

渭北地区水土保持林经营现状及分析

刘宪钊^{1,2}, 张静伟³

(1. 北京林业大学 林学院, 北京 100083; 2. 中国林科院资源信息所,
北京 100091; 3. 化龙山国家级自然保护区管理局, 陕西 安康 725600)

摘 要:采用二阶段抽样法,选取林木生长、多样性、土壤、地形等指标对渭北水土保持林进行调查和统计分析。结果显示:该地区水土保持林资源分布不均,整体上表现为西多东少,北多南少的分布格局;虽然防护林还没有进入更新期,但是已有大量近熟林在高生长和径生长上表现出明显的衰退迹象;树种结构的单一、灌木层的缺乏使得林分整体多样性不高,林下更新不足,严重地影响了森林的自我更新和复制;通过偏相关分析得出,郁闭度、密度、枯落物等因子的协作用对防护林土壤表层(40 cm)持水能力的影响显著大于每个因子自身的作用。以上结果表明,该地区水土保持林在结构、生长和更新中存在着许多问题,必须通过合理的经营设计改变这一现状,以实现该地区水土保持林的可持续经营。

关键词:水土保持林; 水土流失; 二阶段抽样; 可持续经营

中图分类号:S727.22

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)03-0257-06

The Present Management Situation and Analysis of Soil and Water Conservation Forest in Weibei Region

LIU Xian-zhao^{1,2}, ZHANG Jing-wei³

(1. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;
3. Administration of National Nature Reserve of Hualongshan, Ankang, Shaanxi 725600, China)

Abstract: The two-stage sampling method was used, the indices of tree growth, diversity, soil relief and expansion index were set up following the ecological benefit assessment scheme and surveyed to study the situation of soil and conservation forest in Weibei region. The results show that the distribution of soil and water conservation forest in this region is imbalanced there are more forests in the west and north than the eastern and southern part of this region. The shelter forest has not yet entered a regeneration period, yet many near-mature forests have the decline appearance on the growth of tree DBH and height. Simple forest structure and shrub layer caused the lower forest diversity. The lack of regeneration blocks the renewable and duplicate of the forest. Moreover, the result of partial correlation shows that the crown density, number of tree, litter and so on have the synthetic action on the soil water holding capacity. All the results show that there are many problems (structure, growth and regeneration) in the soil and water conservation forest. In order to change this situation and realize the target of sustainability, a reasonable forest management design should be carried out.

Key words: soil and water conservation forest; soil loss; two-stage sampling; sustainable management

水土保持林是在水土流失较严重地区营造的以调节地表径流、涵养水源、防止土壤侵蚀、改善生态条件和农业生产条件为目的的防护林^[1],是防护林体

系中最基本、最重要的组成部分。近年来,随着人们对生存环境关注程度的不断提高及相关技术和理论的发展,水土保持林的研究水平有了显著提高,已发

展成为特色鲜明、具有19个林种组成的水土保持林体系^[2]。渭北地区位于黄土高原腹地,属于环境敏感带,气候暖干化使得生态环境更加脆弱^[3],受人口持续增长带来的干扰活动和长久垦耕历史的影响,该地区原始植被已被破坏殆尽,次生林和人工植被覆盖率不足20%,水土流失现象严重,人口密度已远超出国际公认的半干旱地区人口承载上限^[4]。建国后,为减少水土流失,减缓该地区的生态压力,该地区在相关政策的支持下营造了大量的水土保持林。由于水土保持林属于公益林管护范畴,且缺少其生长状况和防护能力等方面的信息,实际的经营管理措施往往不足,使得森林整体的防护功能不能很好的实现。基于此,本文以渭北地区永寿县为例,对该地区水土保持林现状进行总体研究,分析其存在的问题以明确未来的经营方向,实现渭北地区水土保持林的可持续经营。

