

# 滇西北亚高山典型退化次生林水源涵养能力分析

和丽萍, 李贵祥, 柴勇, 张正海, 邵金平, 马赛宇

(云南省林业和草原科学院, 昆明 650201)

**摘要:**为了摸清云、冷杉采伐后森林植被水源涵养能力变化规律,以滇西北亚高山原始冷杉林作为参照,利用浸水法、环刀法对该区域 20 世纪 70 年代、80 年代、90 年代采伐云、冷杉后自然生长的林分进行了水源涵养能力分析。结果表明:不同林分的不同植被层最大持水量具有一定差异,林冠层最大持水量以原始冷杉林最大,其余依次为退化桦木林、稀疏云+冷杉林、退化大果红杉林、退化杜鹃灌丛;灌木层最大持水量以退化高山栎灌丛最大,其余依次为退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林、稀疏云+冷杉林、退化桦木林、原始冷杉林;草本层最大持水量以原始冷杉林最大,其余依次为退化桦木林、稀疏云+冷杉林、退化大果红杉林、退化杜鹃灌丛、退化高山栎灌丛;枯落物最大持水量差异很大,以原始冷杉林为最大,其余依次为退化桦木林、退化大果红杉林、退化杜鹃灌丛、稀疏云+冷杉林;植被层最大持水量以原始冷杉林最大,其余依次为稀疏云+冷杉林、退化桦木林、退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林、退化高山栎灌丛。说明植被越好、干扰越少的林分,植被的持水量越大,缺乔木树种的林分,植被持水量较小。从对滇西北亚高山云、冷杉不同采伐年代的水源涵养分析来看,采伐干扰越少的林分最大持水能力越强,采伐年代越久的林分,植被最大持水能力也越大。

**关键词:**滇西北亚高山;退化次生林;水源涵养

中图分类号:S715.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)02-0233-05

## Analysis of Water Conservation Capacity of Typical Degraded Secondary Forests in Sub-Alpine Areas of Northwest Yunnan Province

HE Liping, LI Guixiang, CHAI Yong, ZHANG Zhenghai, SHAO Jinping, MA Saiyu

(Yunnan Academy of Forestry and Grassland, Kunming 650201, China)

**Abstract:** In order to find out the pattern of forest vegetation and water conservation capacity change after logging of *Picea* and *Abies*, taking the original *Abies* forests in northwestern Yunnan Province as a control, the water conservation capacities of the forests which naturally grew after harvesting *Picea* and *Abies* in the 1970s, 1980s and 1990s were analyzed using the water immersion method and the ring knife method. The results show that the maximum water holding capacities of different vegetation layers in different forest stands are different; the maximum water holding capacity of canopy layer is the largest in the original *Abies* forest, followed by degraded *Betula* forest, sparse *Picea* + *Abies* forest, degraded *Larix potaninii* var. *macrocarpa* forest, and degraded *Rhododendron simsii* Planch. Shrub; the maximum amount of water held by the shrub layer is the largest in degraded *Quercus semicarpifolia* shrub, followed by degraded *Rhododendron simsii* Planch. shrubs, degraded *Larix potaninii* var. *macrocarpa* forests, sparse *Picea* + *Abies* forest, degraded *Betula* forest, and original *Abies* forest; the maximum amount of water held by the grass layer is the largest in the original *Abies* forest, and the rest are degraded *Betula* forest, sparse *Picea* + *Abies* forest, degraded *Larix potaninii* var. *macrocarpa* forest, degraded *Rhododendron simsii* Planch. shrub, and degraded *Quercus semicarpifolia* shrub; the maximum amount of water held by the litter varies greatly, the greatest one is found in the original *Abies* forest, followed in degraded *Betula* forest, degraded *Larix potaninii* var. *macrocarpa* forest, degraded *Rhododendron simsii* Planch. shrub, sparse *Picea* + *Abies* forest; the maximum water holding capacity in the vegetation layer is the largest in the original *Abies* forest, followed by

收稿日期:2019-04-01

修回日期:2019-04-19

资助项目:国家重点研发计划专题“滇西北亚高山低效次生林林分结构调控促进水源涵养功能提升技术”(2017YFC050500402)

