

176-183

1966(8)

第17卷第2期  
1997年3月生态学报  
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 17, No. 2  
Mar., 1997

# 不同林地清理方式对杉木人工林生态系统的影晌

马祥庆 杨玉盛 林开敏 刘爱琴 何智英

(福建林学院, 南平, 353001)

A

摘要 在杉木中心产区福建尤溪建立径流场, 进行不同林地清理方式对杉木人工林生态系统影响的6a定位研究结果表明, 炼山清理迹地导致了林地严重的水土流失, 炼山后6a中林地的水、土、肥流失分别达8767.32 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、38.00 t/hm<sup>2</sup>、523.16 kg/hm<sup>2</sup>, 分别是不炼山林地的3.10、19.70、6.10倍。两种清理方式林地流失量差异随时间推移逐年缩小, 至第6年趋于一致, 炼山具有短期肥效应, 经雨季冲刷, 林地肥力急剧下降, 至幼林郁闭, 肥力趋于稳定, 不炼山林地经采伐残余物分解, 林地养分得到富集。炼山能明显提高杉木造林成活率, 短期内促进杉木生长及林下植被发育, 炼山持续时间虽短, 但其对杉木人工林生态系统的影响是长期的。

关键词: 林地清理, 杉木, 炼山, 人工林, 生态学;

## EFFECT OF DIFFERENT GROUND CLEARANCE ON CHINESE FIR PLANTATION ECOSYSTEMS

Ma Xiangqing Yang Yusheng Lin Kaimin Liu Aiqin He Zhiying

(Fujian Forestry College, Nanping, Fujian, 353001, China)

**Abstract** Through the long-term runoff observation in Youxi county, Fujian Province, the effect of different ground clearance on chinese fir plantation ecosystems has been studied for six years. The results are as follows: Serious soil erosion from chinese fir plantation is caused by control burning. The loss of water, soil and nutrient in control burning site during six years are 8767.32 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 38.00 t/hm<sup>2</sup> and 523.16 kg/hm<sup>2</sup>, respectively, which are 3.1, 9.7 and 6.1 times of that of non-burning sites, but the difference of soil erosion between control burning and non-burning sites is getting smaller in after years; Control burning might have a short-term benefit for soil fertility. But after rainy period, it would be disappeared and then the soil fertility decreased rapidly until the stand closed; The nutrients of surface layer in non-burning sites would be enriched, due to the decomposition of the slash, its soil fertility has

- 本研究为国家“七五”攻关课题《杉木人工林集约栽培技术》组成部分, 课题负责人为俞新妥, 参加工作的还有何宗明、吴耀洪、李振同等。

收稿日期: 1995-06-21, 修改稿收到日期: 1996-01-25。

been improved; Moreover control burning can enhance the survival rate of chinese fir seedlings and their growth and development of undergrowth during a short period.

**Key words:** ground clearance, chinese fir, control burning.

在我国南方林区, 采伐剩余物多, 迹地清理困难, 在长期的营林实践中, 广大林农创造出了炼山(control burning)这一经济方便的林地清理方式, 成为传统栽杉技术的重要环节, 在我国南方林业生产中起着重要作用<sup>[1~3]</sup>。随着近年来杉木连栽地力衰退日趋严重, 炼山引起的生态问题更加引起人们的关注。虽然国内外学者对炼山做过许多研究和评述, 但缺乏定量、系统、长期的研究; 对炼山利弊众说纷纭<sup>[1~7]</sup>。鉴于此为比较不同林地清理方式对杉木人工林生态系统的动态影响, 正确评价炼山利弊, 揭示杉木地力衰退机理, 作者从 1986 年起在杉木中心产区福建尤溪建立了不同林地清理方式的径流场, 进行了不同林地清理方式对林地水土流失、土壤水分性质、结构、孔隙状况、化学性质、土壤酶活性、微生物数量、杉木生长及林下植被变化等进行了 6 a 的定位研究。

### 1 径流场概况

径流场设于福建尤溪县(东经 117.8°~118.6°, 北纬 25.8°~26.4°)林业科学研究所后山, 属戴云山森林立地区闽中低山丘陵区, 系侏罗系下统陆相沉积岩, 为粉砂岩发育的山地红壤, 属中亚热带大陆性与海洋性兼并季风气候, 年降雨量 1599.6 mm, 年蒸发量 1323.4 mm, 年均气温 18.9℃, 历年最大日降雨量 131.7 mm, 3~6 月为多雨季节, 这 4 个月降雨量占全年降雨量的 56%。