1 研究材料与方法

1.1 研究区域概况

永寿县地处渭北黄土高原地区(107°56′—108°20′E,34°29′—34°59′N),土地面积882.85 km²。海拔527.1~1505.3 m,相对高差933.2 m,沟壑密度1.09 km/km²。上部覆盖第四纪黄土,厚30~200 m;岩石构成为砾岩、砂岩、页岩、泥岩和灰岩,泾河沿岸裸露明显。全县土壤有8个分类,13个亚类,26个土属,63个土种。主要以黄土和黑垆土为主,分别占土地面积的58.58%和17.27%,土层厚度90~180 m。永寿县属暖温带大陆性季风气候。年均气温10.8℃,极端最低气温-18℃,无霜期210 d,日照2166.2 h,封冻期80 d,干燥度1.13~1.80,平均干燥度1.22。全县年平均降水601.6 mm,最大降水857.3 mm(1964年),最小降水298.9 mm(1977年)。降水集中在7—9月,占全年雨量的48.84%,且多以暴雨出现,水土保持压力大。全县林地保存面积1.27万hm²,人工草地60 hm²,林草覆盖率低。

1.2 调查方法

为研究中等尺度(县级)上的资源(水土保持林)状况,在人力、物力和财力不足的情况下,合理的抽样调查设计是解决这一问题的唯一出路^[5]。鉴于永寿县的特点(图1:行政区划上分为两个部分),本研究选用二阶段抽样,第一阶段在只有两个乡镇的永寿南区抽取一个乡镇,在永寿北区12个乡镇中,按照东北南北中5个方位抽取5个乡镇;第二阶段在抽取的乡镇中,按照村级单位进行简单随机抽样调查。考虑到永寿县水土保持林资源分布不均的情况,为更好地了

解该地区水土保持林状况,在保证总体调查精度原则的情况下对第一阶段乡镇的选取进行了人为调整。对森林资源分布相对集中的乡镇对抽样点进行了加密(图1)。

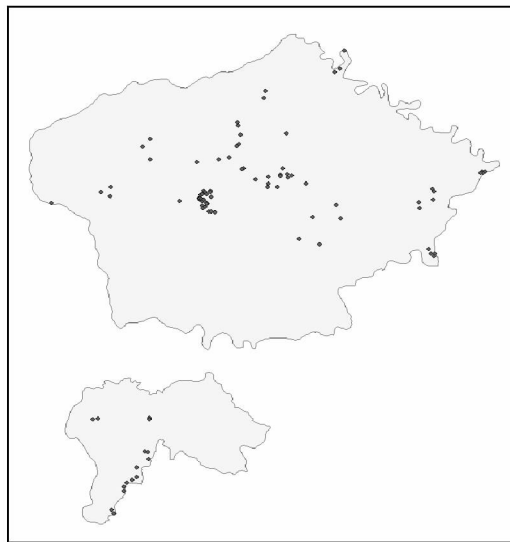


图1 抽样调查设计与样地分布

1.3 调查指标的确定

建立一套客观、准确、全面的指标是进行水土保持林评价的首要任务,本研究结合渭北地区水土保持林特点,选取林木生长指标、多样性指标、地形土壤指标和其他指标共计四大类,每个一级指标下又细化了二级指标来对该地区水土保持林现状进行研究^[6](图2)。

1.4 可持续经营下的水土保持林调查指标的统计和分析

水土保持林可持续经营,要求以一定的方式管理、利用森林和林地,有效维持其土壤、生物多样性、生产力、更新能力和活力,确保现在和将来都能在经营单位、区域、国家和全球水平上发挥森林的生态、经济和社会综合效益,同时对其它的生态系统不造成危害。在抽样调查的基础上,本文对该地区水土保持林进行分析,包括以下几个方面:(1)永寿县水土保持林的树种配置和分布状况,年龄结构和生长状况;(2)水土保持林林下灌草、枯落物厚度及更新层状况的评价;(3)水土保持林地表土壤含水率分析。土壤状况是反映水土保持林经营效果最直接的指标之一,其中土壤表层含水率的多少表明了当前林分对水分的一个基本的控制能力^[7],鉴于研究尺度的考虑,在此仅对枯落物厚度、郁闭度、密度、林龄、灌草盖度等指标和土壤表层含水率进行偏相关分析,寻找影响当前水土保持林保水能力的最佳因子(分析软件为SPSS 16.0)。

