

文章编号: 1008-2786-(2017)5-663-06

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000265

川西亚高山生态系统三种典型植物 凋落物分解动态特征

刘 涛^{1,2}, 孙守琴^{1*}, 邱 阳^{1,3}

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 山地表生过程与生态调控重点实验室, 四川 成都 610041;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 四川师范大学 生命科学学院, 四川 成都 610101)

摘 要: 植物凋落物是高山生态系统重要的养分存储库, 凋落物的分解在高山生态系统生物地球化学循环中具有重要作用。本研究采用凋落物分解袋法, 分析了贡嘎山亚高山暗针叶林和高山灌丛中赤茎藓 (*Pleurozium schreberi*)、峨眉冷杉 (*Abies fabri*) 和杜鹃 (*Rhododendron williamsianum*) 三种植物凋落物的分解速率和养分释放动态及差异。结果表明: 1) 经三年分解后, 无论是暗针叶林还是高山灌丛, 杜鹃凋落物分解率均最高; 峨眉冷杉凋落物分解率在暗针叶林略高于赤茎藓凋落物, 但在高山灌丛和赤茎藓无显著差异; 2) 三种植物凋落物的分解动态均能用 Olson 经典指数模型拟合; 3) 分解三年后, 三种凋落物碳 (C) 含量下降了 5.66% ~ 14.58%; 氮 (N) 含量增加了 6.46% ~ 42.10%; 峨眉冷杉和杜鹃凋落物磷 (P) 含量增高, 赤茎藓凋落物中 P 含量降低。

关键词: 凋落物分解; 赤茎藓; 杜鹃; 峨眉冷杉; 亚高山生态系统; 养分释放

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A

凋落物分解是生态系统物质循环的基础和能量流动的重要环节^[1]。通过凋落物的分解, 植物吸收的养分被释放回土壤, 以供给森林土壤有机质及矿物质养分, 而尚未完全分解的凋落物则累积在土壤表层, 形成森林生态系统中重要的养分库存。

凋落物分解速率通常会受到气候、凋落物质量和土壤状况等多种因素的影响; 而同一气候带内, 凋落物质量是影响凋落物的分解的最主要因素^[2]。一般而言, 在同一气候和环境条件下, 阔叶相对针叶凋落物具有较大的分解速率^[3,4]。同时, 不同类型凋落物, 其分解过程中元素的释放特征也具有差异。例如, 随着分解时间的延长, 热带森林凋落物氮 (N) 含量表现出先下降、随后增加、然后再下降的波动趋势^[5], 马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 和福建柏

(*Fokienia hodginsii*) 凋落物氮含量呈先增加后降低的特征^[6], 而欧洲赤松落叶 (*Pinus sylvestris*) N 含量在分解过程中则始终下降^[7]。然而, 直至目前, 关于不同类型凋落物分解特征的研究多限于阔叶和针叶维管植物凋落物的比较, 鲜有涉及非维管植物凋落物的研究。

苔藓是一种形体微小、结构简单的非维管植物, 同时也是许多生态系统最常见和最重要的地被组分。特别是亚高山生态系统, 苔藓植物通常能在地表形成连续的垫层, 从而成为这些生态系统重要的地被植物, 并在生态系统结构和功能中起着重要的作用^[8]。早期研究表明, 苔藓植物不能像维管植物那样合成木质素, 而通常在体内形成很难降解的有机物质^[9]。此外, 其体内含有大量的、在组织中以

收稿日期 (Received date): 2017-02-16; 改回日期 (Accepted date): 2017-05-17

基金项目 (Foundation item): 自然科学基金项目 (41473078; 41273096) 资助 [National Natural Science Funds of China (41473078; 41273096)]

作者简介 (Biography): 刘涛 (1991-), 男, 硕士研究生, 河南省人, 研究方向: 气候变化生态学 [Liu Tao, M. Sc. candidate, male, born in Henan Province, specialized in climate change ecology] E-mail: liutao19910717@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 孙守琴 (1980-), 女, 博士, 四川省人, 副研究员, 研究方向: 气候变化生态学、元素生物地球化学循环 [Sun Shouqin, Ph. D., female, born in Sichuan Province, associate professor, specialized in climate change ecology and elementary biogeochemical cycling] E-mail: shouqinsun@imde.ac.cn