选取林地清理方式及坡度两个试验因素设计径流小区(表 1)。每个径流小区由长方形小区、倒梯形集水槽、积流池和工作房组成。

表 1 径流小区设计表  
Table 1 Design of runoff plots

小区号 Number of plot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
坡 度 Slope degress	8°	8°	8°	19°	19°	19°	24°	24°	24°	24°	32°	32°
林地清理方式 Ground clearance	C	C	N	C	C	N	C	C	N	N	C	N

\* C: 炼山 Control burning. N: 不炼山 No burning.

## 2 定位研究项目及方法

### 2.1 降雨因子测定

在径流场中部设自记雨量计, 自动记录降雨过程。

### 2.2 水、土、肥流失测定

**2.2.1 径流量及产流过程** 每次降雨后记录池内水位, 计算池内混水总量, 过堰时加上过堰量, 过堰量按  $Q=1.4174 H^{2.5}$  计算(其中  $H$  为过堰水深), 由工作房内的自记水位计记录产流过程。

**2.2.2 泥沙量** 在积水池内分别悬移质和推移质取样测定。

2.2.3 养分流失量 测定每场降雨水样中养分,速效磷、速效钾、水解性N, pH值直接用新鲜水样分析,有机质、全N、全P、全K均取一定水样浓缩后按常规方法分析<sup>[8,9]</sup>。

### 2.3 土壤肥力监测

在炼山、不炼山径流场内于1987年炼山前、炼山后5d,1个月、雨季后,1988~1990年雨季前、雨季后及1991~1992年雨季后取样。水分物理性质用环刀法<sup>[8]</sup>,团聚体组成用机械筛分法<sup>[9]</sup>,机械组成用吸管法<sup>[8]</sup>,化学性质、酶活性及微生物数量均按常规法测定<sup>[9~11]</sup>。

### 2.4 杉木生长及林下植被调查

每年定期调查各小区杉木生长及林下植被动态。

## 3 结果与讨论

### 3.1 不同林地清理方式对林地水土流失的影响

3.1.1 水土流失 不同林地清理方式通过不同方式分解采伐剩余物导致了林地水土流失的明显差异(表2)。在杉木炼山后6a中,炼山林地的水土流失分别为8767.32 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>和38.00 t/hm<sup>2</sup>,其中第1年的土壤侵蚀量已超过中度侵蚀标准<sup>[12]</sup>,其前两年的流失量占6a流失总量的59.07%和92.43%。随杉木幼林生长,流失量呈逐年递减趋势,至第6年已接近土壤的自然侵蚀量<sup>[13]</sup>。可见炼山林地水土流失的危险期主要在炼山后前两年。不炼山林地6a的水土流失量仅为炼山林地的1/3和1/20,其流失量前3a呈逐年递增趋势,第4年后开始下降,这样随时间推移两种清理方式林地水土流失差异逐渐缩小,至第6年趋于一致。

表2 不同林地清理方式对水土流失的影响(1987~1992)  
Table 2 The loss of soil and water in different ground clearance sites

		林地清理后年份数 Years after ground clearance (a)						合计 Total
		1	2	3	4	5	6	
液体径流量 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	C	2743.29	2435.70	1757.38	725.33	624.10	481.52	8767.32
Runoff loss	N	252.84	378.40	491.54	629.24	570.05	479.82	2801.89
固体径流量 (t/hm <sup>2</sup> )	C	24.811	10.316	1.871	0.396	0.324	0.286	38.004
Soil loss	N	0.283	0.363	0.364	0.339	0.302	0.283	1.934
径流系数	C	0.188	0.226	0.128	0.054	0.045	0.0343	0.6753
Runoff coefficient	N	0.017	0.035	0.034	0.047	0.0411	0.0342	0.2083

注:表中数值为8°、19°、24°、32°、坡度小区的平均值,C:炼山,N:不炼山。

Note: The figures as above are mean value of different slope degree plots(8°, 19°, 24°, 32°).

