

文章编号: 1001-1498(2000)06-0589-09

杉木人工林水土流失及养分损耗研究

盛炜彤

(中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091)

摘要: 1984~ 1996年在江西分宜县中国林科院亚热带林业实验中心的3个林场, 分别对杉木人工林幼龄林、中龄林及近熟林进行了8组水土保持及养分循环方面多点的试验观测, 对杉木人工林水土流失及养分损耗作了研究。结果表明, 杉木人工林水土流失以幼林阶段为最大, 其次中龄林阶段, 最小是近熟林阶段。幼龄林地表径流量为 $546.0 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 土壤侵蚀总量为 $1005.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 土壤侵蚀量尤为明显; 中龄林地表径流量为 $506.98 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 土壤侵蚀总量为 $180.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 而近熟林地表径流量为 $477.25 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 土壤侵蚀量可略而不计。幼龄林流失有机质 $50.049 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 养分为 $31.508 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 中龄林流失有机质为 $6.080 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 养分流失量为 $2.096 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 而近熟林养分流失量为 $10.784 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 无有机质流失。幼龄林阶段土壤侵蚀量以造林当年为最大, 以后逐年减少, 第4年及以后随着林分郁闭度加大, 流失量很少, 而地表径流量与林龄关系不密切。在板页岩发育的土壤条件下, 土壤有较强的抗蚀能力, 在杉木人工林经营的25a中, 水土流失不严重, 养分损耗很少。总的径流量为 $1530.23 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 侵蚀量为 $1185.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 流失有机质为 $56.28 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 流失养分 $44.383 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其中以流失钾肥为最多。因此在杉木人工林经营中, 仅就地表径流及侵蚀量而论, 在板页岩发育的土壤上不会导致土壤退化。

关键词: 杉木人工林; 水土流失; 养分损耗

中图分类号: S715.3

文献标识码: A

杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]是我国南方最主要的造林树种, 面积广大。杉木人工林主要分布于江河流域中上游的山地, 山高坡陡, 它的水土保持能力, 不仅涉及地力维护, 而且涉及江河、林区的生态环境保护, 因此研究其水土保持能力是有重大意义的。过去对杉木人工林炼山整地的水土流失和人工林水文效应有过不少观测研究, 但专门就其不同林龄阶段水土保持能力方面系统研究却很少, 研究杉木在整个栽培过程中的水土流失量及养分损耗量则更少。本文根据江西分宜县中国林科院亚热带林业实验中心的杉木造林整地、间伐对水土保持影响及人工林养分循环等方面长期系统观测的研究材料, 就不同林龄阶段水土流失及养分损耗进行系统整理分析, 以反映杉木人工林在板页岩风化发育的红黄壤土上的水土保持能力, 同时研究其对土壤肥力的影响和营林干扰在地力退化中的作用。

1 自然概况及研究方法

1.1 试验区自然概况

试验观测区位于江西省分宜县中国林业科学研究院亚热带林业实验中心的山下林场、上

收稿日期: 2000-03-02

基金项目: 1997~ 2001年国家自然科学基金项目“杉木桉树人工林长期生产力保持机制的研究”(39630240)