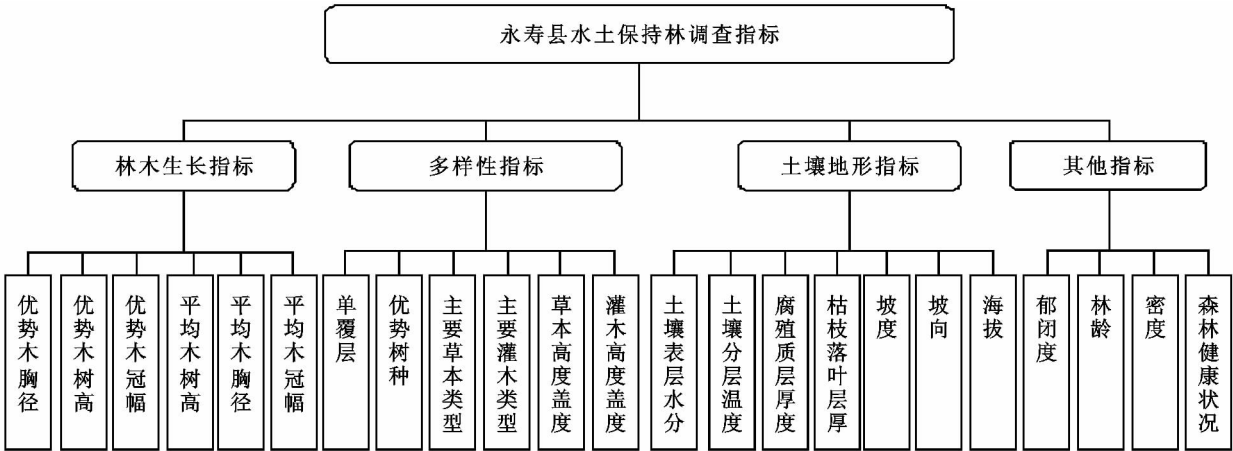


图 2 永寿县水土保持林可持续经营效果调查指标体系

2 结果与分析

2.1 水土保持林树种配置情况分析

永寿县水土保持林大多分布在海拔较高的西部山区。永寿北区南部和南区东部海拔低、地势平坦，人口密集，森林分布相对较少。根据布设的 93 个抽样点的统计情况(表 1)，纯林、混交林和荒地所占比例分别为:88.4%，6.3%，5.3%，纯林占绝对优势，其中刺槐的比例占到了 85.7%，远高于侧柏、油松和杨树。防护林树种结构单一，不利于森林水土保持功能的发挥，同时也会降低森林景观的异质性。

2.2 水土保持林的年龄结构、防护成熟和生长分析

由于不同树种之间生长上没有可比性，所以本文以该地区的广布种——刺槐为例，分析该县不同地区

水土保持林的年龄结构和生长状况。

2.2.1 水土保持林的龄组结构和防护成熟 森林成熟是森林在生长发育过程中达到经营目的和任务的一种状态^[8-9]。以发挥防护效益为经营目的的各种防护林的防护成熟，体现着防护林的经营目的，标志着防护林生长发育时期的某一阶段或一定范围，它是确定防护林更新的重要理论基础，同时也是防护林经营过程中的核心环节^[10-11]。防护成熟不仅关系到防护林总体效益的发挥，而且是可持续利用的关键问题。朱教君等^[12]通过对渭北黄土高原刺槐水土保持林调查、分析，确定该区刺槐水土保持林在常规密度下的初始防护成熟龄为 11~16 a(平均为 12 a)；最大防护成熟龄为 25 a，为该地区水土保持林可持续经营中年龄的判定提供了参考依据。

