太阳光辐射,使得近地面温度被加热而与周围林中的冷空气产生对流,与林地相比,风速平均增大近1倍多,导致土壤水蒸发量增加,在相同条件下草地土壤含水量一直保持在25%左右,而开垦1~2 d后,表层水急剧下降至10%左右;另一方面植被减少还增加了空气中水汽运移的速度,空气中相对湿度降低,气候变得干燥,最终导致区域气候恶化。所以说陡坡地大量农作不仅破坏了水源涵养条件,而且使土壤可持续利用性能丧失,常此以往,则必然引起区域气候异常,生态环境恶化。

此外,黄河泥沙的主要来源地——西北黄土高原,在“秦与西汉以前,本是‘草木茂盛,多鸟兽’之区”。在西汉时期,为了抵御抗拒匈奴,实行了向西北移民实边与屯兵宁卫的政策。汉武帝时,两次比较大的屯兵移民即达130余万人。于是,由内地去的兵民走到哪里,垦到哪里,草原变成农田,自然生态遭到了较严重地破坏。东汉至隋600 a间,中原战乱

频仍,游牧民族重入高原,牧业再兴,植被恢复,实际上就是一个退耕还牧的过程。唐朝以后特别是明清以后,垦荒屯田日益增长,人口急剧增殖;毁草开荒,滥垦滥种,森林砍伐殆尽,草原退化不已,水土流失日益加剧,旱灾发生次数日益增多。据甘肃定西县志不完全记载,清朝 267 年中发生旱灾 16 次,平均 17 a 一次。1912—1946 年 35 a 中发生旱灾 8 次,平均 4 a 一次。根据《1950—1974 年甘肃省灾害性天气气候概要》和定西灾情资料,1950—1974 年 25 a 中发生旱灾 17 次,平均 1.5 a 发生一次。由此可知,旱灾的次数大致上是和大地植被的破坏程度成正比关系的。

## 2 植被控制水土流失机理与功能

植被具有大量的活地被物和累积大量枯枝落叶而形成的腐殖质层,这不仅增加了土壤有机质,并成为土壤一部分而增加土壤的厚度,而且保护土壤不受降水的影响,还能保持和涵养大量的水分,并能提高水分渗入土壤层的速度;同时植被对垂直降水起着重新分配作用,从而改变降水的分布、流量和流速,并使降水不能产生大量的地面径流,具有较强的蓄水保土作用,发挥重要的水文生态功能<sup>[5]</sup>。植被控制水土流失机理与功能可以从植被的地上部分和地下部分<sup>[6]</sup>2 个方面来阐述。

### 2.1 植被地上部分

#### 2.1.1 林冠

林冠不仅具有减少可产流雨量的作用,而且能够改变雨谱分布和雨滴动能,其水土保持能力极强,具体如下:

(1)减少可产流雨量。降雨经过林冠时,一部分被枝叶吸附,且不断蒸发返回大气层,这就是林冠截持量,它包括枝叶吸附量和蒸发引起的附加截持量;一部分由枝叶汇集,汇集过程中有些雨滴落到地面形成林冠雨(捕捉雨),有些则沿树干干流到地面,形成干流;还有一部分穿过枝叶空隙直接落到地面,形成穿透降雨。穿透降雨也是林冠雨的一部分。由于截持量、干流量均不能形成径流,故林地较空旷地可产流雨量减少。

(2)改变雨谱分布和雨滴动能。采用色斑法进行雨滴大小及分布试验研究可知,林冠改变雨谱分布非常明显。同时也减小了雨滴动能,这是由于林冠的截持作用而减小了捕捉雨的动能,加上截持量和干流量及穿透雨,林地降雨的总动能必然小于空旷地降雨的总动能。

#### 2.1.2 草本及地被物

草本及地被物(包括枯落物和活地被物)对保护土壤免遭雨滴击溅和减少径流冲刷有着重要的作用和意义。这不仅因为它们自身有较高的持水容量,更重要的是它们靠近或紧贴地面,既削减了雨滴动能,又削减了径流动能。由于草本及地被物增加地表粗糙度,在削减径流能量和分散径流的同时,增加了雨水入渗的机会和时间,因此它们不仅可减少产流雨量、削减侵蚀能量,还可增加入渗、分散径流,更直接地保护表土不受侵害。草本及地被物是森林水文活动的重要层次,起承上启下的作用。没有草本及地被物就不是完整的植被系统,也就难以最大限度地发挥植被的水土保持功能。具体而言主要有以下几个方面:

(1)增强了土壤的抗冲、抗蚀性。土壤的抗冲性系指土壤抵抗径流和风等外营力机械破坏的能力。对于没有结构的土壤,其抗冲性主要取决于土粒间的胶结情况和土壤的紧实程度。对于有结构的土壤而言,土壤的抗冲性一方面取决于结构体本身的大小和特征;另一方面还取决于结构体的相互联结情况。草本及地被物通过改良林地土壤结构和影响植物根系含量,以及通过自身抵抗径流冲刷的能力均能强化加大土壤的抗冲性。赵鸿雁、吴欣孝通过对沙棘林下草本及地被物层提高土壤抗冲性的研究<sup>[7]</sup>,认为草本及地被物的存在对土壤抗冲刷能力有极大的增强效应。在该实验条件下,3 cm 厚的枯枝落叶层能有效的强化土壤抗冲性,且土壤抗冲性随枯落物厚度的增加而增加,汪有科等<sup>[8]</sup>通过对枯落物抗冲性的测定认为,枯落物自身的抗冲性也随其厚度增加而增加,枯落物增加土壤抗冲性的效应与枯落物自身的能力相一致,并认为林地土壤的抗冲性主要决定于枯落物的抗冲性。这充分说明枯落物对防止土壤侵蚀,尤其是表层土壤的溅蚀起主导作用。

土壤抗蚀性是指土壤抵抗径流分散和悬浮的能力,易被水分分散和悬浮的土壤往往具有较低的抗蚀性。在坡面水流不大的情况下,由于林下地被物的分解,土壤有机质含量增加,进而促进水稳性团粒的形成,使土粒难以在水中分散悬浮,从而增加土壤的抗蚀性。史力新等通过对长江防护林幼林地土壤形状的测定结果<sup>[9]</sup>表明,5 龄桉柏混交林土壤大于 0.25 mm 粒径的水稳性团粒总数 95.21%,9 a 生柏木林为 86.38%,而荒坡土壤为 81.05%,显然,由于林地地被物的存在,土壤抗蚀性较荒地增强。韩冰等通过对油松林地内的溅蚀量测定结果表明,当去掉地被物的林地土壤 2 a 内溅蚀量为 36.65 g/m<sup>2</sup>,如有枯落物保护,尽管下暴雨,溅蚀不发生<sup>[10]</sup>。

(2)抑制降雨侵蚀力,减缓径流。近 30 a 来,欧美各国根据大量的试验得出的结论<sup>[8]</sup>,雨滴动能是引起土壤分散的重要因素。在侵蚀暴雨雨滴的击溅和浸润下,裸露地表层土壤的结构易遭破坏,抗侵蚀能力明显下降,影响水分下渗,增大地表径流量,林地由于有枯落物的保护,雨滴不能直接打击地表表层,有效削减侵蚀性雨滴的溅蚀功能,加之森林土壤结构良好,保持较高的土壤水分入渗能力,大量地表径流变成地下径流,减少了土壤侵蚀的可能性。

客观事实表明,植被生态系统通过多层次的截持,减少地表径流,延长径流下泄时间,因而具有较强的滞洪作用。草本及地被物的存在同样会对径流产生减缓作用,这是因为草本及地被物使得坡面径流多重受阻,小股径流也多次改变方向而蜿蜒前进,降低了水流动能,增大了水和土壤的接触面,延长了其接触和入渗时间,从而增加了渗透量。张洪江、北原曙通过对山西吉县人工油松林、刺槐林等林地下草本及地被物对粗糙系数  $n$  值影响的研究<sup>[11]</sup>表明,粗造系数  $n$  值与草本及地被物均呈指数关系增大。当草本及地被物数量为 0.200 g/cm<sup>2</sup>(相当于 20 t/hm<sup>2</sup>)时,杨树、刺槐、油松林下枯草及地被物的粗糙系数  $n$  值分别是:0.199 5,0.178 4,0.099 1。陈奇伯等通过对森林地被物阻延径流流速的研