3.1.2 养分流失 水土流失的结果导致了林地养分的大量流失(表3),炼山后6a林地的有机质、全N、全P、全K流失量达1055.527、30.376、10.046、482.739 kg/hm<sup>2</sup>,分别是不炼山林地的7.0、5.0、6.0、6.2倍,以有机质与K素的流失最为严重,目前我国每年杉木造林达13万hm<sup>2</sup>,如此大面积炼山造成的养分流失是相当可观的。大量的养分输出杉木幼林生态系统,必然引起林地养分贮量减少,进而导致了林地肥力下降,从这可看出杉木连栽地力下降,炼山不能不是一个重要原因。

表 3 不同林地清理方式林地的养分流失量(kg/hm<sup>2</sup>)

Table 3 The loss of nutrients for different ground clearance sites

项目 Item	有机质 Organic matter	全 N Total N	全 P Total P	全 K Total K	水解性 N Hydroly- sable N	速效 P Rapidly available P	速效 K Rapidly available K
1987 C	489.394	10.202	6.779	246.745	4.742	2.194	47.263
N	33.602	0.470	0.397	22.654	0.195	0.134	9.055
1988 C	381.216	9.147	1.167	149.312	3.968	0.282	19.916
N	33.287	0.845	0.137	20.216	0.545	0.042	4.512
1989 C	118.744	7.704	1.131	66.852	3.509	0.121	5.281
N	30.479	1.829	0.266	14.861	0.786	0.027	1.680
1990 C	29.916	1.313	0.392	7.640	0.617	0.036	1.153
N	20.248	1.030	0.315	8.169	0.433	0.040	1.258
1991 C	19.236	1.062	0.304	6.22	0.341	0.033	1.204
N	18.472	0.978	0.297	6.09	0.330	0.031	1.231
1992 C	17.021	0.948	0.273	5.79	0.311	0.030	1.124
N	16.972	0.943	0.270	5.92	0.307	0.029	1.142
合计	1055.527	30.376	10.046	482.739	13.488	2.696	75.941
Total	153.06	6.095	1.682	77.910	2.596	0.303	18.878

\* C: 炼山 Control burning; N: 不炼山 No burning

**3.1.3 产流过程** 自记水位计观测表明,炼山林地由于地表裸露,林地径流形成早,径流洪峰出现快;而不炼山,林地有采伐剩余物覆盖,截留降雨,分散径流,降低流速,增加入渗,其径流形成的时间在造林后前 3 a 可比炼山林地推迟 5~15 min,径流洪峰时间推迟 3~15 min,其最大流量也仅是炼山林地的  $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ ,造林第 4 年后,由于不炼山林地采伐剩余物分解及幼林郁闭,两种清理方式林地产流过程差异缩小。

### 3.2 不同林地清理方式对土壤肥力的影响

**3.2.1 炼山对土壤肥力的影响** 根据炼山林地肥力 6 a 的定位测定(表 4,表 5),炼山对杉木人工林地力的影响可分为 3 个时期(图 1,图 2)。

**激肥效应期(炼山~炼山后第 1 个雨季前)**,炼山骤然改变了林地生境,林地有机质、全氮烧失 6.64%和 9.65%,短期内容重下降,林地表层水分物理性质得到改善,速效养分大量增加,土壤矿质化过程加强,微生物繁殖加快。炼山后 5 d 微生物总数增为炼山前的 2.54 倍,林地水解酶及氧化还原酶活性均增强,林地肥力状况得到一定改善。炼山对肥力的影响随土层加深而减弱,其中对 0~10 cm 土层影响最大,20~40 cm 土层基本不受影响。

**肥力下降期(炼山后第 1 个雨季~第 4 个雨季后)**,炼山后林地裸露,经 4 个雨季冲刷,细小土粒堵塞土壤孔隙,影响水分下渗,地表形成结皮,容重增大,孔隙度变小,林地水分物理性质恶化,土壤可蚀性增加,林地养分大量流失,养分贮量减少,炼山第 4 年雨季后,林地有机质、全 N 分别比炼山前下降 10.06%和 29.56%。林地三大类微生物数量大大减少,大部分水解酶及氧化还原酶活性呈下降趋势,营养物质转化过程变缓,使得炼山后略有改善的肥力急剧下降。