第一作者:和丽萍(1972—),女,云南丽江人,博士,副研究员,主要从事植被恢复及土壤化学研究。E-mail:kmhlp@sina.com

通信作者:李贵祥(1975—),男,云南禄丰人,学士,研究员,主要从事森林经营及植被恢复研究。E-mail:lguixiang7558@126.com

sparse *Picea* + *Abies* forest, degraded *Betula* forest, degraded *Rhododendron simsii* Planch. shrub, degraded *Larix potaninii* var. *macrocarpa* forest, and degraded *Quercus semicarpifolia* shrub. It is indicated that the better the vegetation is, the less disturbance is, the greater the amount of water held by the vegetation is, the less the tree species are, and the less the vegetation holding water is. According to the analysis of water conservation in different logging years of sub-alpine *Picea* + *Abies* in northwestern Yunnan Province, the maximum water holding capacity is greater under less logging disturbance.

**Keywords:** sub-alpine areas of northwest Yunnan Province; degraded secondary forests; water conservation

水源涵养功能是森林生态系统的一项重要生态功能,指森林拦蓄降水、调节径流和净化水质的能力<sup>[1-3]</sup>。水源涵养是森林生态系统服务功能的重要组成部分,主要表现为对降雨的再分配过程<sup>[4]</sup>。在森林植被调节降雨的过程中,由于降雨量是影响坡面产流的主要因子,降雨动能是影响坡面产沙的主要因子<sup>[5]</sup>。在具有植被覆盖的林地上,降雨可以通过植被的再分配,从而减缓对地表的冲击<sup>[6]</sup>。林分的水源涵养功能是林分系统各组成部分在其发育过程中相互作用的综合结果。不同林分类型具有不同的水源涵养功能<sup>[7]</sup>。森林生态系统通过森林植物的呼吸作用及蒸腾作用向大气排放水分子,从而增加大气降水;另一方面,森林生态系统通过林地森林植物、林地枯枝落叶及林地土壤的贮水功能,调节某一区域的水资源供给。

滇西北亚高山地处我国西南的“三江并流区”,属大江大河上游源头区域,其地形结构复杂,山高坡陡,属潜在侵蚀严重区域,森林植被固土保水的功能极为重要,保护和恢复好该区域的森林植被,是维护长江、澜沧江和怒江下游国土安全的重要举措,是我国西南生态安全屏障的主要保障。滇西北亚高山垂直地带性植被类型是高山针叶林,主要由云杉属(*Picea*)、冷杉属(*Abies*)和落叶松属(*Larix*)等属的树种组成,由于长期受到自然和人为的干扰不断发生着演替变化。商业性采伐是较为重要的干扰因素,从 20 世纪 70—90 年代,据云南省中甸林业局统计,1973—1977 年年均采伐面积 0.11 万  $\text{hm}^2$ ,采伐蓄积 22.6 万  $\text{m}^3$ ,1978—1987 年年均采伐面积 0.12 万  $\text{hm}^2$ ,采伐蓄积 21.8 万  $\text{m}^3$ ,1988—1996 年年均采伐面积 0.06 万  $\text{hm}^2$ ,采伐蓄积 8.2 万  $\text{m}^3$ ,商业性采伐时间不算太长,但由于集中采伐,受到的干扰较大。虽然从 1998 年以来停止了商业性采伐,但商业性采伐后的影响依然存在,并将在一定时期内影响着该区域的森林植被类型。然而对采伐后的森林水文功能还缺乏定量评价,特别是云、冷杉采伐后森林植被水源涵养功能的研究鲜见报道。

