

# 天山森林凋落物和枯枝落叶层的研究\*

李叙勇

(中国农业大学资源和环境学院, 北京 100094)

孙继坤

(新疆林业科学研究院林业研究所)

常直海 郝瑶琴 陈冰 蒋平安

(新疆农业大学农学院)

## 摘要

通过 1992-1995年的定位试验,对天山森林凋落物和枯枝落叶层的主要性质进行了研究。结果表明,天山森林生态系统中养分运转具有其独特性:(1)森林年凋落量较低,为  $2.1\text{t}/\text{hm}^2$ ,凋落物的季节动态变化呈单峰型;(2)以凋落物形式的养分年归还量为  $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{P}$ 。在凋落之前,大部分 N、P、K 被转移,K 的转移量最大,而 Ca 则相对富集,归还量最大;(3)枯枝落叶层中养分贮量和蓄水量高,但有机物质分解率较低;(4)枯枝落叶层的养分淋失量以全 K 最大,其次为有机质、全 N、全 P。

**关键词** 天山,凋落物,枯枝落叶层

天山位于塔里木与准噶尔两大盆地之间,因受干旱荒漠气候的影响,该森林生态系统中生物养分运转具有其独特性。天山云杉林是我国重要的水源涵养林,也是新疆主要的用材林,但目前存在后备资源严重不足,一些林区水土流失严重等问题。本研究旨在阐明天山森林凋落物及枯枝落叶层的主要性质,为天山森林的合理经营管理提供科学依据。

## 1 研究地区与试验方法

### 1.1 研究地区

天山森林主要分布于天山北坡海拔 1600—2800m 的中山带,因东西部生物气候条件的差异,一般将天山林区分为东部(哈密、巴里坤林区)、中部(乌苏-木垒林区)和西部(伊犁林区)。在天山东、中、西部设置三个定位试验点,基本情况是:东部设在哈密口门子林场,林型是草类-新疆落叶松-天山云杉混交林(8

\* 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目。李叙勇原在新疆农业大学工作。新疆农业大学的孙春玲、金俊香、罗明、庞峻峰等同志参加了部分样品分析工作。在此一并致谢。

落 + 2 云), 森林土壤为普通灰褐土, 海拔 2390—2420m, 年降水量 400—500mm, 年均温 2.4℃, 相对湿度 49%, 林龄 80—120 年, 郁闭度 0.6, 坡向北偏东 30°, 坡度 31°。中部设在玛纳斯南山林场, 林型是草类-天山云杉林, 土壤为普通灰褐土, 海拔 1650—1850m, 年降水量 450—600mm, 年均温 2℃, 相对湿度 59%, 林龄 60—100 年, 郁闭度 0.6, 坡向西北, 坡度 40°。西部设在伊犁巩留林场, 林型是欧洲鳞毛蕨-天山云杉林, 林下发育着淋溶灰褐土, 海拔 1650—1900m, 气候为天山林区最湿润区, 年降水量达 600—800mm, 年均温 2.9℃, 相对湿度 68%, 林龄 120—160 年, 郁闭度 0.7, 坡向西北, 坡度 30°。

## 1.2 试验方法<sup>[1,2]</sup>

在各定位试验点, 分别设置 1 公顷标准样地, 在每个样地内分别随机布设 25 个 0.25m<sup>2</sup>的漏斗状尼龙网纱凋落物收集器, 分别于枯枝落叶层之下埋设 3 个 0.16m<sup>2</sup>的不锈钢渗漏水收集器。在各样地内分别沿一直线布置 5 个 0.1m<sup>2</sup>样方, 采集 L、F、H 层的全部样品并分别称量, 在 L、F、H 层相应位置上埋入装有各层样品的尼龙网袋, 令其在自然状态下分解。在每年的生长旺季, 分别在每个定位试验样地内选择天山云杉和新疆落叶松成龄树(120—140 年)、中龄树(80—120 年)及幼龄树(20—60 年)各 5 株, 于上午 10—12 时采集树冠中上部的当年生新鲜枝叶样品。于每年的生长季节定期观测森林凋落量、枯枝落叶层贮量、蓄水量、渗漏水量以及有机质分解率, 并分析凋落物、新鲜植株和枯枝落叶层样品的灰分和养分含量, 渗漏水养分含量以及枯枝落叶层中的微生物类群。

样品分析除微量元素用原子吸收法外, 其余项目均采用常规方法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 森林凋落量与养分归还特点