**肥力稳定期(炼山后 5~6 a)**,此时期随杉木幼林郁闭,林地产生森林效应,其水土流失大大减少,林地水分物理性质恶性化得到一定缓和,土壤各项养分变化较稳定,土壤微

生物数量又趋于增加,其中放线菌、氨化细菌增加较明显,除淀粉酶外,林地水解酶及氧化还原酶活性呈增加趋势,林地生物活性及物质转化过程又趋于加强,炼山后肥力下降趋势得到缓和。

3.2.2 不炼山对土壤肥力的影响 不炼山对土壤肥力的影响可分为3个时期(图1、图2)。

采伐物分解初期(杉木造林~造林后1a),此时期林地大量的采伐剩余物刺激了微生物的增殖,林地表层土壤各微生物类群数量呈递增趋势,土壤水解酶活性增强,其中淀粉酶、转化酶活性增加较明显,氧化还原酶变化较平缓,降雨很大部分转为地下径流,林地养分指标变化不大。

采伐物分解高峰期(杉木造林第2~第3年),此时期林地降水淋溶强烈,土壤微生物大量增殖,真菌,放线菌在此时期增殖到6a最大值,纤维素分解菌、氨化细菌分别增殖为第1年的4.07和9.70倍,林地水解酶及氧化还原酶活性大大增强,其中脲酶、蛋白酶活性在此时期达到6a最大值,采伐剩余物在此时达到分解高峰,表层土壤养分略有增加,土壤团聚体分散系数下降,林地结构状况得到改善。

采伐物分解末期(杉木造林第4~第6年),此时期初林地表层微生物数量呈下降趋势,后期趋于稳定,林地水解酶活性下降,而氧化还原酶活性增强,第6年林地 $H_2O_2$ 酶活性比第3年增加13.05%,林地以腐殖质合成作用占优势,林地养分及物理性质指标趋于稳定,林地采伐物分解过程基本结束。

表4 不同林地清理方式对土壤酶活性的影响

Table 4 Effect on soil enzyme in different ground clearance sites

取样时间 Sampling time	$H_2O_2$ 酶	过氧化物酶	转化酶	淀粉酶	脲酶	蛋白酶	
	0.02 mol $KMnO_4$ (ml/g 土)	30 min 没食子素 (ml/g 土)	0.05 mol $Na_2S_2O_3$ (ml/g 土)	0.05 mol $Na_2S_2O_3$ (ml/g 土)	48h. $NH_4$ (mg/g 土)	20h. $NH_4-N$ (mg/100g 土)	
	Catalase	Peroxidase	Sucrase	Amylase	Urease	Protease	
1987	BC	30.20	168.00	6.45	0.325	0.998	43.31
	CAF	35.20	297.00	9.65	0.725	0.885	57.94
	CAR	23.00	312.00	6.42	0.580	1.160	42.30
	N	21.00	315.00	8.82	0.580	1.168	55.49
1988	C	44.75	117.18	7.30	0.35	2.40	43.16
	N	48.82	134.95	7.80	0.54	2.53	56.02
1989	C	36.58	178.23	7.24	0.43	2.59	38.29
	N	43.84	121.35	7.69	0.46	3.36	53.95
1990	C	37.95	139.79	10.47	0.15	3.52	40.42
	N	49.56	130.16	7.65	0.45	2.74	48.62
1991	C	38.05	130.67	7.42	0.42	2.59	42.41
	N	39.75	120.72	7.64	0.47	2.62	47.51
1992	C	38.02	131.04	7.48	0.40	2.54	42.59
	N	40.02	120.49	7.68	0.49	2.74	48.10

\* BC: 炼山前 Before control burning, CAF: 炼山后 5d five days after control burning,

CAR: 炼山雨季后 Control burning after rainy season, C: 炼山 Control burning, N: 不炼山 No burning.