作者简介: 盛炜彤(1933), 男, 江苏海门人, 研究员。

村林场及年珠林场,地处 $27^{\circ}30' \sim 27^{\circ}50' N$, $114^{\circ}3' E$, 属丘陵山地,海拔 $85 \sim 300 m$ 。为中亚热带湿润气候,年均温 $17.9^{\circ}C$,降水集中在4~6月,9月至次年1月水量最小,年均降水量 $1100 \sim 1700 mm$ 。根据山下林场 1984~1989 年的观测资料,以4~7月水量最大,特别是6月,最大降水量达 $50 \sim 60 mm$,产流大多集中于5~6月。以雨强 $0.001 \sim 0.039 mm \cdot min^{-1}$ 的频度最大,达 60.43% ,其次是 $0.040 \sim 0.099 mm \cdot min^{-1}$,为 24.80% 。能引起径流的大于或等于 $0.1 mm \cdot min^{-1}$ 的雨强频度为 14.7% 。上半年各月的降水量均大于蒸发量,下半年各月的降水量均小于同月的蒸发量。观测区的原生植被以丝栗栲 (*Castanopsis fargessi* Franch.)、苦槠 [*Castanopsis sderophylla* (Lindl.) Schott.]、木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ) 为主成分的常绿阔叶林,但大部分遭到破坏。现状植被以杉木、马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.)、湿地松 (*Pinus elliotii* Engelm.)、火炬松 (*Pinus taeda* Linn.)、毛竹 (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lehaie) 人工林为主。观测区的主要岩性,以板岩页为主。土壤主要为黄红壤,多数土层中厚,腐殖层中,透水性良好。观测试验区杉木人工林地位指数多为 $14 \sim 16$ 。

1.2 研究方法

在“七五”、“八五”期间,分别在杉木幼龄林、中龄林及近熟林中设置了如下试验地:不同整地方式(全垦、带垦、穴垦、对照)1组径流场(4个);带状整地1组试验径流场(4个);穴垦整地2组(各3个)监测径流场;杉木水文学试验观测包括1个径流场和2个径流堰,间伐试验地1组径流场(6个),共8组试验及监测。各组观测年限 $3 \sim 7 a$ 。

径流场设置:试验地 $666 m^2$,内设 $100 m^2 (5 m \times 20 m)$ 的径流场。在近熟林内设置集水区,面积分别为 $1.63 hm^2$ 及 $0.63 hm^2$,在集水区中设置V形溢流堰。设置水量筒观测降水量,按常规方法测定径流量与侵蚀量。并对水质及泥沙进行养分分析,包括pH值,有机质含量,全量N、P、K及速效N、P、K。

2 结果与分析

2.1 杉木人工林的水土流失

2.1.1 幼林阶段的水土流失^[1] 鉴于多年多点观测的经验,用1组径流场反映1个区域的某一类森林群落的水土流失状况,代表性不足,故需要多年多年的数据加以综合分析才可能有一定代表性。在江西分宜县中国林科院亚林中心观测幼林阶段径流场组,共有5个组,这些组基本观测方法相同,土壤类型相似,海拔为 $70 \sim 300 m$,代表低山丘陵板页岩发育的黄红壤的径流及土壤侵蚀状况。观测都从造林当年开始(即幼林为2年生),观测年限长的达到 $7 a$,短的 $3 a$ 。各组径流状况见表1。

从表1中看出,不同地点径流量的差异较大,这是因为土壤渗透性和地被物覆盖状况不同所致。实际上亚林中心杉木人工林土壤物理性质有较大差异,如腐殖质层厚而疏松的土壤渗透性强,径流量小,而腐殖质层薄而板结的土壤渗透性差,径流量就大。土壤较板结的林地,径流量最大,达到 $13.324 mm$,径流系数为 0.861% ,而土壤较疏松的林地,径流量只有 $1.470 mm$,径流系数为 0.105% 。多年多组的平均径流量为 $5.461 mm$,平均径流系数为 0.367 。

关于侵蚀量,在亚林中心降水及土壤条件下,也是很轻微的,4组径流场都属轻微的土壤流失,最大值每年每公顷为 $250 kg$,最小的为 $5 kg$,平均值为 $100 kg$ 。通常在造林当年流失量最大,可达 $1 t$ 以上,第2年以后逐年下降,通常多在 $100 kg$ 以下,3a后只有微量流失,故多年

平均值很低。也说明在板页岩风化物上发育的黄红壤有较强的抗蚀能力。

表 1 亚林中心 5 组迳流场多年迳流平均状况

地 点	观测年份	平均降水量/ mm	迳流 场数/个	迳流量/ mm	迳流系数/ %	侵蚀量/ ($t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$)	备 注
上村林场	1988~ 1994	1 715.40	3	1.830	0.107	0.102 3	3 种整地方式
山下林场	1987~ 1989	1 548.10	4	13.324	0.861	0.251 0	带垦整地 ^[2]
山下林场	1992~ 1996	1 441.40	3	7.818	0.542	0.043 6	带垦打穴整地
年珠林场	1991~ 1995	1 402.94	3	1.470	0.105	0.005 1	穴垦整地
山下林场	1984~ 1988	1 291.75	1	2.864	0.222		皆伐迹地
平 均		1 479.92		5.461	0.367	0.100 5	