2.1.1 森林凋落量 1992—1995 年期间的定位观测测定结果表明, 天山森林年凋落量平均为 2.1t / hm<sup>2</sup>, 其中枯叶占 76.7%(1620.1kg / hm<sup>2</sup>), 繁殖器官占 12.3%(259.8kg / hm<sup>2</sup>), 枯枝占 7.4%(156.3kg / hm<sup>2</sup>), 其它成分占 3.6%(76.0kg / hm<sup>2</sup>) (见表 1)。

表1 天山林区森林年凋落量

Table 1 The annual litterfall in Tianshan forest zone (kg/hm<sup>2</sup>)

采样地点	枯 叶	繁殖器官 <sup>1)</sup>	枯 枝	其 它	合 计
Location	Leaf	Reproductive organs	Branch	Others	Total
哈密林区	1497.1	150.5	180.2	29.7	1857.5
玛纳斯林区	1327.0	225.8	106.8	91.0	1750.6
伊犁林区	2036.2	403.1	181.9	107.3	2728.5
平均值	1620.1	259.8	156.3	76.0	2112.0
占总重量%	76.7	12.3	7.4	3.6	100.0

1) 繁殖器官指花和松果。

不同林区有一定差异, 生物气候条件较好, 植被茂盛的天山西部伊犁林区森林年凋落量高达 2.7t / hm<sup>2</sup>, 明显高于中部的 1.8t / hm<sup>2</sup>和东部的 1.9t / hm<sup>2</sup>。可能是由于东部林区主要为新疆落叶松-天山云杉混交林, 落叶松所占比例大, 因而表现出东部林区年凋落量反

而略高于中部的纯天山云杉林区。

据资料统计<sup>[3]</sup>,世界各大生物气候带内森林年凋落量平均为 1.6—9.2t / hm<sup>2</sup>。我国主要林型的森林凋落量,最高的是南方的常绿阔叶林,年凋落量达 9.5t / hm<sup>2</sup>,杉木林一般为 2—3t / hm<sup>2</sup>。天山受极端干旱气候的影响,林木生长缓慢,年生长量小,生长周期短,因而年凋量较低。这是极端干旱荒漠地区山地森林土壤养分循环的一个重要特点。

1989—1990 年的研究结果表明<sup>1)</sup>,天山云杉凋落物的季节动态变化规律呈单峰型,即主要集中在春末秋初的 5 个月里,该期间的凋落量占年凋落量的 90.8%,而从 10 月至来年的 5 月,凋落量尚不及总量的 10%,该峰值的出现时间与天山气候的年变化大致吻合。天山年降水量的 60%—70% 集中在春夏两季,特别是夏季气候温凉而湿润,是天山云杉生长的旺盛季节,因而这时期的生长量大,凋落量也大。

2.1.2 凋落物中主要营养元素含量 测定结果表明(表 2),凋落物中含有大量的灰分和多种营养元素,天山云杉凋落物灰分含量为 42.9g / kg,与哈萨克斯坦天山云杉灰分含量相似,而较欧洲云杉高得多<sup>[4]</sup>,但与平原地区的杨树(85.5g / kg)和榆树(110.0g / kg)的灰分含量相比又低得多。营养元素中 Ca 的含量最高,为 26.4g / kg,其次是 N 为 8.9g / kg,而 P、Mg、K、Na 的含量较低,仅为 0.0—3.7g / kg。

表2 天山林区森林凋落物中养分含量

Table 2 Nutrient contents of litter in Tianshan forest zone (g/Kg)

采样地点	灰分	全 N	全 P	全 K	Ca	Mg	Na
Location	Ash	Total N	Total P	Total K	Ca	Mg	Na
哈密林区	31.3	7.1	1.1	4.6	34.9	1.2	0.1
玛纳斯林区	55.3	10.4	2.1	3.3	18.8	3.7	0.0
伊犁林区	42.0	9.2	1.6	3.1	25.6	2.3	0.0
平均值	42.9	8.9	1.6	3.7	26.4	2.4	0.0
比值		5.6	1.0	2.3	16.5	1.5	