为摸清云、冷杉采伐后森林植被水源涵养能力变

化规律,本文以原始冷杉林作为对照,对 20 世纪 70 年代、80 年代、90 年代采伐云、冷杉后形成的典型退化次生林开展水源涵养能力研究。

## 1 研究区概况

滇西北地处云南、四川、西藏 3 省交界,与缅甸毗邻,处于丽江市永胜县、大理州鹤庆县、洱源县北界和怒江州泸水县南界以北地区。滇西北地区属第四纪喜马拉雅山抬升与褶皱地带,地质历史年轻,运动活跃,物种分化强烈,演化了大量特有物种,形成了许多地区特有种群,是中国 3 大特有物种起源和分布中心之一<sup>[8-10]</sup>。为独龙江(伊洛瓦底江)、怒江(萨尔温江)、澜沧江(湄公河)和金沙江(长江)的上游地区<sup>[11]</sup>,属于青藏高原东南缘及其向云贵高原过渡地带,独龙江、怒江、澜沧江、金沙江与高黎贡山、怒山、云岭相间排列,是横断山区大江与高大山系排列最紧密的地区,其间金沙江与澜沧江最短直线距离为 66 km,澜沧江与怒江的最短直线距离不到 19 km,形成独特的“三江并流”奇观<sup>[12]</sup>。

滇西北地区气候多样,一般来说,由于不同海拔的热量分异,2 000 m 以下为山地北亚热带,2 000~3 000 m 为山地暖温带和山地中温带气候,3 000~4 000 m 为山地寒温带,4 000 m 以上为山地寒带气候<sup>[13]</sup>。滇西北地质构造较为复杂,具有石灰岩、砂岩、页岩、玄武岩、花岗岩、片岩、大理岩等各类岩层,其森林土壤以棕壤、黄棕壤、暗棕壤和红壤为主,在亚高山和高山地带还有漂灰土和草甸土分布<sup>[14]</sup>。

亚高山带是亚热带地区山地垂直带谱中上部,耐寒针叶树种为优势种,在山地寒温性气候条件下形成的亚高山针叶林顶级森林群落的山地垂直地带<sup>[15]</sup>。亚高山带的海拔高度范围南北差异较大,一般处于 3 000~4 000 m,香格里拉处于 2 800~4 200 m。

滇西北是我国亚高山针叶林分布最南的地区,又是我国针叶树种,特别是珍稀濒危针叶树种最集中的地区和亚高山针叶林类型和天然林资源最丰富的地区。在这一小范围内寒温性、温凉性针叶树种达 40 余种,其中除云、冷杉外,还有秃杉(*Taiwania flousi-*

ana)、澜沧黄杉(*Pseudotsuga forrestii*)、丽江铁杉(*Tsuga forrestii*)、贡山三尖杉(*Cephalotaxus lanceolata*)、三尖杉(*Cephalotaxus fortunei*)、高山三尖杉(*Cephalotaxus fortunei* var. *alpina*)、粗榧(*Cephalotaxus sinensis*)、云南红豆杉(*Taxus yunnanensis*)、南方红豆杉(*Taxus mairei*)、云南榧(*Torreya yunnanensis*)等珍稀濒危树种,天然林资源均集中分布于本区。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置及调查

于 2018 年 10—11 月在云南省香格里拉市,选择云、冷杉 20 世纪 70 年代、80 年代和 90 年代等不同采伐年代形成的退化次生林(不同地块地理位置、海拔等其他因子有一定差异,但采伐前都是云、冷杉林,

具有了一定的可比性),包括退化高山栎灌丛、退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林、稀疏云+冷杉林、退化桦木林以及原始冷杉林设置 20 m×20 m 的样方各 1 块,见表 1。在每个样方内分别设置 2 个 5 m×5 m 的样方测定灌木,在每个样方的 4 个角分别设置草本、枯枝落叶 4 个样方,用钢卷尺对每个枯落物样方的 4 个边角及中心位置的枯落物厚度共测量 5 次,取平均值,并收集每个样方内的全部枯落物(包括未分解和半分解),在不破坏原有结构的情况下收集到密封袋内称其鲜重,并取样(约 250 g)带回实验室待测定。分别调查乔木、灌木及草本植物,调查时记录样地的生境及群落特征,对样地内乔木进行每木调查,记录种名、树高、胸径、冠幅及其他一些生态学特征。灌木、草本记录种名、株(丛)数、盖度、高度及其他重要生态特征。

