

祁连山青海云杉林苔藓枯落物分布与水文特性

王顺利¹,王金叶²,张学龙¹,敬文茂¹

(1. 甘肃省祁连山水源涵养林研究院,甘肃 张掖 734000;2. 桂林工学院,广西 桂林 541000)

摘 要:对祁连山中段青海云杉林苔藓枯落物分布与水文特性进行了试验研究。结果表明,试验流域苔藓枯落物层分布与组成存在明显差异,15 个样地平均厚度 8.2 cm,厚度最大达 13.7 cm,最薄仅 1.5 cm,相差近 10 倍;苔藓枯落物中未分解成分较多,占总量的 42.8%;半分解和已分解成分较少,分别占 23.8%和 33.4%。其最大持水率在 271.1%~418.2%之间变化,平均为 319.8%,青海云杉林区苔藓枯落物层的最大持水量约为其自身干重的 3 倍左右;最大持水量变化范围在 7.6~59.1 mm,平均为 36.4mm。经 2004 年测定,青海云杉样地内苔藓枯落物层平均厚度约 9.7 cm,总降水量为 178.7 mm,截留量为 57.8 mm,占穿透降水的 32.34%。

关键词:苔藓;枯落物;水文特性;分布;青海云杉林

中图分类号:S715

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2006)05-0156-04

Distribution of Withered Litters of Moss and Hydrographic Characteristics in the *Picea crassifolia* Forestry on Qilian Mountain

WANG Shur-li¹,WANG Jin-ye²,ZHANG Xue-long¹,JING Wen-mao¹

(1. Academy of Water Resources Conservation Forest of Qilian Mountains, Zhangye, Gansu 734000, China;

2. Engineering College of Guilin, Guilin 541000, China)

Abstract: The distribution of withered litters of moss and hydrographic characteristics of *Picea crassifolia* forestry in the middle of Qilian Mountain was mainly dealt with. The results show that there is an obvious difference in the distribution and composition of the withered-litter layers of moss in investigated drainage area. The average depth of the 15 surveyed sample plots is 8.2 cm, and the maximum, 13.7 cm, the minimum, 1.5 cm, with 10 times differences between these two values. The undecomposed component in the withered litters of moss is relative more, accounting for 42.8%, and semi-decomposed and decomposed one is less, accounting for 23.8% and 33.4%, respectively. Its water-holding capacity ranges from 271.1% to 418.2%, and is 319.8% on an average. The water-holding capacity is the three times of its self-dry weight, and its maximum varied range is 7.6~59.1 mm, and averagely is about 36.4 mm. The test measured in 2004 shows that the average depth of moss and litter in the sample plot is about 9.7 cm, the total precipitation is 178.7 mm, and the water-cut mass is 57.8 mm, accounting for 32.34% of atmospheric precipitation.

Key words: moss; withered litters; hydrographic characteristics; distribution; *Picea crassifolia* forestry

1 引 言

苔藓、枯枝落叶层处于森林植被层与土壤层之间,是森林生态系统的重要组成部分,是林地水汽交换的重要界面^[1]。该层主要由苔藓、枯死、脱落的新鲜或半分解、分解凋落物等组成,不仅影响林地土壤的发育、水热通气状况、营养元素的循环及林地生物种群的类型及数量,而且苔藓作为一种疏松多孔物质依靠其强大的表面能及其类似于海绵性状的弹性力特性,具有明显的截持降水、消减动能、阻延径流、防止土壤强力冻结以及维系土壤结构的作用。国外有关苔藓枯落物层性能研究开展得较早,已经从定性研究阶段进入定量阶段,国内仅有少量研究^[1,5],而且把苔藓、枯枝落叶层作为一个复合层国内至今尚无人研究,有关祁连山苔藓枯

落物层研究更是鲜有报道,闫文德、常宗强等人仅研究了枯枝落叶层现存量及其持水效应^[9,10]。近几十年来,苔藓枯落物层在森林涵养水源方面的作用受到了更多的重视,对其水文特性研究已成为国内研究的重要问题和热点。因此,本文在国家自然科学基金重点项目(30230290)资助下,针对祁连山水源涵养林的主要群落类型青海云杉林中的苔藓枯落物层的分布与水文特性进行研究,为揭示水源涵养林涵养水源机理研究提供理论依据。