究<sup>[12]</sup>表明,径流的流速与坡度和流量成正比,与地被物成反比,同时发现,中等密度的马尾松林,只要保持苔藓层不受扰动,就可达到较好的减缓地表径流流速的效果。

(3)具有较强的持水减沙能力。采用浸泡法测定草本及地被物的持水容量可知,草本植物持水容量为300%,地被物持水容量为218%。干草和干地被物的持水容量分别达6.1 t/hm<sup>2</sup>和37.1 t/hm<sup>2</sup>,相当于0.61 mm和3.7 mm水深。即在干旱季节草本及地被物能全部截持一场4.3 mm的降雨。

无论是草本及地被物对降雨侵蚀力的抑制作用,还是对径流的减缓作用,最终都体现在植被减流减沙效应方面,并从总体上客观地反映植被枯落物的水土保持功能。吴长文、王礼先通过人工模拟降雨实验对原状林地和处理林地径流量和泥沙量进行测定<sup>[6]</sup>,结果表明,清除植被地被枯落物使径流系数增大75%,最大径流量增加58%,更重要的是失去枯落物的林地,径流含沙量增加6.3倍,土壤侵蚀量增加12.95倍。

## 2.2 植被地下部分

植被地下部分(根系)的水土保持功能与作用是其自身作用和植被系统整体功能的体现。植被的水土保持功能特别是调节径流、涵养水源的功能,主要反映在根系影响范围内的土层中。

### 2.2.1 改良土壤,增加孔隙和团粒结构

植被的根系在土壤中生长延伸、生死更迭,形成了大量的根系和孔隙;植被为动物和微生物提供了生存条件,它们的生息繁衍也为该地土壤留下了大量的孔洞和孔隙;生物体的腐烂分解在增加土壤有机质、改善土壤团粒结构的同时,也增加了土壤孔隙,改善了土壤的水文特性。

### 2.2.2 提高土壤渗透性

土壤渗透性是植被各种有益水文功能的总基础。而团粒结构和孔隙度的增加能够提高土壤的渗透性。土壤容量越小、孔隙度越大,其渗透性就越强。因此,植被对土壤孔隙度、土壤容重的影响必然会在土壤渗透方面表现出来。除此之外,土壤渗透性能还受土质、土类和土壤含水量的影响。用双环渗透仪实测,并用Rostiakor模型描述其渗透过程发现,渗透速度是土质、土类、植被、孔隙度和土壤含水量的综合反映,其总局势是林地大于草地,草地大于裸地。

### 2.2.3 提高土壤贮水量

由于有植被覆盖的土地入渗快、入渗时间长,所以入渗量比裸地多,产流量比裸地小。有植被的土地比裸地接纳的雨水多,土壤贮水量自然也多。同是植被,林地比草地的贮水能力强。据测定,在同一坡位、坡向,同一时段,1 m厚的土层中,林地较草地可多贮水103.1 mm。在干旱年份,林地较草地多贮水99 mm。由此看来,尽管草地在拦蓄径流(草地产流量最低)和阻滞泥沙方面有特殊的功能,但在贮水功能方面就远不及林地。虽然在丰水年林地贮水量有时会低于草地,甚至裸地,而在平水年,林地的贮水量也大多高于草地和裸地。因为丰水年土壤含水量高,林木生长旺盛,蒸散量大,枯水年土壤含水量低,林木生长受到抑制,蒸散量小。