2.1.3 林木植株养分含量特点 从表 3 可以看出,天山云杉和新疆落叶松植株的灰分和 K 含量都显著低于杨树和榆树。全 N:全 P:全 K = 5.6:1.0:2.3,表明其 N 素循环是相当强的,而 P 素循环则甚弱,表现出富 N、K 而少 P 的特点。表 2 与表 3 的分析资料相比较可以看出,新鲜植株样品的 N、P、K 含量明显高于凋落物中的含量,而 Ca 则呈相反的规律。这表明在枝叶凋落之前,N、P、K 等元素大部分被转移,其中 K 的转移量最大,而 Ca 则相对富集。大量分析结果(表 3)表明,天山东、中、西部各林区之间和不同林型、林龄之间,植株养分含量差异不大。只有天山云杉植株中 Zn 的含量(50.6mg / kg)明显高于落叶松(30.8mg / kg),而 Mn 在落叶松植株中的含量(182.2mg / kg)又远高于云杉(52.0mg / kg)。关于天山林区林木吸收养分的规律,尚有待于进一步深入研究。

2.1.4 凋落物中养分归还特点 森林凋落物是林木各种养分的主要来源,也是影响森林土壤发育的一个重要因素。定位试验表明,天山林区主要营养元素以凋落物形式的年

1) 李叙勇硕士论文部分结果。

表3 天山林区林木植株养分含量

Table 3 Nutrient contents of forest plants in Tianshan forest zone

采样地点 Location	植株种类 Tree	灰分 Ash	大量元素 Macroelement (g/Kg)					微量元素 Microelement (mg/Kg)				
			N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	
哈	云杉	成龄树	37.7	13.0	3.3	14.0	13.7	1.2	7.0	42.2	76.9	77.0
		中龄树	37.4	17.9	3.6	14.1	10.3	1.2	6.2	51.0	58.7	75.7
密	针叶	幼龄树	34.2	11.3	3.0	12.1	9.7	0.9	6.6	47.0	47.1	60.9
	落叶	成龄树	33.9	15.7	2.7	12.6	9.9	0.9	5.3	28.6	113.2	68.9
林	松针	中龄树	36.0	13.8	2.9	14.1	9.0	1.2	5.7	36.8	130.0	82.0
	叶	幼龄树	35.3	14.6	2.8	10.1	7.2	0.6	4.9	27.1	303.3	70.3
区	云杉	成龄树	36.6	13.4	2.3	9.7	9.6	0.7	7.2	58.3	35.4	62.0
		中龄树	44.1	13.9	2.1	9.7	11.2	0.7	6.3	44.9	33.7	43.8
林区	针叶	幼龄树	42.8	15.6	2.4	9.1	8.8	0.7	6.3	47.5	41.0	61.7
伊犁	云杉	成龄树	35.5	15.8	2.5	7.8	13.5	0.6	7.6	53.9	58.1	46.5
		中龄树	52.3	18.7	3.2	9.3	13.5	0.5	10.2	62.1	63.3	44.8
林区	针叶	幼龄树	31.9	18.9	2.1	8.7	9.5	0.4	9.2	48.6	53.7	51.2
平	云杉针叶		39.2	15.4	2.7	10.5	11.1	0.8	7.4	50.6	52.0	58.1
均	落叶松叶		35.1	17.4	2.8	12.3	8.7	0.9	5.3	30.8	182.2	73.8
值	平均		37.2	16.4	2.8	11.4	9.9	0.9	6.4	40.7	117.1	66.0
乌鲁木	白杨树叶		85.5	12.0	1.4	15.2	—	—				
齐地区	榆树叶		110	16.5	2.6	20.0	—	—				

表4 天山森林凋落物养分年归还量

Table 4 Annual nutrient return of litter in Tianshan forest zone (kg/hm<sup>2</sup>)

采样地点 Location	灰分 Ash	全N Total N	全P Total P	全K Total K	全Ca Total Ca
哈密林区	58.1	13.2	2.0	8.5	64.8
玛纳斯林区	96.8	18.2	3.7	5.8	32.9
伊犁林区	114.6	25.1	4.4	8.5	70.0
平均值	89.8	18.8	3.4	7.6	55.9

归还量以西部伊犁林区最高,中部、东部林区较低,这与其所处的生物气候条件相吻合。在营养元素中以Ca的年归还量最高,达55.9kg/hm<sup>2</sup>,其顺序为Ca>N>K>P(见表4)。森林每年以凋落物形式归还大量的Ca,无疑是抑制土壤灰化过程的重要原因之一。

## 2.2 枯枝落叶层养分动态变化

表5 天山森林枯枝落叶层贮量

Table 5 Dry material reserve of forest floor in Tianshan forest zone

采样地点	层次厚度	分层储量	总厚度	总储量
Location	Horizon and depth (cm)	Reserve (t/hm <sup>2</sup> )	Total thickness (cm)	Total reserve (t/hm <sup>2</sup> )
哈 密	L 0-2	5.2	12	135.7
	F 2-5	11.8		
林 区	H 5-12	118.7		
玛纳斯	L 0-2	4.3	10	124.1
	F 2-4	21.4		
林 区	H 4-10	98.4		
伊 犁	L 0-3	9.5	23	222.6
	F 3-6	53.9		
林 区	H 6-23	159.2		