表 5 不同林地清理方式对林地微生物的影响

Table 5 Effect on soil microorganisms in different ground clearance sites

取样 Sampling	时间 time	细菌 Bacteria	放线菌 Actinomycetes	真菌 Fungi	纤维素分解菌 Cellulose decomposing bacteria	氨化细菌 Ammoniated bacteria	好气性固 N 菌 Aerobic nitrogen fixing bacteria	嫌气性固 N 菌 Anaerobic nitrogenfixing bacteria	总数 Total
1987 年	BC	762	34	22	2.537	592	3.806	38.061	818
	C A F	1935	106	38	4.212	1786	6.382	125.650	2079
	C A R	1410	64	65	1.282	295	0.333	1.170	1539
1988 年	N	1996	103	101	1.923	338	0.348	1.130	2200
	C	3324	96	62	3.960	1880	7.590	17.785	3482
	N	3780	220	245	7.980	3091	9.843	38.515	4245
1989 年	C	3361	84	62	4.090	1953	8.665	15.535	3507
	N	4024	252	144	7.830	3283	9.602	37.712	4420
1990 年	C	3696	107	67	5.160	2221	8.890	15.126	3870
	N	4137	130	92	7.900	3028	9.872	37.804	4359
1991 年	C	3787	125	83	6.430	2745	8.74	30.47	3395
	N	3842	124	103	7.560	2917	8.64	37.25	4069
1992 年	C	3794	123	85	6.840	2721	8.85	32.81	4002
	N	3959	126	98	7.420	2983	8.92	37.03	4183

注: 以上单位, 千个/g 干土, 表中仅列出 0~10 cm 土层微生物数量, BC 炼山前, CAF 炼山后 5 d, CAR 炼山雨后, C 炼山, N 不炼山

\*: The unit as above is 10<sup>3</sup> individual /g. dr. soil. The figures in the table is the microorganism amount of soil layer (0~10 cm)

BC Before control burning, C A F five days after Control burning.

C A R Control burning after rainy season, C Control burning.

N No burning.

从以上不同林地清理方式林地变化看出：炼山具有短期激肥效应，但经雨季冲刷，肥力急剧下降，至杉木幼林郁闭，肥力趋于稳定。不炼山林地经采伐物分解释放养分，又参与了林地生物循环，通过一个轮伐期养分又在地表富集，肥力得到维持。炼山持续时间虽短，但其对林地肥力的影响是长期的，在同一林地上周期性炼山是杉木连栽地力下降的重要原因。

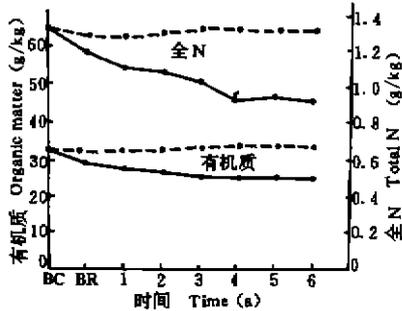


图 1 不同林地清理方式对林地化学性质的影响

Fig. 1 Effect on chemical properties in different ground clearance sites

— 炼山 Control burning  
 - - - 不炼山 No burning  
 BC 炼山前 Before control burning,  
 BR 雨季前 Before rainy season

### 3.3 不同林地清理方式对杉木生长的影响

炼山林地杉木造林成活率达 93.0%，比不炼山林地提高 8.30%，对成活率数据反正弦变换后进行的方差分析结果表明：不同林地清理方式造林成活率差异达到显著水平，这说明炼山清理迹地能明显提高杉木造林成活率。

在造林后 6 a 中，炼山林地杉木地径及树高均大于不炼山林地，其地径连年生长量在造林后前 2 a，树高连年生长量在前 3 a 均大于不炼山林地，随后其连年生长量开始小于不炼山林地，这样随时间推移，两种清理方式林地杉木生长差异逐年缩小，至第 6 年不炼山林地杉木生长已接近炼山林地(图 3)。经分析不同清理方式林地树高生长差异仅在炼山后第 1 年达到显著水平，可见炼山清理迹地短期内能促进

杉木地径及树高生长，但这种作用随时间推移逐年减弱。

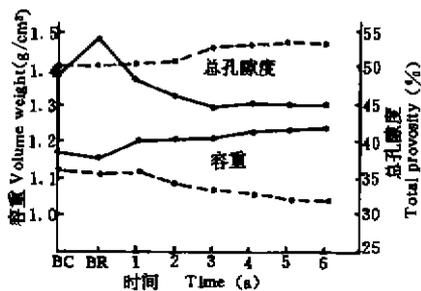


图 2 不同林地清理方式对林地物理性质的影响

Fig. 2 Effect on physical properties in different ground clearance sites

— 炼山 Control burning  
 - - - 不炼山 No burning  
 BC 炼山前 Before control burning  
 BR 雨季前 Before rainy season