经过对土壤贮水量的谐波分析也表明,林地较草地振幅大,说明林地对土壤水分的再分配作用较草地强。这是因为草根比树根浅,其影响范围相应小得多。

### 2.2.4 提高土壤导水性

降水后林地表层含水率高,导水率也高,渗到土壤中的水在重力势和层间水势梯度作用下以高导水率向下排渗。一部分水在运动中被土壤孔隙所保持,另一部分水运动到不透水层蓄积。干旱时,植被靠根系的吸力和层间水势梯度及土壤深层导水性的作用源源不断地把蓄积在土壤孔隙和不透水层的水抽上来供植被蒸散发之用。这就是植被的“水多能吞,水少能吐”的贮水机制。植被贮水功能即地下水库的调蓄作用受库容大小和输水能力(导水率)的制约。而库容和导水率又受到植被的地质背景、地貌类型、土质、土层厚度、土壤结构等地理因素和植被特征及降雨特征等多种因素的影响。因为库容和导水率都是有限的,所以植被的调水功能也是有限的,但地下水库比地上水库更经济更长久是无庸质疑的。

### 2.2.5 根系的机械网络作用

植被根系在土壤中纵横交错,相互缠绕,网络住周围土粒,增加了土壤的抗剪强度,有效地抵御了径流的冲刷,提高了土壤的抗蚀抗冲性。这正是利用植被措施保持水土的理论依据之一。代全厚等通过对嫩江大堤护坡植物根系抗剪强度的测定<sup>[13]</sup>,结果显示,植物根系与坡面土壤抗剪强度具有极好的相关性,相关指数 $r$ 达0.981 4。

## 3 结 语

植被不仅具有绿化美化,改善生态环境的作用,而且具有较强的控制水土流失之功能,它在水土流失治理中,利用地上部分截留、滞缓降水,分散径流;利用地下部分改善土壤理化性质,并对土壤进行机械网络,保持水土。从而达到标本兼治。由此看来,植被具有很强地控制水土流失能力,其措施也有较好的生态、社会效益,是水土保持的根本性措施。

## 参考文献:

- [1] 叶青超. 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1994: 80-83.
- [2] 白红英, 唐国利. 植被破坏对黄土性土壤肥力发展的影响[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(1): 33-37.
- [3] 白红英, 唐克丽, 张科利, 等. 草地开垦人为加速侵蚀的人工降雨试验研究[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1993(6): 87-93.
- [4] 郑粉莉, 唐克丽, 白红英, 等. 森林植被破坏对生态环境的影响[J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1993(6): 99-106.
- [5] 崔铁成. 森林植被与洪水、水土流失等灾害的关系综述[J]. 西北林学院学报, 1993, 8(1): 95-99.
- [6] 吴长文, 王礼先. 水土保持林中枯落物的作用[J]. 中国水土保持, 1993(4): 28-33.

菠萝等耐旱植物,加大野生仙人掌等天然旱地植物的研究、开发和利用力度;二是发挥水利工程的作用,搞好水库渠道防渗,提高水库蓄水的利用率;维修一批蓄水工程,增加库容,扩大灌溉面积;三是科学开展井灌工程,做到布局合理,大小结合,经济适用。

## 2.5 实践生态可持续农业的发展模式

减轻或消除南亚热带农业资源环境的瓶颈,努力保持生态经济平衡,提高生态经济系统功能,获取最佳生态与经济效益,要求在区划、规划、开发与管理的过过程中,采取合适的措施,使南亚热带农业资源环境系统的产出最大,系统的结构最优,系统的抗逆调节能力最强。

根据生态学、环境资源经济学的原理和系统论的理论,应用现代生物学和生态工程技术以及区域规划发展与规划原理,综合规划和经营管理农、林、牧、副、渔等产业,在一定区域内建立多目标、多层次、多种类、物质循环利用的一种综合经营体系。

徐闻要维持和保护热带农业资源环境系统的弹性,节约和保护每一种资源,保持或改善资源要素的健康状况。继续保护耕地和基本农田,严禁占用优良农田;注意保护后备荒地;搞好农田基本建设,生物措施和工程措施相结合控制水土流失;建设量够质好的储水设施,对水资源进行人为时间再分配;节约用水,逐渐采用和引进先进的节水设施和技术;减少和避免对各种水体的污染,防止和减轻次生污染;严格保护重要生态功能区,确保生物多样性和生态过程的完整性;海洋鱼类捕捞不能超过鱼类资源的再生能力,控制捕捞量与发展人工海水养殖相结合。