表 1 永寿地区不同乡镇抽样点树种配置情况表

抽样点		店头镇	马坊镇	窦家镇	永平乡	渡马乡	永太乡	总计
纯林	刺槐	11	16	10	7	16	10	70
	侧柏	1	1		2	3		7
	油松		2			2		4
	杨树		1					1
混交林		2				4		6
荒地		1		3	1			5
总计		15	20	13	12	25	10	93

注:由于被抽取乡镇的面积和森林资源状况不同,所以乡镇中布设的抽样点的个数不同。

根据国家森林资源连续清查细则,永寿地区刺槐人工林以幼龄林和近熟林所占比重最大(表 2),分别占到了 41%和 31%,中龄林比例为 21%,成熟林和过熟林仅为 3%。当前的龄组配置易于水土保持林效益的发挥,但是怎样通过合理的经营实现 31%的近熟林的可持续经营是一个值得思索的问题。对于不同乡镇而言,大部分乡镇刺槐林龄组结构合理,但渡马乡的刺槐林龄组结构单一,并且全部进入近熟林阶段,所以林分的调整经营已经迫不及待,为丰富龄组结构,应将第二代林木的培育和经营放到重要位置。

对刺槐水土保持林的防护成熟结果进行分析可得,当前主要以防护林成熟前期、初始成熟期和最佳防护期的刺槐林居多,调查地区未出现达到更新期(即重新造林)的防护林,但马坊镇和永平乡的防护林却出现了衰退期(表 3)。

2.2.2 水土保持林生长状况分析 对不同乡镇刺槐林平均木胸径年生长量进行方差分析(表 4),结果显示:6 个乡镇的刺槐年生长量差异性不显著($P=0.096>0.05$),刺槐年平均生长量以窦家镇最小仅为 0.36 cm,永平乡最大为 0.59 cm,调查中全部处于近

熟林阶段的渡马乡刺槐林年生长仅为 0.39 cm,生长良,其树高生长与其它乡镇的刺槐高生长相比差异显著($P=0.03<0.05$)。渡马乡刺槐林龄组结构单一,且生长不著($P=0.03<0.05$)。

表 2 以龄组分类的不同乡镇刺槐人工林分布情况

防护林	店头镇	马坊镇	窦家镇	永平乡	渡马乡	永太乡	总计	比重
幼龄林(1~10a)	8	8	5	1		7	29	0.41
中龄林(10~15 a)	3	4	3	2		3	15	0.21
近熟林(15~20 a)		2	1	3	16		22	0.31
成熟林(20~30 a)		1	1				2	0.03
过熟林(>30 a)		1		1			2	0.03
总计	11	16	10	7	16	10	70	

表 3 不同乡镇刺槐水土保持林防护成熟分布

防护林	店头镇	马坊镇	窦家镇	永平乡	渡马乡	永太乡	总计	比例
成熟前期(<11 a)	8	8	5	1		7	29	0.4143
初始成熟期(11~16 a)	3	5	3	2		3	16	0.2286
最佳防护期(17~25 a)		1	2	3	16		22	0.3143
防护衰退期(25~42 a)		2		1			3	0.0429
更新期(>42 a)	0	0	0	0	0	0	0	
总计	11	16	10	7	16	10	70	1.0000

注:按照防护成熟概念对永寿地区刺槐年龄进行的划分。

表 4 不同乡镇间刺槐径生长和高生长统计表

	店头镇	窦家镇	渡马乡	马坊镇	永平乡	永太乡
胸径年生长量/(cm·a ⁻¹)	0.46	0.37	0.39	0.50	0.59	0.49
树高年生长量/(m·a ⁻¹)	0.52	0.48	0.34	0.61	0.71	0.61

考虑刺槐生长过程中存在的差异,对不同龄组刺槐林的平均年生长进行方差分析(表 5),所获得的不同龄组间胸径和树高的差异性并不显著。胸径的平均年生长量表现出从幼龄林(DBH=0.5 cm/a)到过熟林