2.1.2 中龄林阶段的水土流失 中龄林阶段的水土流失量是通常设置在上村林场同一地点(海拔 300 m)、11 年生的林分 6 个不同强度(不同保留密度)间伐试验样地的迳流场进行观测的,包括不同坡位、坡度($2^{\circ} \sim 39^{\circ}$)和不同的土壤透水性($4.38 \sim 13.38 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$)及不同的郁闭度(0.58~ 0.88)的林分。样地基本情况见表 2^[3]。

表 2 杉木中龄林间伐样地迳流场基本情况

样地号	项 目	间 伐		地位 指数	坡 度	坡 位	0~ 15 cm 土壤容 重/($g \cdot cm^{-3}$)	表层土壤透水 度/($cm \cdot min^{-1}$)	土层厚 度/cm	间伐日期	
		前	后								强度/%
6 对 照	密度/($株 \cdot hm^{-2}$)	2 950	2 950								
	郁闭度	0.88	0.88	不 间 伐	16	27°30'	1.06	4.38	> 100		
	H/m	9.8	9.8								
	D/cm	11.9	11.8								
密度/($株 \cdot hm^{-2}$)	2 685	1 920									
5	郁闭度	0.74	0.61	28.5	16	36°30'	0.96	6.28	> 100	1987年冬	
	H/m	9.1	9.2								
	D/cm	12.0	12.8								
	密度/($株 \cdot hm^{-2}$)	2 280	1 545								
3	郁闭度	0.87	0.69	32.2	16	2f°30'	0.91	13.38	96~ 100	1986年冬	
	H/m	9.1	9.4								
	D/cm	11.4	12.2								
	密度/($株 \cdot hm^{-2}$)	2 520	1 995								
2	郁闭度	0.84	0.58	20.8	16	2d°	1.0	5.23	> 100	1986年冬	
	H/m	8.3	8.5								
	D/cm	10.8	11.3								
	密度/($株 \cdot hm^{-2}$)	3 510	1 550								
(对 照)	郁闭度	0.87	0.70	27.4	14	39°40'	0.93	7.57	100	1987年冬	
	H/m	8.4	8.7								
	D/cm	9.8	10.4								
	密度/($株 \cdot hm^{-2}$)	2 745	1 834								
1	郁闭度	0.84		33.2	14	27°		5.89	> 100	1992年伐, 1987年 建样地	
	H/m	8.2	13.2								
	D/cm	9.5	11.1								
	密度/($株 \cdot hm^{-2}$)	2 745	1 834								

注: H: 高; D: 胸径; 造林时间均为1978年春; 土壤类型为黄壤。

该项试验于1988年建立样地并开始观测,到1995年结束,共8 a。各样地8 a 平均的迳流量和土壤侵蚀量见表3。从表3可以看出,在年降水量平均1 700 mm的情况下,年迳流量每公顷9~86 m³,个别的达到135.657 m³,平均50.698 m³,年平均迳流量为5.070 mm。迳流系数通常为0.055%~0.505%,最大的达0.788%,平均为0.295%。平均迳流量不大,迳流系数不到1%。但是迳流量在样地间差异比较明显,这与土壤渗透性及林下植被覆盖度大小有密切关系。侵蚀量很轻微,6个样地年均土壤侵蚀量只0.018 07 t·hm⁻²。其中样地6流失量最大,为0.043 63 t·hm⁻²,是因其地表迳流也最大,土壤渗透性差(为4.38 mm·min⁻¹),样地3最少,是因其迳流量小,土壤渗透性良好(为13.38 mm·min⁻¹)。因此表明间伐即使是较大强度的间伐,也不会产生大的土壤流失。这是因为土壤由板页岩发育而来的,抗蚀能力较强(土壤腐殖层厚,容重低,渗透性较强)。加以间伐后林下植被发展迅速,据观测,凡经间伐的样地,林下植被盖度从第4年开始达到了34%~84%,第5年达到了53%~99%,第8年达到73%~100%。间伐强度愈大的样地,林下植被发展愈迅速,盖度愈大,有利于水土保持。