2 试验区概况

试验区设在祁连山中段西水林区,属大陆性高寒半湿润山地森林草原气候,该区年平均气温 - 0.6~2.0,极端最高气温 28.0,极端最低气温 - 36.0,10.0 积温 200

* 收稿日期:2005-09-03

基金项目:国家自然科学基金重点项目“干旱半干旱地区森林与水资源的相互影响及合理调控机理”(30230290);国家林业局“十五”重点项目“甘肃祁连山水源林生态定位研究”(2001-09)资助

作者简介:王顺利(1976-),男,甘肃平凉人,林业助理工程师,主要从事森林水文方面的研究工作。

~1 130 ,7 月平均气温 10.0~14.0 ;年降水在 300~600 mm 之间,其中 60% 以上集中在 6~9 月,相对湿度 50~70%,年蒸发量 1 200 mm 左右,无霜期 90~120 d,年均日照时数 2 130 h 左右。试验区土壤和植被随山地地形和气候的差异而形成明显的垂直分布带,土壤主要类型为山地森林灰褐土、山地栗钙土以及亚高山灌丛草甸土三个类型,总的特征是土层薄、质地粗,以粉沙块为主;成土母质主要是泥炭岩、砾岩、紫红色沙页岩等;有机质含量中等,pH 值 7.0~8.0。试验区森林类型单一,主要是以青海云杉(*Picea crassifolia*)林为主的寒温性针叶林,与草地成犬牙状交错,条块状分布在阴坡、半阴坡,阳坡以草地为主,零星分布祁连圆柏(*sabina przewalskii*)和灌木,高海拔地区是有金露梅(*Potentilla fruticosa*)、箭叶锦鸡儿(*Caragana jubata*)和吉拉柳(*Salix gilashanica*)等为优势种的湿性灌木林;草本主要有珠牙蓼(*Polygonum viviparum*)、黑穗苔(*Carex atrata*)和针茅(*Stipa*)等。

3 试验与方法

3.1 样地设置

沿试验流域海拔高度,选取典型林分类型,设置标准样地 15 块,在每块样地沿对角线方向机械布设 5 个 0.2 m × 0.2 m 小样方,进行苔藓枯枝落叶层厚度及层次调查,并在样地内进行每木检尺,测定样树的胸径、树高和年龄,样地基本特征详见表 1。

表 1 青海云杉林苔藓——枯枝落叶层调查样地基本情况

样地号	林型	坡向	坡度 /°	郁闭度	海拔 /m	密度 / (株数·hm ⁻²)	年龄 /a	胸径 /cm	树高 /m
G1	藓类云杉林	N	32	0.67	2715	1450	76.6	14.2	11.0
G2	藓类云杉林	N	28	0.58	2800	1625	64.0	14.7	10.7
G3	藓类云杉林	EN	16	0.87	2840	2825	59.6	12.5	11.2
G4	藓类云杉林	N	33	0.83	2952	2175	73.8	14.4	8.6
G5	藓类云杉林	N	22	0.78	3015	2200	75.4	14.1	9.0
G6	灌丛云杉林	N	20	0.40	3100	850	69.8	15.5	8.9
G7	灌丛云杉林	NE	34	0.35	3280	300	84.0	15.3	7.3
B1	藓类云杉林	EN	35	0.69	2700	3067	67.7	10.3	8.0
B2	藓类云杉林	N	30	0.82	2860	2450	70.1	14.4	11.3
B3	草类云杉林	N	12	0.50	2900	1150	36.8	14.1	7.4
B4	藓类云杉林	NW	25	0.70	3030	1400	114.4	15.9	10.5
B5	藓类云杉林	N	23	0.70	3097	1025	72.3	17.4	11.1
B6	藓类云杉林	NE	35	0.66	3195	875	85.9	22.6	12.4
B7	藓类云杉林	NE	30	0.66	2762	1050	96.0	20.4	14.6
B8	藓类云杉林	N	25	0.69	2730	1950	84.0	12.4	9.1