表6 天山林区枯枝落叶层养分含量

Table 6 Nutrient contents of forest floor in Tianshan forest zone

采样地点	层次	有机质	全N	全P	全K	速效N	速效P	速效K
Location	Layer	Organic matter (g/kg)	Total N (g/kg)	Total P (g/kg)	Total K (g/kg)	Available N (mg/kg)	Available P (mg/kg)	Available K (mg/kg)
哈 密	L	—	6.3	1.2	3.1	622.7	—	—
	F	—	8.8	1.1	5.6	630.8	—	589.5
林 区	H	42.9	3.4	0.9	23.2	216.0	—	311.6
玛纳斯	L	—	11.4	1.0	20.5	466.4	14.1	320.2
	F	—	9.5	0.3	20.2	338.9	13.3	110.1
林 区	H	34.1	3.9	0.5	21.8	139.2	12.8	74.9
伊 犁	L	—	11.7	1.5	4.8	1219.1	—	—
	F	—	28.7	1.5	14.0	757.7	37.8	77.0
林 区	H	49.9	39.8	0.8	22.6	167.2	23.1	43.2
平 均 值			13.7	1.0	15.1	506.7	20.2	218.2
比 值			13.7	1.0	15.1	25.1	1.0	10.8

枯枝落叶层是森林生态系统物质循环过程中重要的养分贮备库,贮藏大量的养料,经过土壤微生物的分解和原生动物的活动释放养分,供林木吸收利用。

2.2.1 枯枝落叶层养分贮量 天山林区林下枯枝落叶层深厚,具有较高的贮量。从表5的测定结果来看,枯枝落叶层平均厚度15cm,贮量为160.8t/hm<sup>2</sup>。其中天山西部林区贮

量最大,为  $222.6\text{t}/\text{hm}^2$ ,中部和东部林区差异不大,分别为  $124.1\text{t}/\text{hm}^2$ 和  $135.7\text{t}/\text{hm}^2$ 。H层最深厚,平均  $10\text{cm}$ ,贮量也最大,平均为  $125.4\text{t}/\text{hm}^2$ ;L层最薄,平均  $2\text{cm}$ ,贮量亦最小,平均  $6.3\text{t}/\text{hm}^2$ ;F层平均厚度  $3\text{cm}$ ,贮量为  $29.0\text{t}/\text{hm}^2$ 。

表 6 的分析结果表明,东、中部的哈密、玛纳斯林区枯枝落叶层的全 N 量均为 L 层、F 层 > H 层,而西部伊犁林区则相反,为 H 层 > F 层 > L 层,且有机质和全 N 的含量也以西部最高,H 层分别为  $49.9\text{g}/\text{kg}$  和  $39.8\text{g}/\text{kg}$ ,说明西部林区相对较湿润,林相完整成带,H 层腐殖化程度高。而中、东部林区则相对较干燥,林相较差,H 层腐殖化程度较弱,全 N 量低 ( $3.4\text{—}3.9\text{g}/\text{kg}$ )。但是全 K 的分层规律基本相似,都是 L 层 < F 层 < H 层,这说明 K 素的主要来源不是凋落物,而是土壤矿物质。全 P 普遍较低,多在  $0.5\text{—}1.5\text{g}/\text{kg}$  之间,西部的全 P 量稍高些。全量  $\text{N}:\text{P}:\text{K} = 13.7:1.0:15.1$ ,速效  $\text{N}:\text{P}:\text{K} = 25.1:1.0:10.8$ ,上述比例表明枯枝落叶层富 N、K 而少 P 的特点。联系到天山云杉和新疆落叶松植株灰分量远远小于白杨和榆树植株的现象,可能这些特点和现象就成为天山云杉和新疆落叶松生长缓慢的一个重要原因。

表 7 天山林区枯枝落叶层全量微量元素含量及贮量

Table 7 Total microelement content and reserve of forest floor in Tianshan forest zone