表3 不同保留林分密度林地1988~1995年的迳流量和土壤侵蚀量

项 目	样地1	样地2	样地3	样地4	样地5	样地6	平 均
平均迳流/(m ³ ·hm ⁻² ·a ⁻¹)	9.540	28.024	11.819	32.226	86.923	135.657	50.698
迳流量/mm	0.954	2.802	1.182	3.223	8.692	13.566	5.070
年平均降水量/mm	1 722.6	1 722.6	1 722.6	1 722.6	1 722.6	1 722.6	1 722.6
迳流系数/%	0.055	0.163	0.069	0.187	0.505	0.788	0.295
平均侵蚀量/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	0.012 02	0.014 72	0.006 44	0.013 67	0.017 91	0.043 63	0.018 07
土壤侵蚀模数(t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	1.202	1.472	0.644	1.367	1.791	4.363	1.807 00

2.1.3 近熟林分的地表迳流 该项研究属林业部重点项目“亚热带杉木人工林水源涵养、水土保持效益研究”的内容,由马雪华、杨茂瑞等同志进行观测研究^[4,5]。设置2个集水区,大坝为1.63 hm²,小坝为0.63 hm²;杉木人工林均为18年生(1984年),地位指数16,郁闭度0.7,平均高10.60~13.45 m,平均胸径11.4~14.8 cm,每公顷2100~2 300株;林下植被盖度为45%。共进行了5 a的观测(到林龄23 a),结果见表4。

表4 大坝和小坝集水区历年迳流量

观测日期 (年月)	大 坝			小 坝		
	降水量/ mm	迳流量/ mm	迳流系数/ %	降水量/ mm	迳流量/ mm	迳流系数/ %
1984-04~12	1 157.25	5.586 1	0.483	1 157.25	50.779 4	4.388
1985-01~12	1 287.10	2.517 8	0.196	1 287.10	11.098 4	0.862
1986-01~12	1 375.1	3.025 4	0.220	1 375.1	41.441 9	3.014
1987-01~12	1 419.75	27.032 9	1.412	-	-	-
平 均	1 309.3	9.540 5	0.578	1 273.15	34.435 9	2.705

注:迳流包括地表及土内迳流。

从表4可以看出,在降水量1 309.3 mm的情况下,大坝和小坝杉木人工林地的平均迳流量21.99 mm。平均迳流系数为1.642%。但由于林冠及林下植被及枯落物的过滤,侵蚀量为微量,故未测定。也就是杉木成林很少有侵蚀或微有泥沙流失,可以忽略不计。近熟林的迳流系数比中龄林的大,这是因为近熟林中包括着土内迳流。

2.2 杉木人工林的养分损耗

2.2.1 幼林阶段养分损耗^[1]

2.2.1.1 迳流的水质分析 表5表明,各个迳流场组迳流中养分含量不同,因此采用平均值表示地表迳流中养分含量。迳流养分含量以K为最高,其次为N,最少为P。此外年珠林场穴垦的养分含量高,是与那里土壤表土层较厚,土壤较肥沃,加以观测年限较少有关。

表5 不同地点杉木幼林地迳流的水质分析结果

地 点	养分含量/(mg·L ⁻¹)			备 注
	N	P	K	
山下林场(带垦)	3.492 0	0.113 0	28.108	4个迳流场,各5个样品的平均值
山下林场(带垦打穴)	0.987 1	0.061 1	8.368	3个迳流场,4a每年各1次分析的平均值
年珠林场(穴垦)	4.806 7	0.040 4	146.358	3个迳流场2a每年1次的平均值
平 均	3.095 3	0.071 5	60.945	