3.2 持水性能测定

在测定小样方内苔藓枯落物层厚度的同时,把样方内所有苔藓枯落物层取下来,清除土壤颗粒,在现场用高精度电子称测定自然状况下的重量,然后用尼龙袋将野外采集的原状苔藓——枯枝落叶层试样带回实验室,在清水中浸泡 24 h 后称其浸水后的重量。称重后在 65 ℃ 下烘干,测定干重,分别计算自然含水率、最大持水量和最大持水率。

3.3 降水截留量测定

取原状苔藓枯落物按照标准雨量筒口径大小和形状用刀垂直切割,并清除土壤颗粒后,完整地装入雨量筒内,雨量筒中距筒口与苔藓枯落物层厚度相一致的位置设制由铁丝网制成过滤层,下置集水瓶。将装有苔藓枯落物的雨量桶放

置在林内,雨量桶外沿与林内原苔藓枯落物层表面相平,在每次降水后,及时测定林内穿透雨和通过苔藓枯落物层而下渗到集水瓶中的渗透雨,用林内穿透雨与通过苔藓枯落物层的渗透雨便可计算出苔藓枯落物的截留量与截留率。

4 结果与分析

4.1 苔藓枯落物层分布与组成

祁连山林区青海云杉林内苔藓枯落物分布与组成存在明显差异(表 2),15 个样地平均厚度 8.2 cm,厚度最大达 13.7 cm,最薄仅 1.5 cm,相差近 10 倍;苔藓枯落物中未分解成分较多,占总量的 42.8%;半分解和已分解成分较少,分别占 23.8%和 33.4%;未分解成分在 0.8~7.8 cm 之间波动,半分解成分在 0.7~2.9 cm 之间波动,已分解成分在 0.4~3.8 cm 之间波动,表明苔藓枯落物组成受立地条件和环境条件影响而表现出不同样地之间的差别。

表 2 青海云杉林苔藓枯落物组成、厚度及蓄积统计表(2003 年)

项 目	苔藓枯落物厚 /cm	未分解/cm	半分解 /cm	已分解 /cm	鲜重/(t·hm ⁻²)	蓄积量/(t·hm ⁻²)
平 均	8.2	3.5	2.0	2.7	205.4	113.4
最大值	13.7	7.8	2.9	3.8	358.7	174.6
最小值	1.5	0.8	0.2	0.4	49.6	29.4
差 值	12.2	7	2.7	3.4	309.1	145.2

为了确定引起苔藓枯落物组成与分布差异较大的原因,对坡向、海拔(m)、郁闭度、密度(株数/hm²)、林龄(年)等因子与苔藓枯落物厚度(cm)的相关性进行了分析(表 3),结果除林龄与苔藓枯落物厚度相关系数在 0.5 以上,其余均较小,祁连山青海云杉林内苔藓枯落物厚度与坡向、海拔、郁闭度、密度等因子相关性极差,青海云杉林内苔藓枯落物分布与组成还受到诸如降水、气温等气象因子、小地形因子、微生物活动和人为干扰等因素的影响。在调查中普遍发现青海云杉林区苔藓枯落物层厚度在海拔 2 700~2 800 m 是一个峰值,3 000~3 100 m 是另一个峰值,最大值出现在海拔 2 760 m,该样地胸径、树高、林龄均较大;最小值出现在海拔 2 900 m(图 1),该样地是人工砍伐后天然更新林,其树高、胸径也较小,说明人为干扰越强烈,苔藓枯落物层越少。高海拔地区无论厚度,还是蓄积量波动均较小,低海拔地区由于不确定的人为干扰造成其波动幅度较大。苔藓枯落物层分布与组成不仅影响生态系统结构与功能及稳定性,而且直接对森林生态系统水文过程产生作用,今后还需要从多个方面进行研究以深入揭示苔藓枯落物层分布和组成规律及其对生态系统的影响。