网状结构存在的多酚和非极性化合物,从而能够避免细胞膜与微生物接触而降解^[10]。据此有人推测苔藓植物凋落物的降解速率应低于维管植物^[11,12]。然而,关于苔藓植物与维管植物凋落物分解速率的比较直至目前还鲜见报道。弄清这一点对于充分认识亚高山生态系统养分周转以及苔藓植物的生态功能具有重要意义。

本研究采用凋落物分解袋法,以川西亚高山生态系统赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)、峨眉冷杉(*Abies fabri*)和杜鹃(*Rhododendron williamsianum*)叶凋落物为研究对象,分析三种不同类型凋落物分解速率和养分释放特征及差异性,以丰富对亚高山生态系统物质和养分循环的认识。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于四川省甘孜州泸定县境内的贡嘎山(101°30′~102°10′、北纬29°20′~30°10′)。贡嘎山主峰海拔7556 m,是横断山系最高峰,同时是青藏高原东南缘和中国西南地区的典型高山生态系统。该区气候冷湿,属山地寒温带气候类型。据中国科学院贡嘎山高山森林生态系统观测试验站的长期观测,该区域多年平均气温4.8℃,年平均降水量1861 mm,年平均蒸发量1579 mm,年均空气相对湿度90.2%。土壤属于含沙量高、渗透性强的山地暗棕壤。植被垂直分布明显,从低海拔到高海拔分布有常绿阔叶林、针叶阔叶混交林、暗针叶林、高山灌丛及草甸等多种植被类型。

在贡嘎山高山生态系统中,选择暗针叶林(2800~3600 m)和亚高山灌丛(3600~4000 m)两个植被带进行研究。其中,暗针叶林上层植被主要物种为峨眉冷杉;林下主要有杜鹃(*Rhododendron sp.*)、糙皮桦(*Betula utilis*)、心叶茱萸(*Viburnum cordifolium*)、石灰花楸(*Sorbus folgneri*)等;苔藓地被层盖度约70%,主要物种有赤茎藓 *Abieti nella abietina*、毛灯藓(*Rhizomnium tuomikoskii*)、锦丝藓(*Actinotuidium hookeri*)等。亚高山灌丛主要物种为杜鹃、高山柳(*Salix cupularis*);地面苔藓覆盖度约为63%,主要物种有赤茎藓、东亚砂藓(*Racomitrium japonicum*)、三洋藓(*Sanionia uncinata*)等。

1.2 实验设计与样品分析

分别于2011年10月和2012年4月在亚高山

灌丛和暗针叶林收集杜鹃和峨眉冷杉新鲜叶片凋落物,以及赤茎藓凋落物。其中,赤茎藓凋落物通过采集苔藓植物体下端枯黄部分的方法获得。所有凋落物采集后经60℃烘干至恒重,随后分别装入尼龙网袋。网袋大小为25 cm × 30 cm,上表面孔径2 mm × 2 mm,下表面孔径1 mm × 1 mm。由于三种类型凋落物密度有较大差异,本研究中峨眉冷杉、杜鹃和赤茎藓三种凋落物分解袋中装入的样品量分别为25.0 g、15.0 g和7.0 g,以保证装好后分解袋中样品的厚度均不超过2 cm。

于2012年5月分别在暗针叶林和高山灌丛内选择坡度较小、生境一致的林下空地设置凋落物分解样地,样地四周用铁丝围栏做防护。在样地内随机设置6个3 m × 3 m的样方(即每个处理6个重复),每种凋落物每个样方放置12袋,共36袋。三种凋落物中,峨眉冷杉凋落物碳(C)含量最高,苔藓植物凋落物N、磷(P)含量最高(表1)。

分别于试验的第4、10、16、29和第36月取样。每次取样时从每个样方分别采集三种凋落物分解袋各1个,去掉泥土等杂物后60℃烘干、称重;随后将样品粉碎,用于C、N及P含量分析。其中,P含量采用钼锑抗比色法测定,N含量采用凯氏定氮法测定,C含量采用重铬酸钾外加热法测定。