养分含量不同的原因十分复杂,但根据研究分析,与整地方式关系不大。主要与土壤条件和观察年限有关。如整地造林后的第1年养分含量大,随后逐年下降,到林分郁闭后差别较小呈正常状态。

从表6看出,造林后第1年地表迳流中的养分含量最高,N、P、K分别是第2年的13.87、1.73、6.51倍,N、P、K含量分别是第4年的42.07、9.88、41.93倍。因此观察年数少,养分含量的代表性差。第1年的值最大是因为炼山之后,可溶性养分多,特别是N和K,但第2、3年后明显下降。

表6 造林后地表迳流养分流失量的年变化

地 点	观测年份	养分含量/(mg·L ⁻¹)		
		N	P	K
山下林场 (带垦打穴)	1992	3.517 0	0.170 0	28.343
	1993	0.253 6	0.098 1	4.355
	1994	0.094 2	0.019 0	0.970
	1995~1996	0.083 6	0.017 2	0.676
	平 均	0.987 1	0.061 1	8.368

2.2.1.2 侵蚀泥沙的养分损失 造林地土壤流失的养分,主要存在于侵蚀泥沙中,各组迳流泥沙中多年测定的养分含量见表7。表7表明,在侵蚀泥沙中有机质含量普遍较高,达到35.92~57.60 g·kg⁻¹,平均为49.75 g·kg⁻¹。其次是K,全K含量达到13.20~24.69 g·kg⁻¹,平均为19.05 g·kg⁻¹,速效K含量平均达36.142 mg·kg⁻¹。不同地点的全N含量很接近,平均为1.58 g·kg⁻¹,速效N含量有较大变幅,少的只有1.434 mg·kg⁻¹,多的达到3.083 mg·kg⁻¹。P的含量较低(只有个别高),但林木生长对P的反应最敏感,因红黄壤中普遍缺P。

表7 不同地点杉木幼林地侵蚀泥沙的养分损失量

地 点	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全N/ (g·kg ⁻¹)	全P/ (g·kg ⁻¹)	全K/ (g·kg ⁻¹)	速效N/ (mg·kg ⁻¹)	速效P/ (mg·kg ⁻¹)	速效K/ (mg·kg ⁻¹)	备 注
山下林场(带垦)	57.6	1.54	0.30	24.69	-	-	-	4个迳流场平均
上村林场(不同整地)	51.35	1.79	1.46	13.20	1.702	0.082	16.047	3个迳流场平均
山下林场(带垦打穴)	54.13	1.54	0.45	16.36	1.434	0.071	90.880	3个迳流场平均
年珠林场(穴垦)	35.92	1.46	7.03	21.93	3.083	0.023	1.499	3个迳流场平均
平 均	49.75	1.58	2.31	19.05	2.073	0.059	36.142	

2.2.2 幼林阶段养分损失 关于整个幼龄阶段的地表迳流中养分损失估计,由于缺乏连续10a的迳流场观测资料,4个地点均为3~5a,1个为7a。但从地表迳流养分含量年变化中可以得知,造林后4~5a地表迳流中养分含量已接近于稳定状态,因此假定在造林后的第6~10

年的地表径流中元素含量与第4~5年无明显差异,这样将6~10年生幼林地地表径流的养分含量按4~5年生幼林地地表径流的养分含量进行推算,得出表8的幼林阶段地表径流养分含量估计值。从多年观测看,地表径流量似乎与林龄关系不很密切,因此采用观测年份的平均径流量加以估计,不会产生大的出入。