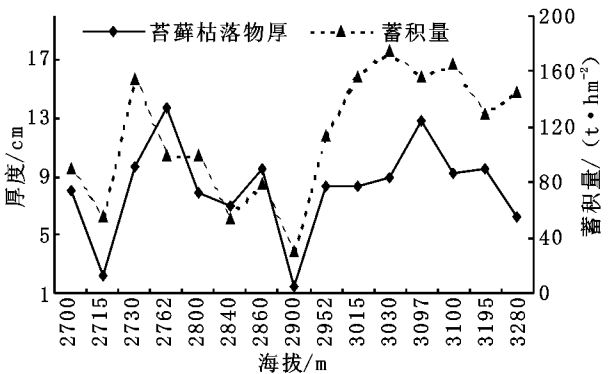


图 1 青海云杉林苔藓枯落物层厚度、蓄积量沿海拔梯度的变化趋势

表 3 青海云杉林苔藓枯落物与海拔、坡向、林龄等因子相关性分析表

因 子	坡向	海拔/m	郁闭度	密度/ (株数·hm ⁻²)	年龄/a	苔藓枯落物 厚度/cm
坡 向	1	—	—	—	—	—
海拔/m	0.1928	1	—	—	—	—
郁闭度	0.0075	-0.4136	1	—	—	—
密度/(株数·hm ⁻²)	-0.0654	-0.6256	0.7517	1	—	—
年龄/a	0.6085	0.2024	0.0802	-0.2492	1	—
苔藓枯落物厚度/cm	0.1786	0.1313	0.2381	-0.0324	0.516665	1

4.2 苔藓枯落物层的水文特性

苔藓枯落物层是土壤与大气进行能量和物质交换的重要界面,不仅参与森林生态系统的物质和养分循环,而且由于其独特的结构和水文特性在水土保持、水源涵养等方面发挥重要作用^[4,8,7]。测定青海云杉林苔藓枯落物层的水文特性结果显示(表 4),青海云杉林苔藓枯落物层最大持水率在 271.1~418.2%之间变化,平均为 319.8%,其最大持水量约为其自身干重的 3 倍左右。苔藓枯落物层的最大持水率一般只能反映枯枝落叶层本身可以持水能力的大小,但不能反映对实际穿透水的拦截程度。苔藓枯落物层含水率的变化取决于降水量、本身蓄积量和持水能力及天气条件,但在同一时期内,无论有无降雨,变化趋势基本一致,且含水率的增减差异不大。次降雨量达到 20~30 mm 时,不同立地、各种林型苔藓枯落物层的持水率均低于最大持水率的 85%,所以苔藓枯落物层最大持水率只能用来反映其水文特性,既在短时的一次暴雨过程中可能最大的持水量,但不能用来估算苔藓枯落物层实际拦截穿透水的能力^[6]。

表 4 青海云杉林苔藓枯落物层的水文特性(2003 年)

项目	平均	最大	最小	差值
苔藓枯落物厚/cm	8.2	13.7	1.5	12.2
最大持水量/mm	36.3	59.1	7.6	51.5
最大持水率/%	319.8	418.2	262.6	155.6

即使在一次降水过程中苔藓枯落物层实际截持能力小于其最大持水量,但由于祁连山处于干旱半干旱区,一般降雨历时短、强度小,降雨强度<0.10 mm/min 的降雨量占降雨总量的 9.24%,出现频率则为 42.86%;降雨强度>0.60 mm/min 的降雨量占降雨总量的 26.48%,出现频率仅为 8.16%,说明试验区高强度降雨出现频率低,但降雨量较多;低强度降雨出现频率高,但降雨量仅是高强度降雨总量的 43.14%;降水通过林冠到达苔藓枯落物层的总量很小,要求苔藓枯落物层承受的穿透水的截留率小。