采样地点 Location	层次 Layer	含 量 Content (mg/kg)				贮 量 Reserve (kg/hm <sup>2</sup> )			
		Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn
哈 密	L	10.0	79.0	5603.2	415.1	0.1	0.4	28.9	2.1
	F	15.8	66.6	12986.8	657.7	0.2	0.8	152.9	7.7
林 区	H	34.3	12.4	38037.9	1382.0	4.1	1.5	4515.1	164.0
	Σ					4.4	2.7	4696.9	173.8
玛纳斯	L	6.6	54.3	2217.6	109.0	0.0	0.2	9.5	0.5
	F	28.1	126.6	19890.2	597.4	0.6	2.7	425.7	12.8
林 区	H	37.2	142.4	30528.1	939.8	3.7	14.0	3004.0	92.5
	Σ					4.3	16.9	3439.2	105.8
伊 犁	L	19.9	91.5	17642.3	512.8	0.2	0.9	167.6	4.9
	F	32.7	114.2	38394.0	993.5	1.8	6.2	2069.4	53.5
林 区	H	37.6	116.4	38476.7	872.7	6.0	18.5	6125.5	138.9
	Σ					8.0	25.6	8362.5	197.3
平 均	L	12.2	74.9	8487.7	345.6	0.1	0.5	68.7	2.5
	F	25.5	102.5	23757.0	749.5	0.9	3.2	882.7	24.7
值	H	36.4	90.7	35680.9	1064.8	4.6	11.3	4548.2	131.8
	Σ					5.6	15.0	5499.6	159.0

全量微量元素 Cu、Zn、Fe、Mn 的含量也呈现出 H 层 > F 层 > L 层的规律(见表 7)。这

说明枯枝落叶层的有机物质含量越高,则全 P、速效 N、速效 K 含量也越高,而矿质土壤颗粒含量较高的 H 层中,全量 K、Cu、Zn、Fe、Mn 的含量显著高于 L 层和 F 层,且 Cu、Zn 的含量明显低于 Fe、Mn。

根据枯枝落叶层的贮量和养分含量,可以计算出天山枯枝落叶层的养分贮量(表 7 和表 8):全 N3056.8、全 P136.2、全 K3300.0、速效 N46.2、速效 P7.4、速效 K28.8。微量元素全 Fe5499.6、全 Mn159.0、全 Zn15.0、全 Cu5.6。上述各种营养元素贮量的变化规律均是 H 层 > F 层 > L 层。充分反映出,森林枯枝落叶层是森林土壤的养分贮备库,具有很高的养分含量和贮量。

表8 天山林区枯枝落叶层养分贮量

Table 8 Nutrient reserves of forest floor in Tianshan forest zone (kg/hm<sup>2</sup>)

采样地点	层次	全N	全P	全K	速效N	速效P	速效K
Location	Layer	Total N	Total P	Total K	Available N	Available P	Available K
哈 密	L	32.8	6.2	16.1	3.2	—	13.0
	F	103.8	13.0	66.1	7.4	—	7.0
林 区	H	403.6	106.8	2753.8	25.9	13.3	37.0
	Σ	540.2	126.0	2836.0	36.5	—	57.0
玛纳斯	L	49.0	4.3	88.2	2.0	0.1	1.4
	F	203.3	6.4	432.3	7.3	0.3	2.4
林 区	H	383.8	49.2	2145.1	13.7	1.3	7.4
	Σ	636.1	59.9	2665.6	23.0	1.7	11.2
伊 犁	L	111.2	14.3	45.6	11.6	—	—
	F	1546.9	80.9	754.6	40.8	2.0	4.2
林 区	H	6336.2	127.4	3597.6	26.6	3.7	6.9
	Σ	7994.3	222.6	4397.8	79.0	—	—
平 均	L	64.3	8.3	50.0	5.6	0.1	7.2
	F	618.0	33.4	417.7	18.5	1.2	4.5
值	H	2374.5	94.5	2832.2	22.1	6.1	17.1
	Σ	3056.8	136.2	3300.0	46.2	7.4	28.8
比 值		22.4	1.0	24.2	6.2	1.0	3.9

2.2.2 枯枝落叶层的蓄水特性 水分是直接影响森林分布的条件之一,也是影响林木生长发育的重要因素。森林的枯枝落叶层,不仅是森林土壤的养分贮备库,而且具有很强的蓄水能力(表 9)。Wooldrige (1970)、Remezov 和 Pogrebnyak (1969) 的研究表明<sup>[5]</sup>,森林枯枝落叶层的蓄水量一般为 10—50mm。天山林区森林枯枝落叶层的蓄水量为 31.3mm,最大持水量达 313.7t/hm<sup>2</sup>,达到自身重量的 2.0 倍。毛管持水量为 24.9mm (248.7t/hm<sup>2</sup>)。不同层次蓄水量顺序是: H 层 > F 层 > L 层,这可能与各层的密度、有机屑粒大小等因素