(DBH=0.34 cm/a)逐渐下降的趋势。中龄林—近熟林—成熟林胸径年生长量下降明显。刺槐林高生长在不同龄组间的差异性极显著($P=0.005<0.05$),树高年生长在近熟林时期就出现明显的下降趋势。

表 5 不同龄组间刺槐径生长和高生长统计表

项目	幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林	过熟林
胸径平均年生长量/(cm·a ⁻¹)	0.50	0.48	0.41	0.30	0.34
树高平均年生长量/(m·a ⁻¹)	0.60	0.61	0.41*	0.35	0.27

综上,近熟林高生长和径生长都表现出明显下降的现象,由于近熟林处于水土保持林的过渡阶段,因而需要提出相应的经营改造措施来减缓这种衰退现象。

2.3 水土保持林多样性分析

2.3.1 水土保持林垂直层次上的多样性 林分保持水土的作用是通过林分各因子协同作用产生的,其中林冠的截水作用能减小降水强度、减弱土壤侵蚀,是林分保持水土作用的一个重要方面^[13]。

垂直层次上的多样性表现在林分的单复层结构上,永寿县水土保持林大部分为单层林,占林地的 86%,复层林也大都为人工种植的混交林。简单的林层结构降低了林冠层对降水的截留能力,防护效果不佳,所以从垂直层次上看,需要对该地区水土保持林的垂直结构进行进一步的调整。

2.3.2 水土保持林灌草和枯落物的多样性 灌草层

不仅能截留一定量的雨水,而且对于分散、减弱林内的降雨动能,减缓降水对林地面的直接冲击有重要作用。灌草层对降水的截留处于乔木层下,其截留规律与林冠截留有很大的不同。林下植被由于体积小,无明确的冠形,并且还易于变形,导致可信赖的测定相当困难,同时与林冠截留相比,各方面的重要性也都较低^[14]。

调查结果显示,草本层在各抽样点的生长情况相对均一,乡镇间差异性不显著,草本植物主要为米蒿、马尾蒿和蕨草三类。平均高度为 43.8 cm,平均盖度为 74.8%,在水土保持中处于较好状态。但是灌木在地区间的分布上差异性明显,且盖度普遍偏低。仅有店头镇和马坊乡分布相对集中,其余乡镇仅零星分布。

林地枯枝落叶层是大气降水进入森林生态系统后的第三个作用面,与冠层类似,对随水分携带穿过

其间的各种物质进行着两种相反的过程,即过滤吸附和淋溶^[15]。调查结果显示,永寿县水土保持林林下枯落物层稀薄,平均厚度仅为 1.28 cm,水土保持功能不佳。

2.3.3 水土保持林更新层的问题 林下更新是森林可持续经营的一个指标参数,天然更新不但能够更好地实现森林自身的演替变化;更重要的是林下更新的出现能够增加林分树种组成、年龄结构、层次结构等的多样性,提高水土保持林系统的复杂程度,进而在整体上提升水土保持林的截水,保水的能力。由于该地区天然树种种源少、人为干扰活动频繁,加之干旱气候和土壤条件等^[16],使得该地区林下更新仅为零星出现的刺槐萌蘖的植株,并且生长状况不佳。贫乏的林下更新将成为阻碍该地区水土保持林可持续经

营的一个十分重要的问题,这种现象也必须引起当地林业管理者和经营者的注意,只有不断地进行林下的更新调控,才有可能实现该地区森林的可持续发展。

2.4 水土保持林土壤表层(40 cm)含水率分析

作为黄土高原植物生长发育的主要限制因子,土壤含水率对水分小循环(如植物生长、溶质运移、土壤侵蚀等)和水文大循环(如区域景观格局)具有重要影响^[17]。本研究选择气候条件相对一致的晴朗天气对抽样点表层土壤(40 cm)含水率进行调查统计。调查林地土壤含水率最低为 9%,最高为 30%。考虑到土壤含水率对水土保持林经营效果的重要性,在调查指标中提取林龄、林分密度、草本盖度、郁闭度、枯枝落叶层厚度、坡度、海拔以及林木生长指标(径、高)与土壤含水率进行偏相关分析,结果如表 6 所示。