表 1 样地基本情况

样地号	林分类型	海拔/m	郁闭度	群落平均高/m	平均胸径/cm	林分主要特征
1	退化高山栎灌丛	3680		0.9		1984 年,云、冷杉采伐后,云杉、冷杉幼树零星分布,高度不到 2 m,生长不良;灌木层高 0.8~2.5 m,盖度 70%~90%,灌丛中最为常见的种类是黄背栎,主干多被砍伐,萌生成灌丛状;草本层高度 30~50 cm,层盖度 10%~20%,主要种类鞭打绣球、蛇莓、西南萎陵菜等
2	退化杜鹃灌丛	3690	0.4	4.5	7.4	1984 年,云、冷杉采伐后,乔木树种的幼树,包括丽江云杉、麦吊云杉、大果红杉,高约 4~5 m;灌丛大部分高 1~2 m,局部高可达 4 m,层盖度 40%~60%,种类以红棕杜鹃为主;草本植物高 20~30 cm,层盖度 30%~50%,种类主要有香青、云南毛茛、鞭打绣球等
3	退化大果红杉林	3700	0.3	5.5	9.8	1984 年,云、冷杉采伐后,以大果红杉为主的稀疏退化林,乔木层高 5~7 m,最高不超过 10 m,分布稀疏;灌丛大部分高 1~2 m,局部高可达 4 m,层盖度 40%~60%,种类以红棕杜鹃为主;草本植物高 20~40 cm,层盖度 20%~30%,种类主要有鞭打绣球、西南萎陵菜等
4	稀疏云+冷杉林	3602	0.4	6.1	11.8	1993 年,云、冷杉间伐后,乔木层有长苞冷杉和麦吊云杉,其中长苞冷杉保留有高达 30 m,胸径达 75 cm 的母树,但数量不多,具有一定的幼苗、幼树更新;灌木层高 2~3 m,层盖度 20%~40%,主要有黄背栎、大白花杜鹃等;草本层高 0.2~0.4 m,层盖度 20%~30%,主要有球穗香薷、凉山悬钩子等
5	退化桦木林	3245	0.6	10.3	7.8	1976 年,云、冷杉砍伐后,以白桦为主的灌丛状林分,几乎形成纯林,现有白桦林高 3~4 m,层盖度 50%,由于多年连续砍伐,多数个体发出 3~5 枝而无主干,萌生现象突出;草本层季节变化明显,高 20~30 cm,层盖度 20%~30%,种类主要有穿心葶子蕨、宽德兔耳风等
6	原始冷杉林	3635	0.7	17.2	30.9	原始冷杉林林分郁闭度 0.7~0.8,除采菌外,基本上没有干扰。乔木层均为长苞冷杉,密度 556 株/hm <sup>2</sup> ,树木高大,平均胸径达 33 cm,最大胸径 71 cm,平均树高 15 m,最高达 35 m;灌木层高 3~4 m,层盖度 20%~30%,种类有西南花楸、大白花杜鹃等呈零星分布;草本层季节变化明显,高 20~30 cm,层盖度 70%~80%,种类主要有凉山悬钩子、掌裂蟹甲草等

### 2.2 林分郁闭度及树高的测定方法

林分郁闭度采用机械布点法测定,即在样地内布设若干点,树冠覆盖的点数与所测点数之比。树高采用测高仪测量。

### 2.3 生物量测定

乔木树种生物量通过测定样方内的树种、胸径,得出样方内的平均高和平均胸径,采用中国主要林木生物量模型手册,有区域内树种模型的采用区域树种模型,没有区域树种模型的,采用针叶树种和阔叶树种通用生物量模型<sup>[16]</sup>,估算单位面积乔木树种生物量;灌木、草本层生物量和枯枝落叶层现存量采用样方收获法测定。

### 2.4 持水量测定

乔木冠层最大持水量采用标准枝浸水称重法,灌木、草本和枯枝落叶层的最大持水量测定采用浸水称重法测定<sup>[17-18]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 林冠层最大持水量

林冠层最大持水量是评价森林植被层降水截留量的一个重要参数,它的大小取决于植被结构,主要与植被郁闭度和叶的形态有关。林分郁闭度大小,直接关系到林冠与降水的接触面,郁闭度大的林分,其