表9 天山林区枯枝落叶层蓄水量

Table 9 Water storage of forest floor in Tianshan forest zone

采样地点 Location	层次 Layer	量大持水量 Maximum moisture-holding capacity			毛管持水量 Capillary moisture-holding capacity		
		(%)	(t/hm <sup>2</sup> )	(mm)	(%)	(t/hm <sup>2</sup> )	(mm)
哈密 林区	L	302.5	21.2	2.1	222.1	15.6	1.6
	F	579.0	100.8	10.1	360.4	62.7	6.3
玛纳斯 林区	H	317.3	182.1	18.2	255.9	146.9	14.7
	Σ		304.1	30.4		225.2	22.5
伊犁 林区	L	343.6	21.3	2.1	205.9	12.8	1.3
	F	652.5	62.6	6.3	338.3	32.5	3.3
平均 值	H	231.1	117.9	11.8	230.2	117.4	11.7
	Σ		201.7	20.2		162.7	16.3
伊犁 林区	L	297.7	30.4	3.0	187.9	19.2	1.9
	F	606.3	125.5	12.6	441.2	91.3	9.1
平均 值	H	198.0	279.4	27.9	175.6	247.8	24.8
	Σ		435.3	43.5		358.3	35.8
平均 值	L	314.6	24.3	2.4	205.3	15.8	1.6
	F	612.6	96.3	9.6	380.0	62.2	6.2
平均 值	H	248.8	193.1	19.3	220.5	170.7	17.1
	Σ		313.7	31.3		248.7	24.9

有关。从测定结果可以看出,不同地区有一定的差异,天山西部林区枯枝落叶层的最大持水量和毛管持水量都高于中、东部林区。枯枝落叶层的巨大蓄水功能,为干旱地区的林木生长发育提供了重要保证。

2.2.3 枯枝落叶层有机质的分解 作为养分库,森林枯枝落叶层中养分贮量是很大的,但是每年只有一小部分参加养分循环,因此,了解每年的养分循环速度比了解森林生态系统内部的养分贮量显得更有意义。研究资料<sup>[6,7]</sup>表明,森林凋落物的分解速率与时间呈指数关系,即前期分解相对较快,随着时间的推移,速度变慢,最后趋于相对稳定。

天山林区枯枝落叶层有机质的年分解率是L层13.5%,F层7.7%,H层6.7%(表10),L层多为新鲜凋落物,其分解时期大致代表了凋落物分解的前期,F层和H层则代表了凋落物分解的中后期。在进行试验之前,F层和H层的有机质已经历了一段时间的分解。天山西部林区枯枝落叶层的有机质年分解率,略低于中、东部林区,但差异不大。

影响有机质分解率的因素是气候、土壤性质、林木种类等。这些因素直接影响着枯枝落叶层的通气、温度、湿度和pH值,从而影响着微生物区系的种类和数量。天山林区森林

土壤微生物总数高达  $3.0 \times 10^8$  个 / g 干土, 远远高于农业耕种土壤和其它平原地区自然土壤。从微生物类群来看, 好气性细菌数量最大 ( $2.9 \times 10^8$  个 / g 干土), 放线菌 ( $4.3 \times 10^6$  个 / g 干土)、真菌 ( $2.4 \times 10^4$  个 / g 干土) 次之, 体现了干旱气候对天山森林土壤的深刻影响。枯枝落叶层中微生物数量占绝对优势, 占总量的 92.9% ( $2.9 \times 10^8$  个 / g 干土), 而且天山中、东部 ( $4.9 \times 10^8$  个 / g 干土) 明显高于西部 ( $8.9 \times 10^7$  个 / g 干土)。天山林区枯枝落叶层中各种微生物生理类群的数量由高到低依次为 (单位: 个 / g 干土):

天山中、东部: 氨化细菌  $2.3 \times 10^7$ 、芽孢细菌 ( $4.8 \times 10^6$ )、好气性纤维素分解菌 ( $1.8 \times 10^6$ )、厌气性纤维素分解菌 ( $5.9 \times 10^5$ )、硝化细菌 ( $1.0 \times 10^3$ )、好气性自生固氮菌 ( $4.8 \times 10^2$ )。