表1 三种凋落物基本特征(平均值±标准差)

Tab. 1 Chemical properties (mean ± SD) of the three types of litter

凋落物种类	碳 C (g/kg)	氮 N (g/kg)	磷 P (g/kg)
赤茎藓	414.59 ± 5.76	11.78 ± 0.54	1.03 ± 0.01
峨眉冷杉	498.95 ± 0.66	10.48 ± 0.21	0.66 ± 0.06
杜鹃	497.92 ± 0.19	6.37 ± 0.01	0.40 ± 0.03

1.3 数据处理

凋落物分解率采用差量法计算:

$$L_t = (1 - m_t/m) \times 100\%$$

L_t 为凋落物的分解率(%), m 为凋落物原始干重(g), m_t 为不同时间点采样凋落物的瞬时残留干重(g)。

凋落物的失重率和分解速率随时间的变化采用Olson经典指数模型拟合^[13]:

$$Y = ae^{-kt}$$

其中, Y 为凋落物残留率(%), k 为分解系数, t 为分解时间(a), a 为拟合参数。

分解半衰期(50%分解):

$$t_{0.5} = \ln 0.5 / (-k)$$

完全分解时间(95% 分解):

$$t_{0.95} = \ln 0.05 / (-k)$$

数据统计与分析采用 SPSS 19.0 完成,图表绘制采用 Excel 2013 进行。非线性回归分析 (nonlinear regression) 拟合凋落物分解曲线,不同种类凋落物失重率和 C、N、P 释放率的差异采用单因素方差分析 (One-way ANOVA) 和最小显著差异法 (LSD) 分析。

2 结果与分析

2.1 凋落物分解率

无论是暗针叶林还是高山灌丛,凋落物类型对分解率均有显著影响 (暗针叶林样地: $F = 6.6, P = 0.005$; 高山灌丛样地: $F = 17.1, P < 0.001$)。分解三年后,暗针叶林样地中峨眉冷杉、杜鹃和赤茎藓凋落物的分解率分别为 43.78%、58.67% 和 35.14%,高山灌丛三种凋落物的分解率分别为 29.64%、52.67% 和 37.68%。杜鹃与另两种凋落物相比具有较高的分解率;而峨眉冷杉和赤茎藓凋落物分解率的差异则取决于分解样地类型:暗针叶林样地峨眉冷杉凋落物的分解率高于赤茎藓,而高山灌丛样

地则低于赤茎藓 (图 1)。

2.2 凋落物的分解系数

用 Olson 经典分解模型拟合暗针叶林和高山灌丛样地峨眉冷杉、杜鹃和赤茎藓凋落物的分解过程,三种凋落物分解模型的相关系数均达到显著水平 (表 2)。三种凋落物中,杜鹃的分解系数 (k 值) 最大 (表 2)。此外,与峨眉冷杉和赤茎藓凋落物相比,杜鹃凋落物的半分解和 95% 分解时间最短,分别为 2.60 年和 11.22 年 (暗针叶林) 及 2.86 年和 12.38 年 (高山灌丛);而同一样地中峨眉冷杉半分解和 95% 分解时间则分为 3.69 年和 15.9 年 (暗针叶林) 及 5.98 年和 25.8 年 (高山灌丛),赤茎藓凋落物半分解和 95% 分解时间分别为 6.42 年和 27.74 年 (暗针叶林) 及 4.95 年和 21.40 年 (高山灌丛) (表 2)。再次说明杜鹃比峨眉冷杉和赤茎藓凋落物具有更大的分解速率。

从两个不同植被带来看,暗针叶林样地中峨眉冷杉和杜鹃凋落物的分解系数 k 要高于同样处理下的高山灌丛样地;与之相反,赤茎藓凋落物 k 值则在高山灌丛较高。说明暗针叶林的自然环境更有利于峨眉冷杉和杜鹃凋落物的分解,而高山灌丛则更有利于赤茎藓凋落物的分解。