截留量也较大<sup>[4,19]</sup>。从表 2 可看出,林冠层最大持水量以原始冷杉林最大,分别是退化桦木林、稀疏云+冷杉林、退化大果红杉林和退化杜鹃灌丛的 4.98, 2.71, 18.45, 20.06 倍,退化高山栎灌丛没有乔木树种分布,也就没有林冠层最大持水量。从不同林分林冠层最大持水量的差异来看,林冠层枝叶量越多,枝叶越密集,其持水量也越大,尤其是树体高大的原始冷杉林,可通过林冠层层层拦截降雨。因此,乔木树种增加是提高林冠层最大持水量的有效途径。

表 2 滇西北亚高山典型林分林冠层(枝叶)最大持水量比较

林分类型	林冠层枝叶 叶干物质量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	林冠层枝叶 鲜物质累积量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	林冠层 最大 持水率/%	林冠层 最大 持水量/mm
退化高山栎灌丛				
退化杜鹃灌丛	2.45	5.52	125.12	0.69
退化大果红杉林	2.79	6.29	120.00	0.75
稀疏云+冷杉林	19.72	40.87	125.00	5.11
退化桦木林	11.83	24.12	115.70	2.79
原始冷杉林	61.77	116.55	118.75	13.84

### 3.2 灌木层最大持水量比较

灌木层在林冠层下,可对降雨形成二次截留,但对灌木林来说,灌木就是主要的降雨截留层。从表 3 可看出,不同林分灌木层枝叶量以高山栎冠层最多,达 10.085 t/hm<sup>2</sup>,依次是退化大果红杉林、退化桦木林、退化杜鹃灌丛、稀疏云+冷杉林和原始冷杉林,说明乔木树种越高大,郁闭度越大,灌木数量就越少,灌木层的最大持水量和灌木层枝叶量的多少是一致的,灌木层最大持水量以退化高山栎灌丛最大,达 1.49 mm,分别是退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林、稀疏云+冷杉林、退化桦木林和原始冷杉林的 3.73, 1.21, 9.31, 1.75, 27.59 倍。

表 3 滇西北亚高山典型林分灌木层最大持水量比较

林分类型	灌木层枝叶量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	灌木层最大 持水率/%	灌木层最大 持水量/mm
退化高山栎灌丛	10.085	147.71	1.490
退化杜鹃灌丛	3.359	118.68	0.400
退化大果红杉林	7.724	159.08	1.230
稀疏云+冷杉林	1.267	129.69	0.160
退化桦木林	4.583	186.25	0.850
原始冷杉林	0.433	125.37	0.054

### 3.3 草本层最大持水量比较

草本层在水土保持中起到重要的作用,可以有效减少降雨的溅蚀。从表 4 中可看出,草本层现存量以原始冷杉林(主要是苔藓)为最多,依次是退化桦木林、稀疏云+冷杉林、退化大果红杉林、退化高山栎灌丛,最少的是退化杜鹃灌丛,这主要是云、冷杉采伐

后,植被的退化引起了土壤的退化,尤其是退化杜鹃灌丛、退化高山栎灌丛和退化大果红杉林,土壤瘠薄,局部地表裸露,降雨对土壤冲刷严重;草本层最大持水量以原始冷杉林最大,分别是退化桦木林、稀疏云+冷杉林、退化大果红杉林、退化杜鹃灌丛、退化高山栎灌丛的 15.95, 19.71, 23.93, 44.67, 27.92 倍。

表 4 滇西北亚高山典型林分草本层最大持水量比较

林分类型	草本层现存量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	草本层最大 持水率/%	草本层最大 持水量/mm
退化高山栎灌丛	0.414	301.21	0.120
退化杜鹃灌丛	0.208	358.65	0.075
退化大果红杉林	0.312	454.17	0.140
稀疏云+冷杉林	0.570	299.12	0.170
退化桦木林	0.926	231.10	0.210
原始冷杉林	9.500	352.63	3.350