天山西部: 氨化细菌 ( $2.0 \times 10^6$ )、芽孢细菌 ( $2.0 \times 10^6$ )、厌气性纤维素分解菌 ( $1.5 \times 10^5$ )、好气性纤维素分解菌 ( $8.1 \times 10^4$ )、硝化细菌 ( $8.1 \times 10^3$ )、好气性自生固氮菌 (0.0)。

热带、亚热带阔叶林中有机质分解很快, 第一年的分解率高达 70—90%, 温带针叶林第一年的分解率为 20—30%, 而气候温凉, 相对较干旱的天山林区, 枯枝落叶层中第一年有机质的分解率尚不足 10%, 体现了该地区有机物质分解的特点, 也是该地区森林枯枝落叶层贮量较高的一个重要原因。

表 10 天山林区枯枝落叶层有机质分解率

Table 10 Decomposition rates of organic matter in forest floor in Tianshan forest zone (%)

采样地点 Location	层 次 Layer	分 解 率 Decomposition rate		平均值 Average value
		1992.8—93.8	93.8—94.8	
哈 密	L	20.9	12.3	16.6
	F	8.2	6.3	7.3
林 区	H	3.4	5.0	4.2
	L	15.3	13.3	14.3
玛纳斯	F	5.7	10.7	8.2
	H	6.8	3.4	5.1
伊 犁	L	11.1	8.3	9.7
	F	10.9	4.5	7.7
林 区	H	5.3	4.1	4.7
	L	15.8	11.3	13.5
平 均	F	8.3	7.2	7.7
	H	5.2	4.2	4.7

2.2.4 枯枝落叶层中的养分淋溶 养分通过降水渗漏淋洗, 是森林枯枝落叶层养分损失的重要途径 (见表 11 和表 12)。天山林区森林枯枝叶层淋溶水的含盐量不高, 平均为 2.5g / L, 呈近中性反应 (pH6.5)。几乎不含  $\text{Na}^+$ , 每年通过淋溶损失的营养元素数量以

表11 天山林区枯枝落叶层淋溶水量分析结果

Table 11 Analytical data of leaching water of forest floor in Tianshan forest zone

采样地点	烘干残渣	总酸度	总碱度					有机碳	全N	全P	pH
Location	Oven-dried residue	Total acidity	Total alkalinity					Organic C	Total N	Total P	
	(g/L)	(cmol/kg)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C	N	P	(mg/L)	
哈密林区	2.7	0.4	1.0	2.7	1.8	7.7	0.0	64.5	3.5	0.1	6.4
玛纳期林区	2.2	0.4	1.8	3.6	1.7	2.7	0.0	71.0	5.2	0.2	6.6
伊犁林区	2.7	0.6	1.4	3.8	1.8	3.5	0.0	67.0	9.1	0.7	6.5
平均值	2.5	0.5	1.4	3.3	1.8	4.6	0.0	67.5	5.9	0.3	6.5

表12 天山林区枯枝落叶层渗漏水量及养分淋溶量

Table 12 The amounts of leaching water and nutrient leaching loss of forest floor in Tianshan forest zone

采样地点	渗漏水量		养分淋溶量				
Location	Leaching water	Nutrient leaching loss (kg/hm <sup>2</sup> ·y)					
	(L/hm <sup>2</sup> ·y)	有机碳	全N	全P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
		Organic C	Total N	Total P			
哈密林区	247500.3	16.0	0.9	0.0	13.4	5.5	74.6
玛纳斯林区	273750.1	19.4	1.4	0.1	19.6	5.6	28.6
伊犁林区	348124.8	23.3	3.2	0.2	26.2	7.4	47.6
平均值	289791.7	19.6	1.8	0.1	19.7	6.2	50.3

K<sup>+</sup>最大,为 50.3kg / hm<sup>2</sup>,占枯枝落叶层中全 K 贮量的 1.5%,全 N、全 P 每年分别淋失 0.06% 和 0.08%。天山东西部也有差异,由于西部林区降水量较大,中部又稍高于东部,因而枯枝落叶层的渗漏水量、有机碳、全量 N、P、K、Ca、Mg 的淋溶量,表现出西部 > 中部 > 东部(表 12)。

### 3 结 论

三年的定位试验研究结果表明:

1. 受干旱气候影响,天山森林年凋落量较低,为 2.1t / hm<sup>2</sup>。以天山西部的欧洲鳞毛蕨-天山云杉林型的凋落量最高,为 2.7t / hm<sup>2</sup>,而中部的草类-天山云杉林和东部的新疆落叶松-天山云杉林型下的凋落量较低,分别为 1.8t / hm<sup>2</sup>和 1.9t / hm<sup>2</sup>。凋落物组分中以针叶占绝大部分,达 76.7%。凋落量的季节变化呈单峰型,集中在春末秋初之间,占全年凋落物总量的 90.8%。