侵蚀泥沙中的养分损失见表7。人工林

郁闭后很少产生侵蚀,根据上村林场不同整地方式7a的测定结果,各种整地方式造林第4年后土壤侵蚀均为零,其它4组为微量,故认为5a以后土壤侵蚀量可以略而不计。

根据幼龄林年地表径流量、年土壤侵蚀量、地表径流及泥沙中的养分含量估计出幼龄林(1~10年生)养分流失量。从表8可知,幼龄林阶段地表径流平均带走的N、P、K分别为0.674、0.027、13.997 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。根据表1,幼龄林阶段平均地表径流量为 $54.6\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,即通过地表径流带走的N、P、K分别为0.0368、0.00015、0.76423 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。在表7中列出了幼龄林阶段侵蚀泥沙的养分含量平均值,每吨流失土壤带走有机质49.75 kg、N 1.58 kg、P 2.31 kg和K 19.05 kg。根据表9,幼龄林阶段年土壤侵蚀量为 $100.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,即每年每公顷流失有机质5.005 kg、N 0.203 kg、P 0.234 kg和K 2.714 kg。在杉木人工林幼龄阶段,土壤侵蚀总量为 $1005.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,地表径流总量为 $546.0\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。由土壤侵蚀及地表径流引起的养分流失总量为:有机质 $50.049\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,N $2.029\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,P $2.338\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,K $27.142\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

表9 杉木人工林幼龄林的水土流失及养分流失量

发育阶段	土壤侵蚀/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	地表径流量/ ($\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$)	养分损失量/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)				有机质/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)
			N	P	K	合计	
幼龄林(10a)	$100.5\times 10=1005.0$	$54.6\times 10=546.0$	2.0290	2.3376	27.1417	31.5083	50.049

2.2.3 中龄林阶段的养分流失量

2.2.3.1 径流与泥沙的养分含量 中龄林间伐林分径流中水质与泥沙的养分含量是6块径流场的平均值(表10)。从表10看出,由于有林冠和地被物的保护,中龄林地地表径流和泥沙的养分含量均低于幼林地径流的养分含量,有机质的流失量相当于幼龄林的67%,全K的含量是幼龄林的4%。

表10 杉木中龄林间伐林分径流泥沙养分流失量

地表径流/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			泥沙/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)			泥沙/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)			
N	P	K	有机质	全N	全P	全K	速效N	速效P	速效K
1.2498	0.4765	18.4444	33.643	1.365	0.305	0.990	12.6829	2.7389	13.5761

2.2.3.2 中龄林养分损耗 根据表3中中龄林(11~19a)间伐样地6个径流场8a的径流及泥沙侵蚀量的测定结果,可知平均径流深为5.698 mm,即每年每公顷径流量为 50.698 m^3 。根据表10地表径流的养分含量计算出每年每公顷径流中流失的养分,N为0.0634 kg,P为

表8 不同整地方式条件下幼龄阶段地表径流养分含量的平均值 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

地点	整地方式	速效N	速效P	速效K
山下林场	带垦	0.442	0.027	3.808
山下林场	带垦打穴	0.445	0.041	3.840
年珠林场	穴垦	1.135	0.012	34.342
平均		0.674	0.027	13.997

注:幼龄林阶段1~10a平均值。

0.024 16 kg, K 为 0.935 1 kg, 合计为 1.022 7 kg。10 a 中每公顷迳流输出的养分总量为 10.227 kg。

平均土壤侵蚀量每年为 $0.018\ 07\ t \cdot hm^{-2}$ (即 $18.07\ kg \cdot hm^{-2}$), 根据表 11 计算出泥沙中养分流失总量为每年每公顷 0.209 6 kg, 有机质 0.608 0 kg。10 a 的养分流失总量为 $2.096\ 0\ kg \cdot hm^{-2}$, 有机质 $6.080\ 0\ kg \cdot hm^{-2}$ 。这说明流失很轻微。

表 11 杉木中龄林侵蚀泥沙中养分流失量

 $kg \cdot hm^{-2}$

项 目	有机质	全 N	全 P	全 K	速效 N	速效 P	速效 K	养分总和
每年养分流失量	0.608 0	0.024 7	0.005 5	0.178 9	0.000 23	0.000 05	0.000 25	0.209 6
10 a 养分流失量	6.080 0	0.247 0	0.055 0	1.789 0	0.002 30	0.000 50	0.002 50	2.096 0