表 6 土壤表层含水率影响因子统计

项目	年龄	密度	平均胸径	平均树高	郁闭度	草本盖度	枯落物	坡度	海拔
相关系数	0.08	-0.13	-0.02	0.09	0.18	0.06	0.09	-0.21	0.11
P 值	0.05	0.30	0.85	0.49	0.15	0.63	0.47	0.09	0.37

在控制其它变量因子的情况下分别对每一因子与土壤表层含水率进行偏相关分析,结果表明(表 6):(1)考虑其它因子协同作用的影响,每一因子与表层土壤含水率的相关性均不明显,表明各个因子间的协同作用对于土壤表层含水率的影响更为突出。(2)在这些因子中平均胸径、坡度和林分密度与土壤表层含水率呈负相关,所以在陡坡地区进行水土保持林经营时不应该以大径材培育性经营为导向。根据张建军等^[18]的研究结果:以水土保持为目的的刺槐林成林密度应该控制在 700 株/hm² 以内,幼林的密度应该控制在 2 300 株/hm² 以内,最大不应超过 3 000 株/hm²。(3)表 6 说明,在其它因子中林分密度和郁闭度对于土壤表层的影响作用相对明显,但这种正相关作用会随着密度的增大出现变化,针对林分密度、郁闭度对土壤表层含水量的影响还需要进一步的研究和探讨。

3 结论和建议

作为防护林体系的排头兵,水土保持林在涵养水源、减少地表径流和防止水土流失方面有着极其重要的作用,渭北地区作为水土流失的高发地区,水土保持林的作用则显得更加重要。刺槐是目前渭北地区主要的造林树种,由于其适应性强,生长快,繁殖容易等特点,而成为水土保持先锋树种,对保持水土,改造生态环境起到了非常重要的作用。但是由于该地区自然条件恶劣,自然灾害严重。加之人们对这一地区林业建设与经营在理论与技术上的偏差,以及植被的

人为破坏,使得目前保存下来的人工刺槐林有相当一部是“小老树”和低劣残次林,其生态效益和经济效益都很低,急需寻找一种合理的经营方法来改善这种现状^[19]。

综合本研究结果,发现该地区的水土保持林还存在着诸多问题:

(1)资源的空间配置不均,表现为区域间的分布不均(北多南少,西多东少);

(2)虽然该地区刺槐防护林还没有达到理论上的更新重建期,但近熟期的林木在高、径生长上衰退明显。同时,不同乡镇间刺槐林的龄组结构也不合理,如渡马乡全部为近熟林,需要尽快开展营林工作,以促进该地区森林的可持续发展;

(3)多样性上,该地区水土保持林树种结构简单,刺槐人工纯林占绝大多数;林分垂直结构简单,以单层林为主;林下天然更新稀少,阻碍了森林的自身复制和繁衍。灌草层的稀疏也限制了其保持水土功能的发挥。

上面分析中所出现的问题已经严重影响了该地区水土保持林的发展,有悖于可持续经营这一目标的实现。为改变这一现状,逐步提高该地区的水土保持林的整体功能,并最终实现可持续经营。提出如下建议:

(1)通过人工造林的方法平衡区域间的森林资源分布,尤其是要做好有林地和无林地之间森林过渡带的建设,一般来说这些缓冲区的防护功能相对脆弱。

(2) 通过经营作业调整林分密度和结构,对近熟林要积极引导其向成熟林过渡,对于成、过熟林通过采伐作业实现其经济价值。但是,为实现森林的可持续,建议从近熟林阶段就要进行二代林的经营,通过人工补植和促进天然更新的方式,使下层林木尽快地生长。

(3) 在经营中,对于树种的选择上需要考虑一些适生的乡土树种,逐步改变当前树种单一、结构单一的现状,实现森林系统的复杂化,最终提升水土保持林的生态服务功能。

(4) 近些年来,近自然林业已逐渐成为世界森林发展的追求目标,并在世界范围内被广泛应用,但是近自然林业理论和技术在水土保持林体系建设中的应用十分有限。因此,有必要开展水土保持林近自然经营技术方面的相关研究,最终实现水土保持林的可持续经营^[20]。