### 3.4 枯落物层最大持水量比较

枯枝落叶层在森林生态功能中扮演着十分重要的角色,其水土保持和水源涵养的作用不容忽视,其吸水作用的大小,取决于其本身量的多少和性质,不同树种,其枯落物持水能力差异很大<sup>[20]</sup>。但枯落物持水能力达到最大时,枯落物的多少决定了持水能力。从表 5 中可看出,在各林分类型中,原始冷杉林的枯落物现存量最高,达到了 75 t/hm<sup>2</sup>,依次是退化桦木林、退化大果红杉林、退化杜鹃灌丛和稀疏云+冷杉林,枯落物现存量分别为 9.63, 3.829, 2.361, 0.948 t/hm<sup>2</sup>,而退化高山栎灌丛没有枯枝落叶层,这可能和海拔高,风大而植被遮挡较少有一定的关系。

表 5 滇西北亚高山典型林分枯落物最大持水量比较

林分类型	枯落物现存量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	枯落物最大 持水率/%	枯落物最大 持水量/mm
退化高山栎灌丛			
退化杜鹃灌丛	2.361	250.95	0.59
退化大果红杉林	3.829	253.59	0.97
稀疏云+冷杉林	0.948	254.64	0.24
退化桦木林	9.630	143.28	1.38
原始冷杉林	75.000	218.00	16.35

与枯落物现存量的变化趋势一致,各森林植被类型枯落物最大持水量与枯落物现存量成正比,但不同的林分,枯落物最大持水量差异很大,原始冷杉林最大持水量达 16.35 mm,分别是退化桦木林、退化大果红杉林、退化杜鹃灌丛和稀疏云+冷杉林的 11.59, 16.49, 27.12, 66.67 倍。

### 3.5 不同林分植被最大持水量

水源涵养是森林生态系统服务功能的重要组成部分,主要表现为对降雨的再分配过程。森林蓄水能力由地上植被的持水和地下土壤的持水两部分组

成<sup>[4]</sup>。植被层截留降水的能力包括林冠层、灌木层的枝叶持水量和草本层、枯枝落叶层的持水量。从表 6 中可看出,植被层最大持水量以原始冷杉林最大,达 33.59 mm,分别是稀疏云+冷杉林、退化桦木林、退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林和退化高山栎灌丛最大持水量的 5.91,6.42,10.87,19.09,20.86 倍。

表 6 不同林分植被最大持水量比较 mm

林分类型	林冠层	灌木层	草本层	枯落物层	植被层
退化高山栎灌丛		1.49	0.12		1.61
退化杜鹃灌丛	0.69	0.40	0.075	0.59	1.76
退化大果红杉林	0.75	1.23	0.14	0.97	3.09
稀疏云+冷杉林	5.11	0.16	0.17	0.24	5.68
退化桦木林	2.79	0.85	0.21	1.38	5.23
原始冷杉林	13.84	0.054	3.35	16.35	33.59

从滇西北亚高山不同林分类型植被最大持水量可看出,植被越好、干扰越少的林分,植被的持水量越大,也就是说,原始冷杉林为代表的其他未被破坏的原始林,植被的最大持水量最大,缺乔木树种的林分,植被持水量较小。稀疏云+冷杉林保留有高大的母树,具有很强的更新能力,林下有一定的灌草植被,形成相对较好的林分层次结构,因此,其植被层最大持水量仅次于原始冷杉林。

从 20 世纪 80 年代采伐云、冷杉林后形成的退化高山栎灌丛、退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林来看,乔木树种分布较多的大果红杉林最大持水量较大,退化杜鹃灌丛和退化高山栎灌丛基本差不多;而从采伐后不留母树的退化桦木林与 80 年代采伐后不留母树的 3 个林分类型(退化高山栎灌丛、退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林)相比,采伐年代越久的林分,植被最大持水能力也较大。

## 4 讨论与结论

滇西北亚高山地处我国西南的“三江并流区”,属大江大河上游源头区域,其地形结构复杂,山高坡陡,属潜在侵蚀严重区域,森林植被固土保水的功能极为重要,保护和恢复好该区域的森林植被,是维护长江、澜沧江和怒江下游国土安全的重要举措,是我国西南生态安全屏障的主要保障。滇西北亚高山垂直地带性植被类型是高山针叶林,研究表明,林冠层最大持水量表现为原始冷杉林>退化桦木林>稀疏云+冷杉林>退化大果红杉林>退化杜鹃灌丛,由此说明林冠层枝叶量越多,枝叶越密集,其持水量也越大,尤其是树体高大的原始冷杉林,可通过林冠层层层拦截降雨,因此,乔木树种的增加是提高林冠层最大持水量的有效途径;灌木层最大持水量表现为退化高山栎灌丛>退化杜鹃灌丛>退化大果红杉林>稀疏云+冷