2.2.4 近熟林阶段的养分流失量 以马雪华先生在亚林中心的 1 号迳流堰的观测数据作为主要依据。历年平均迳流深为 9.540 5 mm (表 4), 即年迳流量为 $95.405\ m^3 \cdot hm^{-2}$ 。迳流水养分含量如表 12 (9 次的平均值)。从表 12 可知, 每年每公顷迳流带走的养分为 2.156 81 kg, 其中 K 最大为 1.272 0 kg, 其次是 N 为 0.881 03 kg, P 的流失量较少。5 a 共流失养分 $10.784\ kg \cdot hm^{-2}$ 。应该说明, 上述养分流失包括相当部分的土内迳流, 不全是地表迳流带走的, 即使如此, 流失量也是轻微的。

表 12 杉木近熟林林地迳流养分流失量

项 目	N	P	K	养分流失总量
迳流中养分含量/ $(mg \cdot L^{-1})$	9.274 1	0.032 4	14.394 0	23.700 5
流失量/ $(kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1})$	0.881 03	0.003 78	1.272 0	2.156 81

注: 平均迳流量为 $95.405\ m^3 \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ 。

2.3 杉木人工林 25 a 中水土及养分流失量

25 年生的杉木人工林水土流失量及养分损失量见表 13。从表 13 看出, 25 年生的杉木林在整个经营过程中, 侵蚀量每公顷为 1 185.7 kg, 迳流量每公顷为 $1\ 530.23\ m^3$, 养分损失量为 35.756 kg, 有机质损失 56.28 kg。而根据参考文献 [1], 在亚林中心山下林场的条件下, 降水中的 N 为 36.945~60.650 $kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ (多年多次测定结果表明, 当地水中含 N 量较高), P 为 0.236 $kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$, K 为 10.671 $kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ 。无论是养分总量, 还是 N、P、K 等养分, 水中带入的养分比水土流失中带走的养分要多。

表 13 25 年生杉木林林地的水土流失及养分损失量

发育阶段	侵蚀量/ $(kg \cdot hm^{-2})$	迳流量/ $(m^3 \cdot hm^{-2})$	养分损失量/ $(kg \cdot hm^{-2})$				有机质
			N	P	K	合计	
幼龄林	1 005.0	546.00	2.029	2.337	27.142	31.508	50.49
中龄林	180.7	506.98	0.247	0.055	1.789	2.091	6.08
近熟林	-	477.25	4.405	0.019	6.360	10.784	-
合 计	1 185.7	1 530.23	6.681	2.411	35.291	44.383	56.57

3 结 论

(1) 在杉木人工林经营的过程中, 水土流失量以幼林阶段为最大, 其次为中龄林阶段, 最小

是近熟林阶段。幼林阶段地表径流量为 $546.0 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 侵蚀量为 $1\,005.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 养分流失量为 $31.508 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 有机质流失量为 $50.490 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 中龄林阶段地表径流量为 $506.98 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 侵蚀量为 $180.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 养分流失量为 $2.091 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 有机质流失量为 $6.08 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 近熟林阶段径流量为 $477.25 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ (包括土内径流), 养分流失量 $10.784 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

(2) 幼龄林阶段土壤侵蚀量以造林当年为最大, 以后逐年减少; 而地表径流量大小年度间无十分明显规律, 径流量大小主要取决于降水量的大小、雨的强度及地表覆盖状况。在同一降水条件下不同径流组之间地表径流量及径流系数有较大差别, 这主要取决于土壤的结构与渗透性和地表覆盖状况。

(3) 板页岩发育的土壤有较强的抗蚀性, 在整个杉木林经营与生长发育过程中, 水土流失量很小, 在 25 a 中, 总的径流量为 $1\,530.23 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 侵蚀量为 $1\,185.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 流失有机质 $56.28 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 养分流失量为 $44.383 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其中主要为 K 肥 ($30.203 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。养分的输出小于降水中养分的输入。因此在杉木人工林经营中, 仅就地表径流及侵蚀量而论, 在板页岩发育的土壤上不会导致土壤退化。