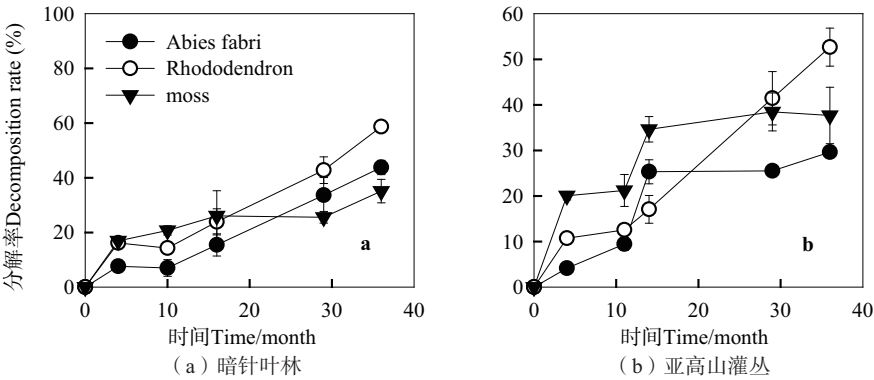


图 1 三种凋落物分解率随时间的变化特征 (平均值 ± 标准偏差)
Fig. 1 Decomposition rate of the three types of litter (mean ± SD)

表 2 三种凋落物不同地面性质下的干物质质量损失回归分解模型
Tab. 2 T Decomposition model based on mass loss of the three types of litter

地点	物种	回归方程	分解系数 k	相关系数 R^2	半分解时 (a)	95% 分解时 (a)
暗针叶林	峨眉冷杉	$Y = 1.028e^{-0.188t}$	0.188	0.96 **	3.69	15.93
	杜鹃	$Y = 1.007e^{-0.267t}$	0.267	0.94 **	2.60	11.22
	赤茎藓	$Y = 0.905e^{-0.108t}$	0.108	0.77 *	6.42	27.74
高山灌丛	峨眉冷杉	$Y = 0.797e^{-0.116t}$	0.116	0.82 *	5.98	25.83
	杜鹃	$Y = 1.030e^{-0.242t}$	0.242	0.96 **	2.86	12.38
	赤茎藓	$Y = 0.883e^{-0.140t}$	0.140	0.76 *	4.95	21.40

注: *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$

2.3 凋落物碳、氮、磷含量的变化

凋落物 C 含量变化趋势在分解样地类型间具有明显差异。暗针叶林样地中,峨眉冷杉和杜鹃凋落物 C 含量在起初 16 个月内逐渐下降,随后增加;而赤茎藓 C 含量则总体呈下降的趋势(表 3)。高山灌丛中三种凋落物 C 含量随分解时间的延长均逐渐下降。虽然经过三年的分解期后三种凋落物 C 含量均低于初始值,但具体的下降幅度随样地及凋落物类型的不同具有差异。暗针叶林样地中,赤茎藓和峨眉冷杉凋落物 C 含量分别下降了 8.80% 和 8.71%,而杜鹃凋落物 C 含量下降幅度较低,仅 5.90%;高山灌丛三种凋落物 C 含量的下降幅度则为:赤茎藓(14.58%)>峨眉冷杉(7.94%)>杜鹃(5.66%)。

随分解时间的延长,同一植被带中三种凋落物 N 含量具有相似的变化趋势;而同一凋落物 N 含量的变化在两个植被带间则具有明显差别(表 3)。暗针叶林样地中,三种凋落物 N 含量均在分解初期先增加,而后略微减少,随后在分解的 16 至 29 个月有大幅增加,29 至 36 个月期间再次减少;但试验结束时凋落物 N 含量高于初始含量。高山灌丛样地中,虽然分解结束时三种凋落物 N 含量也高于初始含

量,但在分解初期其 N 含量低于初始值,此后 N 含量呈现缓慢的增加趋势,总体变化幅度较小。

三种凋落物 P 含量在两个植被带中均呈现先减少后增加的趋势。与峨眉冷杉和杜鹃凋落物相比,赤茎藓凋落物 P 含量具有较大的变幅,且其 P 含量在试验结束时低于初始含量;相反,试验结束时峨眉冷杉和杜鹃凋落物 P 含量高于初始含量。