2. 以凋落物形式的养分年归还量,Ca 最高为 55.9kg / hm<sup>2</sup>,顺序为 Ca > N > K > P。新鲜植株中 N、P 含量约是凋落物中 N、P 的 2 倍,K 则为 3—4 倍,说明在枝叶凋落之前,N、P、K 大部分被转移,K 的转移量最大。植株中 P 的含量较低,表现出富 N、K 少 P 的特点。

而 Ca 则相对富集,归还量也最大,是抑制土壤灰化过程的一个重要因素。

3. 天山森林枯枝落叶层具有很高的养分贮量(单位:  $\text{kg} / \text{hm}^2$ ): 全 N3056.8、全 P136.2、全 K3300.0; 速效 N46.2、速效 P7.4、速效 K28.8; 全 Fe5499.6、全 Mn159.0、全 Zn15.0、全 Cu5.6。其变化规律为 H层 > F层 > L层,天山西部林区贮量显著高于中、东部林区。

4. 枯枝落叶层中微生物数量大,占土壤微生物总量的 92.9% ( $2.9 \times 10^8$ 个 / g 干土),而且天山中、东部林区明显高于西部林区。从微生物类群来看,好气性细菌占绝对优势 ( $2.9 \times 10^8$ 个 / g 干土),放线菌、真菌次之。而其中纤维素分解菌较少,加上温度、湿度等的影响,使得天山林区枯枝落叶层中的有机物质分解率较低,第一年分解率尚不足 10%,这也是该地区枯枝落叶层贮量较高的一个原因。

5. 天山森林枯枝落叶层的最大持水量为 31.3mm,达到自身重量的 2.0 倍,毛管持水量为 24.9mm。不同层次蓄水量顺序为 H层 > F层 > L层。天山西部林区的蓄水量高于中、东部林区。

6. 由枯枝落叶层淋失的养分,年平均淋失量 ( $\text{kg} / \text{hm}^2$ ) 为: 有机碳 19.6、全 N1.8、全 P0.1、全 K50.3,全 K 的淋失量最大,占枯枝落叶层中全 K 贮量的 1.5%。

### 参 考 文 献

1. 张万儒, 许本彤, 1986: 森林土壤定位研究方法。中国林业出版社。
2. 国家标准局, 1987: 植物与森林枯枝落叶层分析。森林土壤分析方法(第八分册), 1—27 页。
3. 王凤友, 1989: 森林凋落物研究综述。生态学进展, 第 6 卷 2 期, 82—89 页。
4. 张万儒、刘寿坡、李昌华等, 1986: 中国森林土壤。599 页, 科学出版社。
5. Petchet W. L. and R. F. Fisher, 1987: Properties and Management of Forest Soils (second Edit). pp. 58—69.
6. O'Connell, 1985: Nutrient Accessions to the Forest Floor in Karri. Forest Ecology and Management. 10: 283—296.
7. O'Connell, 1989: Nutrient Accumulation and Release from the Litter Layer of Karri Forest. Australia Forest Ecology and Management, 26: 95—111.

## A STUDY ON LITTER AND FOREST FLOOR IN TIANSHAN MOUNTAINS

Li Xuyong

(China Agricultural University, Beijing 100094)

Sun Jikun

(Xinjiang Academy of Forest Science)

Chang Zhihai Hao Yaoqin Chen Bing and Jiang Ping'an

(Xinjiang Agricultural University)

### Summary

The main properties of litter and forest floor in Tianshan mountains were determined in a location test during 1992—1995. The results showed that the movement of nutrients in Tianshan forest ecosystem had its special circumstances: (1) Forest litterfall was lower ( $2.1\text{t}/\text{hm}^2$ ) and its seasonal changes belonged to the single-peak type. (2) The sequence of nutrients returned in form of litter was  $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{P}$ . Before falling, most of N, P, K was transferred, and the transferred amount of K was the greatest. However, Ca was rich in litter, and it had the greatest amount of return. (3) The nutrient reserves and water storage capacity of forest floor were higher, but the rate of decomposition of organic matter was lower. (4) The sequence of leaching loss from forest floor was  $\text{K} > \text{organic C} > \text{total N} > \text{total P}$ .

**Key words** Tianshan Mountains, Litter, Forest floor