参考文献:

- [1] 盛炜彤. 杉木幼林水土流失及养分损耗的研究[J]. 林业科学, 1999, 35(Sp. 1): 84~ 90.
- [2] 张先仪, 邓宗付, 李旭明. 山区不同整地方式的水土保持效益和杉木幼林生长效果的研究[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 135~ 139.
- [3] 张先仪, 盛炜彤. 杉木人工林不同保留密度对林下植物发育和水土保持影响的研究[A]. 见: 盛炜彤. 杉木建筑材优化栽培模式研究[M]. 世界林业研究, 1996, 9(专集): 168~ 206.
- [4] 马雪华. 降水在杉木和马尾松人工林养分循环中的作用[J]. 林业科学研究, 1988, 1(2): 123~ 130.
- [5] 马雪华, 杨茂瑞. 杉木、马尾松人工林径流特征的研究[J]. 林业科学研究, 1992, 5(3): 284~ 289.

A Study on Soil Erosion and Nutrient Loss in Chinese Fir Plantation

SHEN G Wei-tong

(Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: A long-term study was conducted on the soil and water conservation as well as the nutrient cycling in the juvenile, middle-aged and pre-mature Chinese fir plantation located in three forest farms attached to the Subtropical Forestry Experimental Center, Chinese Academy of Forestry (CAF) in Fenyi County of Jiangxi Province from 1984 to 1996. The results showed that the degree of soil erosion and nutrient loss occurred in Chinese fir plantation decreased with the increase of plantation age from juvenile to middle-aged and to pre-mature ones. For example, in the juvenile plantation the surface runoff was $546.0 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, soil loss was $1\,005.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, while in the middle-aged plantation the surface runoff was $506.98 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, the soil loss was only $180.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and in the pre-mature plantation the surface runoff was $477.25 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, the soil loss was almost zero. For the nutrient loss, the loss of organic matter and the total loss of N,

P, K were $50.049 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $31.508 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in the juvenile plantation, $6.080 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $2.096 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in the middle-aged plantation, and $10.784 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in the pre-mature plantation. In the juvenile plantation, the soil loss occurred in maximum amount during the first year when the plantation was established and decreased year by year and came to an extremely little amount 4 years after the plantation establishment. For the surface runoff, it seemed no significant relation to the plantation age. In the plantation with soil derived from slate, it had stronger resistance against soil erosion. However, during the whole rotation of Chinese fir plantation in 25 years, the total loss of soil or nutrient was very little, with accumulated amount of $1530.23 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ of surface runoff, $1185.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of soil loss, $56.28 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of organic matter and $44.383 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ of N, P, and K nutrients. K lost the most among all kind of nutrient elements. It was concluded that there would be no soil degradation in the Chinese fir plantation grown and managed at the site with soil derived from slate.

Key words: Chinese fir plantation; soil erosion; nutrient loss

欢迎订阅《西北林学院学报》

《西北林学院学报》是全国中文林业类核心期刊、全国高校优秀学报、陕西省优秀科技期刊。是由西北农林科技大学主办的以林业科学为主的综合性自然科学学术期刊。主要刊登国内外林业科学研究新成果、新动态。内容主要为林木遗传育种、林木培育、森林经营、经济林、水土保持、园林绿化与设计、森林资源及其保护、木材学及木材工业、林产化工、林业机械、林业经济等学科和有关基础理论学科方面的学术论文、研究报告、文献综述、试验简报、学术动态及林业新书简介等。

主要阅读对象: 农林高等院校师生、林业科技工作者及有关综合性大学生物专业师生。

本刊为季刊, 季中月下旬出版, 大16开本, 每期96页, 每期定价8.00元, 全年32.00元。公开发行, 全国各地邮局(所)均可订阅, 邮发代号: 52—99。国外发行委托中国教育图书进出口公司代理, 代号: JNSC—88。欢迎订阅, 欢迎投稿!

编辑部地址: 陕西 杨陵 西北农林科技大学西林校区

邮政编码: 712100

联系电话: (029) 7082059