整个试验过程中,暗针叶林样地中三种凋落物 C/N 比值随时间的变化趋势不一致。随分解时间的延长,峨眉冷杉凋落物 C/N 比逐渐下降,而杜鹃和赤茎藓凋落物 C/N 比则在下降的过程中略有波动。高山灌丛样地中三种凋落物 C/N 比值在分解初期均有略微上升,这可能是由于分解初期微生物对外源性 N 的利用增加造成的;随着分解时间的延长,凋落物 C/N 比值逐渐下降,最终均低于其初始值。

3 讨论与结论

本研究表明,在为期三年的分解过程中,无论是暗针叶林样地还是高山灌丛,杜鹃凋落物分解速率均显著高于峨眉冷杉凋落物,印证了早期研究中阔

表 3 三种凋落物分解过程中碳(C)、氮(N)和磷(P)含量变化

Tab.3 Dynamics of carbon (C), nitrogen (N) and phosphorus (P) concentrations of the three litter types over the experimental periods

种类	分解时间/ month	C (g · kg ⁻¹)		N (g · kg ⁻¹)		P (g · kg ⁻¹)		C/N	
		针叶林	灌丛	针叶林	灌丛	针叶林	灌丛	针叶林	灌丛
峨眉冷杉	0	498.95	498.95	10.48	10.48	0.66	0.66	47.63	47.63
	4	507.07	507.08	11.44	9.93	0.60	0.52	44.34	51.06
	10	496.27	491.94	11.96	9.86	0.61	0.45	41.49	49.88
	16	442.54	499.27	11.56	10.59	0.69	0.56	38.29	47.17
	29	475.38	479.84	14.38	10.89	0.78	0.64	33.06	44.05
	36	455.48	459.34	14.89	12.10	0.86	0.72	30.59	37.96
杜鹃	0	497.92	497.92	6.37	6.37	0.40	0.40	78.13	78.13
	4	479.02	499.76	8.41	4.85	0.40	0.29	56.96	103.11
	10	442.00	488.66	6.68	5.45	0.37	0.24	66.17	89.72
	16	416.79	491.01	10.89	5.55	0.51	0.23	38.29	88.47
	29	459.05	475.46	19.17	6.58	0.61	0.37	23.95	72.22
	36	468.53	469.75	7.85	7.71	0.50	0.46	59.72	60.90
赤茎藓	0	414.59	414.59	11.78	11.78	1.03	1.03	35.18	35.18
	4	386.07	427.80	10.16	10.22	0.68	0.44	38.01	41.88
	10	432.95	400.32	10.26	11.04	0.44	0.60	42.22	36.26
	16	384.01	404.88	12.75	10.28	0.79	0.65	30.12	39.39
	29	393.59	376.43	18.76	12.83	0.88	0.82	20.99	29.33
	36	378.10	354.14	13.67	12.54	0.84	0.77	27.67	28.23

叶类型植物凋落物比针叶类型植物凋落物更容易分解这一现象。另外,试验结果表明,赤茎藓凋落物分解率虽低于杜鹃凋落物,但与峨眉冷杉凋落物并无显著差异,这一结果与早期关于苔藓与维管植物凋落物分解率的差异的推测并不完全一致^[11,12],具体的原因还有待进一步研究。

另外,早期研究认为,凋落物分解速率与初始 N 浓度呈成正比,与 C/N 比值成反比^[14,15]。而本实验中,分解速率快的杜鹃初始 N 浓度低于分解较慢的峨眉冷杉凋落物,C/N 的比值也与通常所认为的相反,其原因一方面可能是由于本研究中涉及的凋落物种类还比较少,尚不能充分反映凋落物率随时间的总体变化趋势;另一方面也暗示了凋落物的分解速率除了与凋落物初始 N 含量和 C/N 比有关外,可能还会受到凋落物的其它性质,如比叶面积、形状、厚度等的影响^[16-19]。此外,本研究发现暗针叶林比高山灌丛更有利于峨眉冷杉和杜鹃凋落物的分解,而赤茎藓则相反,这一结果反映了立地条件对凋落物分解的作用。