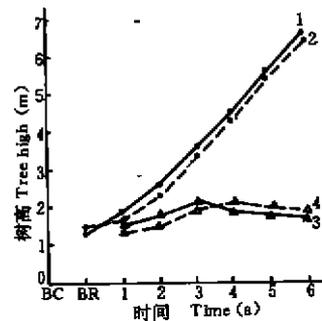


图 3 不同林地清理方式对杉木树高生长的影响

Fig. 3 Effect on height of chinese fir in different ground clearance sites

1 炼山生长量 Total growth of control burning plot  
 2 不炼山生长量 Total growth of no-burning plot  
 3 炼山连年生长量 Annual growth of control burning  
 4 不炼山连年生长量 Annual growth of no-burning

### 3.4 不同林地清理方式对林下植被的影响

炼山清理迹地后林地出现的植被种类为 53 种，不炼山林地为 42 种，可见炼山有利于

杉木林下植被发育,其中以草本和阳性植物种类增加较为明显,同时炼山林地还出现了不炼山林地没有的种如小构树(*Broussonetia papyrifera*)、黄瑞木(*Adinandra millettii*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、肖梵天花(*Urena lobata*)、长叶冻绿(*Rhamnus crenatus*)、乌柏(*Sapium sebiferum*)、连蕊茶(*Camellia fraterna*)、梅叶冬青(*Ilex asprella*),虽两种清理方式林地均出现小叶赤楠(*Zyzygium burifolium*)、乌药(*Lindera strychnifolia*)、白被叶野桐(*Mallotus apelta*)、芎木(*Loropetalum chinense*)等木本植物根萌条,但炼山林地根萌条数量明显高于不炼山林地,说明炼山还能促进木本植物根萌条的萌发。

#### 4 结论

4.1 炼山清理迹地导致了林地严重的水土流失,炼山后林地 6 a 的水、土、肥流失量达  $8767.32 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $38.00 \text{ t}/\text{hm}^2$ 、 $523.16 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,分别是不炼山林地的 3.10、19.70、6.10 倍,其中炼山后前两年是林地水土流失防治的关键,随幼林郁闭,两种清理方式林地水土流失差异逐年缩小,至第 6 年趋于一致。

4.2 炼山具有短期激肥效应,经雨季冲刷,肥力急剧下降,至幼林郁闭,肥力趋于稳定,其肥力变化可分为:激肥效应期,肥力下降期、肥力稳定期;不炼山林地肥力变化可分为采伐物分解初期、分解高峰期、分解末期,其林地经采伐剩余物分解,养分在地表得到富集。

4.3 炼山能明显提高杉木造林成活率,短期内促进杉木生长,同时有利于林下植被发育,其林下植被种类比不炼山林地增加 11 种。

4.4 炼山持续时间虽短,但其对杉木人工林生态系统的影响是长期的,在同一林地上周期性炼山是杉木连栽地力衰退的重要原因。

#### 参 考 文 献

- 1 吴中伦. 杉木. 北京:中国林业出版社,1984. 390~392
- 2 阳含熙. 杉木造林. 北京:中国林业出版社,1985. 1~49
- 3 俞新妥. 从林业用火历史谈炼山制度的改革. 林业经济问题,1984,4(2):13~16
- 4 霍应强. 林业迹地炼山、整地、间作对土壤性状和林木生长效应. 广东林业科技通讯,1975,(4):34~37
- 5 张鼎华. 炼山后林地某些物理性质的变化. 林业科技通讯,1985(5):20~21
- 6 张鼎华. 炼山后对土壤化学性质的影响. 林业科技通讯,1986(3):
- 7 胡海青. 林火生态学. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1990. 19~21
- 8 张万儒等. 森林土壤定位研究方法. 北京:中国林业出版社,1986. 1~45
- 9 中国科学院南京土壤所. 土壤理化分析. 上海:上海科学技术出版社,1978. 1~135
- 10 Ф·Х 哈兹耶夫. 土壤酶活性. 北京:科学出版社,1982. 1~60
- 11 许光辉等. 土壤微生物分析方法手册. 北京:农业出版社,1986. 91~109
- 12 水利电力部. 关于土壤侵蚀区划分和强度分级标准规定. 中国水土保持,1984,(10):17~19
- 13 (英)N·W 哈德逊. 土壤保持. 北京:科学出版社,1976. 16~18