徐闻要对资源环境系统加强包括科技、教育、资金和机构等方面的持续投入。要加强对资源环境的了解,掌握资源环境的各种规律并加以利用;不断改进公众和政府官员对资源环境的了解和态度,提高区域资源环境意识,改善资源环境管理的手段与技术;建设生态保护工程、管理和污染防治工程;加强有关政府职能部门的建设,提高其资源环境管理决策水平。

## 2.6 发展生态工业

徐闻是个典型的农业县,长期以来,农业经济占主导地位,工业经济十分脆弱,走工农互动、发展绿色生态产业是徐闻县域经济发展的必由之路。全县积极探索以工带农、以工建农、以工补农和工农互动的有效形式,依托中国三大糖蔗基地,通过国企改革,使制糖业重现生机;通过南亚热带农业

示范园区建设,实施“科技单位+公司+示范基地+农户”机制,延长了菠萝、珍珠、对虾和剑麻等产业链,促进了徐闻县产业化的健康成长。当然,问题也不少,如农业结构调整完成后,产业化进程还没有完全跟上,仍有“卖难”问题,仍有节水型农业发展不足、缺少投入的问题,等等。同时,龙头企业也经历了相当多的挑战。要积极帮助这些企业解决困难,最终使企业和农民都受益。

生态工业以资源高效利用、产业结构不断优化和生产污染最小化为主要标志,是生态经济最主要的支撑点。借助于徐闻县资源和农业发展上的优势,大力发展具有地方特色的农海资源加工工业,采用清洁生产工艺对其工业部门进行必要的技术改造,逐步建成生态型工业体系。依托资源优势和现有工业基础,以推广清洁生产为前提,以建立循环系统为载体,以无污染、高产为目标,努力走科技含量高、经济效益好、生态环境得到保护、自然资源得到合理利用、人力资源得到充分发挥且符合徐闻实际、体现徐闻特色的新型工业化道路。

## 参考文献:

- [1] 叶笃正,符淙斌,季劲钧,等.有序人类活动与生存环境[J].地球科学进展,2001,16(4):453-460.
- [2] 祝光耀.进一步开创我国生态示范区建设的新局面[J].中国生态农业学报,2001,9(1):6-8.
- [3] 王树功,陈新庚.珠海生态示范区建设与可持续发展对策[J].城市环境与城市生态,1998,11(2):34-37.
- [4] 王树功,陈新庚.论可持续发展与生态示范区建设[J].中国人口、资源与环境,1998(8):46-49.
- [5] 王树功,麦志勤,李传红.生态示范区建设中的生态经济区划研究[M]//金其镛.面向21世纪的生态环境建设与可持续发展.武汉:武汉出版社,2001:65-68.
- [6] 陈俊鸿,林旭钿,许扬生,等.雷州半岛降雨历程影响地下水动态变化的特征[J].水文地质工程地质,2004(4):101-105.
- [7] 徐闻县志编纂委员会.徐闻县志[M].广州:广东人民出版社,2000.
- [8] 徐闻县地方志编纂委员会.徐闻年鉴2004[M].广州:广东省地图出版社,2005.
- [9] 刘嘉麒.关于建设北部湾生态环境经济发展区的构想与建议[J].中国工程科学,2005,20(4):275-276.

(上接第35页)

- [7] 赵鸿雁,吴钦孝.黄土高原沙棘林水土保持功能研究[J].沙棘,1996,9(2):29-33.
- [8] 汪有科.林地枯落物抗冲机理研究[J].水土保持学报,1993,7(1):75-80.
- [9] 史立新,彭培好,慕长龙.长江防护林(四川段)初期水土保持效益研究[J].水土保持通报,1997,17(6):14-22.
- [10] 韩冰.油松林枯落物对剖面土壤侵蚀的影响[J].防护

林科技,1995(2):5-9.

- [11] 张洪江,北原曙.几种林木枯落物对槽率系数 $n$ 值的影响[J].水土保持学报,1994,8(4):4-10.
- [12] 陈奇伯.森林枯落物及苔藓层延径流速度研究[J].北京林业大学学报,1996,18(1):1-5.
- [13] 戴全厚,张力,刘艳军,等.嫩江大堤植物根系固土护堤功能研究[J].水土保持通报,1998,18(6):8-11.