杉林>退化桦木林>原始冷杉林,说明乔木树种越高大,郁闭度越大,灌木数量就越少,灌木层的最大持水量和灌木层枝叶量的多少是一致的;草本层最大持水量表现为原始冷杉林>退化桦木林>稀疏云+冷杉林>退化大果红杉林>退化杜鹃灌丛>退化高山栎灌丛,这主要是云、冷杉采伐后,植被的退化引起了土壤的退化,尤其是退化杜鹃灌丛、退化高山栎灌丛和退化大果红杉林,土壤瘠薄,局部地表裸露,降雨对土壤冲刷严重,枯落物最大持水量差异很大,表现为原始冷杉林>退化桦木林>退化大果红杉林>退化杜鹃灌丛>稀疏云+冷杉林,不同的林分枯落物最大持水量差异很大。

本文通过对滇西北亚高山云、冷杉采伐后典型退化植被与原始冷杉林进行比较,表明,滇西北典型退化林分与原始冷杉林比较,植被层最大持水量以原始冷杉林最大,达 33.59 mm,分别是稀疏云+冷杉林、退化桦木林、退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林和退化高山栎灌丛最大持水量的 5.91 倍、6.42 倍、10.87 倍、19.09 倍和 20.86 倍。说明植被越好、干扰越少的林分,植被的持水量越大,缺乔木树种的林分,植被持水量较小。通过对滇西北亚高山云、冷杉不同采伐年代的水源涵养分析来看,从 20 世纪 80 年代采伐云、冷杉林后形成的退化林分来看,乔木树种分布较多的大果红杉林最大持水量较大;而从采伐后不留母树的退化桦木林与 80 年代采伐后不留母树的 3 个林分类型(退化高山栎灌丛、退化杜鹃灌丛、退化大果红杉林)相比,采伐年代越久的林分,植被最大持水能力也较大。

### 参考文献:

- [1] 郭灵辉,高江波,王天平,等.太行山典型森林水源涵养分层特征与差异研究[J].人民黄河,2018,40(8):91-95.
- [2] 吕一河,胡健,孙飞翔,等.水源涵养与水文调节:和而不同的陆地生态系统水文服务[J].生态学报,2015,35(15):5191-5196.
- [3] 周佳雯,高吉喜,高志球,等.森林生态系统水源涵养服务功能解析[J].生态学报,2018,38(5):1679-1686.
- [4] 吴波,石培礼,井学辉,等.大兴安岭东部林区植被蓄水潜力与价值的评估[J].林业科学研究,2006,19(6):706-712.
- [5] 赵鸿雁,吴钦孝,黄土高原人工油松林林冠截留动态过程研究[J].生态学报,2002,21(6):20-23.
- [6] 李贵祥,孟广涛,方向京,等.云南金沙江流域不同植被类型水源涵养能力分析[J].水土保持研究,2007,14(4):160-163.
- [7] 孟广涛,方向京,李贵祥,等.云南金沙江流域不同植被类型水源涵养能力分析[J].水土保持研究,2007,14(4):160-163.