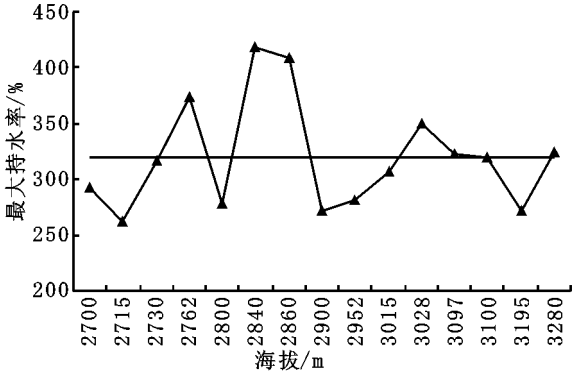


图 2 青海云杉林苔藓枯落物层最大持水率沿海拔梯度的变化趋势

苔藓枯落物层最大持水率因立地条件、海拔位置不同而有很大区别(图 2),低海拔波动幅度大于高海拔地区,结合

立地条件、气象因子和人类活动分析认为,造成苔藓枯落物层最大持水率低海拔波动幅度大于高海拔地区的主要原因是低海拔人类活动频繁。

4.3 苔藓枯落物层的截持能力

苔藓枯落物层实际截持能力与其本身的水分状况、水文特性、结构和大气降水条件、形式以及立地因子等有关。2004 年在青海云杉林苔藓枯落物层平均厚度为 9.7 cm 的固定样地进行了截留试验,结果显示总穿透量为 178.7 mm 时,截留量为 57.8 mm,占穿透降水的 32.34%。因此,苔藓枯落物层在蓄留降雨方面有着很重要的作用,特别是对降水量与雨强小的毛毛雨的截留作用更为突出。就一次降水过程而言,当林内降雨小于 3.7 mm 时,苔藓枯落物层可以完全截留降水,但随着降雨量的增加,尽管截留量也不断增加,其下部开始出现渗水,随着降雨过程的继续,其截留量增加的速度逐渐减缓,直到达到最大截留量,然后开始下降。图 3 是不同次降雨条件下青海云杉林苔藓枯落物层截留量、截留率变化趋势,可以看出,随着降雨量的增大,苔藓枯落物层截留量在波动中呈增加态势,但截留率在波动中呈不断减小趋势,截留量与降雨量的变化趋势基本趋向一致。曲线波动说明,还有其它因子影响使苔藓枯落物层截留没有表现出完全与降水规律同步的变化趋势,特别是测定中出现了截留量大于降水量的情况,多余的水分来自前一次截留的降水在第二次降水截留使苔藓枯落物层持水达到饱和状态后,在重力作用下向下入渗,同时还将促使前一次贮存没有及时下渗的部分水分一并下渗,结果出现第二次测定的截留水大于降水量的情况,截留率成负值。

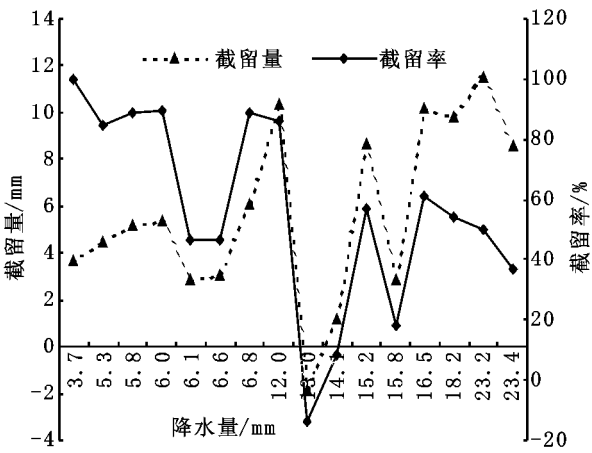


图 3 青海云杉林苔藓枯落物层截留量、截留率随降水量的变化趋势

4.4 苔藓枯落物层蓄积量与截持能力的关系

森林生态系统苔藓枯落物层的现存量及林地的水热条件是否适宜枯落物层分解等直接影响其持水能力大小。经调查,祁连山山西水试验区苔藓枯落物层蓄积量平均为 113.4 t/hm²,样地调查值在 29.4~174.6 t/hm² 范围内波动,最大最小相差 145.2 t/hm²;苔藓枯落物层最大持水量平均为 36.4 mm,测定值在 7.6~59.1 mm 之间变化;而且苔藓枯落物层持水能力与其蓄积量呈正相关,随着苔藓枯落物层蓄积量增大其持水能力呈增加趋势(图 4)。在自然降水条件下测定苔藓枯落物层截持降水能力,发现苔藓枯落物层对降水的截留是有一定限度的,除与苔藓枯落物层厚度、前期含水量、降水条件等多个因素有关外,截留的降水即使有充足的降水补给也小于最大持水量的 85%。