参考文献:

- [1] 姚尧渭. 实用林业词典[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [2] 关君蔚. 水土保持原理[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [3] 赵忠, 李鹏, 王乃江. 渭北主要造林树种根系抗旱性研究[J]. 水土保持研究, 2000, 7(1): 92-95.
- [4] 黄志霖, 傅伯杰, 陈利顶, 等. 恢复生态学与黄土高原生态恢复系统的恢复与重建问题[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 122-125.
- [5] 金勇进. 抽样技术[M]. 2版. 北京: 中国人民大学出版社, 2009.

- [6] 程根伟, 钟祥浩. 防护林生态效益定量指标体系研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(3): 79-86.
- [7] 王晶, 朱清科, 刘中奇. 黄土丘陵区不同林地土壤水分动态变化[J]. 水土保持研究, 2011, 18(1): 220-223.
- [8] 劳可道. 森林经理学中两个问题的探讨[J]. 林业资源管理, 1989(5): 40-41.
- [9] 姜凤岐, 朱教君, 周新华, 等. 林带防护成熟与更新[J]. 应用生态学报, 1994, 5(4): 337-341.
- [10] 王红春, 寇文正. 关于防护林的防护成熟概念[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(3): 81-85.
- [11] 朱教君, 姜凤岐. 国内外防护林防护成熟的研究概况[J]. 防护林科技, 1993(3): 26-30.
- [12] 朱教君, 姜凤岐, 范志平, 等. 黄土高原刺槐水土保持林防护成熟与更新研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(5): 1-6.
- [13] 吴光艳, 成婧, 祝振华, 等. 黄土高原南部人工林林冠对降雨特征的影响分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 32-36.
- [14] 周国逸. 生态系统水热原理及其应用[M]. 北京: 气象出版社, 1997.
- [15] 鲍文, 包维楷, 何炳辉, 等. 森林生态系统对降水的分配与拦截效应[J]. 山地学报, 2004, 22(4): 483-491.
- [16] 王妍, 卢琦, 吴波, 等. 呼伦贝尔沙地樟子松更新苗分布特征研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 86-91.
- [17] 邵明安, 上官周平, 康绍忠, 等. 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1999.
- [18] 张建军, 贺维, 纳磊. 黄土区刺槐和油松水土保持林合理密度的研究[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(2): 55-59.
- [19] 兰小荣, 高峰安. 渭北地区低效刺槐林改造[J]. 陕西林业, 2009(2): 38.
- [20] 郭浩, 范志平. 水土保持林体系研究的回顾[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(1): 87-91.

(上接第256页)

- [2] 李馨, 武克军, 曹琦. 天水市土地利用变化及其生态服务价值研究[J]. 人民黄河, 2011, 33(4): 66-69.
- [3] 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估算[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 607-613.
- [4] Jansen L J M, Di Gregorio A. Parametric land cover and land-use classifications as tools for environmental change detection[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2002, 91(1/3): 89-100.
- [5] Semwal R L, Nautiyal S, Sen K K, et al. Patterns and ecological implications of agricultural land-use changes: a case study from central Himalaya, India[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2004, 102(1): 81-92.
- [6] Costanza R, Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J].

Nature, 1997, 387: 253-260.

- [7] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22.
- [8] 谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 50-55.
- [9] 齐善忠, 蔡文华. 山东莱州湾滨海地区土地利用变化及环境灾害研究[J]. 人民黄河, 2008, 30(8): 10-11.
- [10] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 近10年来长江下游土地利用变化及其生态环境效应[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 659-667.
- [11] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-195.
- [12] 王宗明, 张树清, 张柏. 土地利用变化对三江平原生态系统服务机制的影响[J]. 中国环境科学, 2004, 24(1): 125-128.