- in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961—1998[J]. *International Journal of Climatology*, 2001,21(3):269-284.
- [15] 翟盘茂,潘晓华.中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J].*地理学报*,2003,58(S1):1-10.
- [16] Zhai P M, Sun A L, Ren F M, et al. Changes of climate extremes in China[J]. *Climate Change*, 1999,42(1):203-218.
- [17] 黄丹青,钱永甫.我国极端温度事件的定义和趋势分析[J].*中山大学学报:自然科学*,2008,47(3):112-116.
- [18] 黄丹青,钱永甫.极端温度事件区域性的分析方法及结果[J].*南京大学学报:自然科学*,2009,45(6):715-723.
- [19] 刘丹,赵景波.黑龙江哈尔滨地区近 60 年极端气温变化研究[J].*地球与环境*,2017,45(6):587-599.
- [20] 周晓宇,崔妍,赵春雨,等.1961—2012 年东北地区极端气温事件变化特征[C]//气候变化与低碳发展委员会、国家气候中心.第 31 届中国气象学会年会 S4 极端气候事件和灾害风险管理,2014.
- [21] 严晓瑜,赵春雨,王颖,等.近 50 年东北地区极端温度变化趋势[J].*干旱区资源与环境*,2012,26(1):81-87.
- [22] 朱红蕊,刘赫军.黑龙江省 1961—2009 年极端气温事件变化特征分析[J].*气候变化研究进展*,2011,7(2):110-115.
- [23] IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* [R]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2013.
- [24] 赵国永,韩艳,刘明华,等.1961—2016 年河南省极端气温事件变化特征[J].*信阳师范学院学报:自然科学版*,2019,32(1):95-101.
- [25] 李娇,任玉国,战云健.浅谈极端气温事件研究中阈值确定方法[J].*气象科技进展*,2013,3(5):36-40.
- [26] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999.
- [27] 马明,郑晓鹏.瑞安市近 45 a 气温和降水变化特征分析[J].*浙江农业科学*,2017,58(6):1065-1068.
- [28] 吴利华,彭汐,马月伟,等.1951—2016 年昆明极端气温和降水事件的变化特征[J].*云南大学学报:自然科学版*,2019,41(1):91-104.
- [29] 潘涛.黑龙江省百年森林覆盖变化对极端气温和降水的影响[D].哈尔滨:哈尔滨师范大学,2017.
- [30] 王朋,张蓓蓓.安康气象站 1953—2016 年气温变化特征研究[J].*水资源与水工程学报*,2018,29(6):94-99.
- [31] 符淙斌,王强.气候突变的定义和检测方法[J].*大气科学*,1997,16(4):482-493.
- [32] 吕翠美,吴泽宁,刘文立,等.伊河流域径流周期变化特征的小波分析[J].*人民黄河*,2007,29(5):26-28.

~~~~~

(上接第 237 页)

- [8] 冯建孟,朱有勇.滇西北地区种子植物地理分布及区系分化[J].*西北植物学报*,2009,29(11):2312-2317.
- [9] 张劲峰,李宏斌,周鸿,等.滇西北亚高山乡土阔叶树种资源极其应用评价[J].*西部林业科学*,2006,35(2):42-47.
- [10] 秦光荣.坚持生态立省建设生态文明切实加强滇西北生物多样性保护:在省府滇西北生物多样性保护工作座谈会上的讲话[J].*云南政报*,2008(4):40-46.
- [11] 张劲峰,周鸿,耿云芬.滇西北亚高山退化森林生态系统及其恢复途径:“近自然林业”理论及方法[J].*林业资源管理*,2005(5):33-37.
- [12] 刘丽萍.三江并流带新构造运动典型景观旅游地质开发与环境保护[J].*有色金属设计*,2018,45(2):15-17.
- [13] 方向京,朱绍显,李乡旺,等.云南林业生态建设与治理模式[J].*西部林业科学*,2002(S1):1-2.
- [14] 云南森林编写委员会.云南森林[M].昆明:云南科技出版社,1986.
- [15] 赵敏,袁华,耿云芬,等.香格里拉亚高山造林地类型划分及森林植物恢复对策[J].*防护林科技*,2013,113(2):47-51.
- [16] 罗云建,王效科,逯非.中国主要林木生物量模型手册[M].北京:中国林业出版社,2015.
- [17] 林业部科技司.森林生态系统定位研究方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994.
- [18] 唐松青.闽江上游木荷与杉木人工林的持水能力和入渗特征比较[J].*中国水土保持科学*,2003,1(2):61-65.
- [19] 石培礼,吴波,程根伟,等.长江上游地区主要森林植被类蓄水能力的初步研究[J].*自然资源学报*,2004,19(3):351-360.
- [20] 李贵祥,孟广涛,方向京,等.珠江源头区几种主要林分类型下土壤的水分涵养功能研究[J].*水土保持学报*,2006,20(6):34-36,40.