祁连山林区气温低,水热环境不适宜林内凋落物分解,

死地被物的积累量大,森林生态系统苔藓枯落物层持水能力较强,持水能力越强对降水的截留越多。一般情况,祁连山区大多数降雨不能使该层达到最大持水量。但为了确保森林具有强大的水源涵养和调节径流功能,必须注意保护好具有强大持水能力的苔藓枯落物层,同时,也要采取有力措施加强林下灌草植被的培育与保护,进一步提高森林生态系统的水文调节功能。

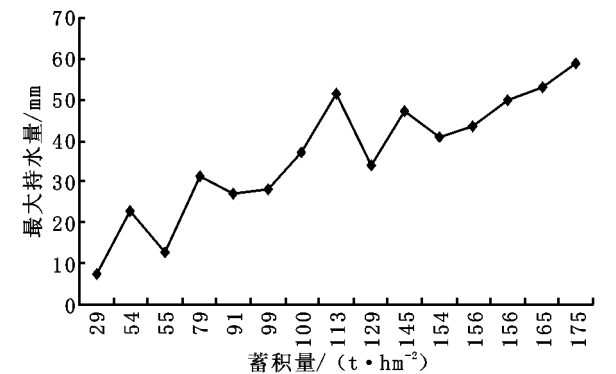


图 4 青海云杉林苔藓枯落物层蓄积量与持水能力的关系

4.5 苔藓枯落物层水文功能及水分传输机制

苔藓枯落物层作为土壤与大气进行物质能量交换的重要界面,通过吸持降水、阻塞水分传输通道,参与土壤、植物、大气系统的水分循环,增加了水分分配在时间和空间上的变异性。森林苔藓枯落物层持水量动态变化在森林水文循环中的意义在于其对林冠下大气和土壤之间水分和能量传输的影响,特别是森林苔藓枯落物层持水性能的大小与森林流域产流机制密切相关,并受组成、林分类型、林龄、枯枝落叶分解状况、累积状况、前期水分状况、降雨特点(降水大小、强度高低、历时长短)的影响,已经在研究中得到了证实。

水分在苔藓枯落物层的传输机制类似于林冠截留过程,其截留量与苔藓枯落物层的种类、储水能力有关,与林地单位面积苔藓枯落物层蓄积成正比。但苔藓枯落物层水分传输机理研究由于苔藓枯落物层厚度、分解特性、组成结构、前期含水量的时空变异及其模糊的边界层等特性,使其成为森林水文研究的一个难点和重点。目前,国内外对苔藓枯落物

层生态水文效益研究大部分是在人工模拟条件下进行的,由于天然降雨类型变化多端,导致人工模拟降雨条件下对苔藓枯落物层水文过程的研究结果与天然降雨情况仍有一定的差别,如在自然条件发现苔藓枯落物层在没有达到最大持水量时已经有水渗出,自然条件下的截留达不到室内测定的高限,主要是由于试验区大多数降水历时较短,且林地坡度较大,一般不会出现较长时间的浸水条件。因此,进一步加强苔藓枯落物层水文特性的野外测定是今后森林水文研究的一个重要方面。

5 结 论

祁连山林区青海云杉林内苔藓枯落物分布与组成存在明显差异,15 个样地平均厚度 8.2 cm,厚度最大达 13.7 cm,最薄仅 1.5 cm,相差近 10 倍;苔藓枯落物中未分解成分较多,占总量的 42.8%;半分解和已分解成分较少,分别占 23.8%和 33.4%;未分解成分在 0.8~7.8 cm 之间波动,半分解成分在 0.7~2.9 cm 之间波动,已分解成分在 0.4~3.8 cm 之间波动。

祁连山青海云杉林苔藓枯落物层水文特性在森林水文循环中的意义在于对林冠下大气和土壤之间水分和能量传输的影响。祁连山青海云杉林区基本无地表径流产生,这与苔藓枯落物层相对较厚有着密不可分的关系。苔藓枯落物层最大持水率因立地条件、海拔位置不同而有很大区别,低海拔波动幅度大于高海拔地区,造成的主要原因是低海拔地区人类活动频繁。

祁连山青海云杉林区的一个显著特征是苔藓枯落物比较厚,对于降水的再分配具有直接的作用,是森林涵养水源的重要作用层。该层持水作用是森林生态系统水分循环中的重要一项。西水试验区苔藓枯落物层蓄积量平均为 113.4 t/hm²,其值在 29.4~174.6 t/hm² 范围内波动,最大最小相差 145.2 t/hm²;苔藓枯落物层最大持水量平均为 36.4 mm,测定值在 7.6~59.1 mm 之间变化;且苔藓枯落物层持水能力与其蓄积量呈正相关,随着苔藓枯落物层蓄积量增大其持水能力呈增加趋势。

试验流域苔藓枯落物层平均厚度为 9.7 cm,穿透降水为 178.7 mm,截留量为 57.8 mm,占穿透降水的 32.34%。

参考文献:

[1] 张元明,曹同,潘伯荣.干旱半干旱地区苔藓结构生态学研究综述[J].生态学报,2002,22(7):1129-1134.

[2] 余新晓,于志民,等.水源保护林培育、经营、管理、评价[M].北京:中国林业出版社,2001.263-265.

[3] 王兵,聂道平,郭泉水,等.大岗山森林生态系统研究[M].北京:中国科学技术出版社,2003.204-206.

[4] 张洪江,程金花,余新晓,等.贡嘎山冷杉纯林枯落物储量及其持水特性[J].林业科学,2003,39(5):147-151.

[5] 刘世荣,温远光,王兵,等.中国森林生态系统水文功能规律[M].北京:中国林业出版社,1996.160-162.

[6] 于志民,王礼先.水源涵养林效益研究[M].北京:中国林业出版社,1999.37-44.

[7] 孙立达,朱金兆.水土保持林体系综合效益研究与评价[M].北京:中国科学技术出版社,1995.276-282.

[8] 王佑民.中国林地枯落物持水保土作用的研究概况[J].水土保持学报,2000,14(1):109-113.

[9] 阎文德,张学龙,王金叶,等.祁连山森林枯落物水文作用的研究[J].西北林学院学报,1997,12(2):7-14.

[10] 常宗强,王金叶,常学向,等.祁连山水源涵养林枯枝落叶层水文生态功能[J].西北林学院学报,2001,16(增):8-13.

[11] 程根伟,余新晓,赵玉涛,等.山地森林生态系统水文循环与数学模拟[M].北京:科学出版社,2004.112-118.

(上接第 155 页)

[7] 陈云浩,郭达志,杜培军.遗传 BP 算法在大气环境综合评价中的应用[J].上海环境科学,1998,14(12):17-18.

[8] 杨立民,许有鹏.改进遗传神经网络方法在大气环境质量评价中的应用[J].环境科学研究,1999,12(2):28-31.

[9] 熊德国,学福,富春.燃煤型城市环境大气质量综合评价的模糊神经网络模型[J].中国矿业,2004,13(1):55-56.

[10] 蒋德明,陈渭民,傅炳珊,等.基于径向基函数网络的云自动分类研究[J].南京气象学院学报,2003,26(1):89-95.

[11] 飞思科技产品研发中心. MATLAB6.5 辅助神经网络分析与设计[M].北京:电子工业出版社,2003.72-74.

[12] 冯利华,王基一,章明卓.环境质量的灰色聚类分析[J].环境保护科学,2000,26(10):37-39.