分解三年后三种凋落物 C 含量比初始含量降低了 5.66%~14.58%,但在分解初期三种凋落物 C 含量均有短暂的上升过程,这可能是由于分解实验初期凋落物有较大的重量损失导致的。相反,三种凋落物分解过程中 N 和 P 含量均先下降后上升,特别是分解后期凋落物 N 含量明显高于初始含量;这一方面可能是因为外源 N 在凋落物上被微生物固持^[20],另一方面也可能是凋落物质量损失速率高于元素释放速率所致^[21]。分解过程中峨眉冷杉和杜鹃凋落物元素特别是 C、P 含量随时间的变化趋势明显有别于赤茎藓凋落物,暗示了维管与非维管植物凋落物在分解过程中其养分释放过程可能有差异。

参考文献 (References)

- [1] 侯玲玲,孙涛,毛子军,等. 小兴安岭不同林龄天然次生白桦林凋落物分解及养分变化 [J]. 植物研究, 2012, **32**(4): 492 - 496 [HOU Lingling, SUN Tao, MAO Zijun, et al. Litter decomposition and nutrient dynamic of *Betula platyphlla* secondary forest with different stand ages in Xiaoxing'an mountains [J]. Bulletin of Botanical Research, 2012, **32**(4): 492 - 496]
- [2] 郭剑芬,杨玉盛,陈光水,等. 森林凋落物分解研究进展 [J]. 林业科学, 2006, **42**(4): 93 - 100 [GUO Jianfen, YANG Yusheng, CHEN Guangshui, et al. A review on litter decomposition in forest ecosystem [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, **42**(4): 93 - 100]
- [3] 郭忠玲,郑金萍,马元丹,等. 长白山各植被带主要树种凋落物分解速率及模型模拟的试验研究 [J]. 生态学报, 2006, **26**(4): 1037 - 1046 [GUO Zhongling, ZHENG Jinping, MA Yuandan, et al. Researches on litterfall decomposition rates and model simulating of main species in various forest vegetations of Changbai Mountains, China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, **26**(4): 1037 - 1046]
- [4] 徐波,朱忠福,李金洋,等. 九寨沟自然保护区 4 个典型树种叶片凋落物在林下及高山湖泊中的分解及养分释放特征 [J]. 植物生态学报, 2016, **40**(9): 883 - 892. [XU Bo, ZHU Zhongfu, LI Jinyang, et al. Leaf decomposition and nutrient release of dominant species in the forest and lake in the Jiuzhaigou National Nature Reserve, China [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2016, **40**(9): 883 - 892]
- [5] 刘强,彭少麟,毕华,等. 热带亚热带森林凋落物交互分解的养分动态 [J]. 北京林业大学学报, 2005, **27**(1): 24 - 32 [LIU Qiang, PENG Shaolin, BI Hua, et al. Nutrient dynamics of foliar litter in reciprocal decomposition in tropical and subtropical forests [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2005, **27**(1): 24 - 32]
- [6] Berg B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils [J]. Forest Ecology & Management, 2000, **133**(1 - 2): 13 - 22
- [7] SULKAVA P, HUHTA V. Effects of hard frost and freeze-thaw cycles on decomposer communities and N mineralisation in boreal forest soil [J]. Applied Soil Ecology, 2003, **22**(3): 225 - 239
- [8] SUN Shouqin, WU Yanhong, ZHOU Jun, et al. Bryophyte species richness and composition along an altitudinal gradient in Gongga mountain, China [J]. Plos One, 2013, **3**: 1 - 10]
- [9] TURETSKY, M R. The role of bryophytes in carbon and nitrogen cycling [J]. Bryologist, 2003, **106**: 395 - 409
- [10] TURETSKY M R, MACK M C, HOLLINGSWORTH T N, et al. The role of mosses in ecosystem succession and function in Alaska's boreal forest [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2010, **40**(7): 1237 - 1264(28)
- [11] LIU Wenyao, Fox J E D, XU Z. Leaf litter decomposition of canopy trees, bamboo and moss in a montane moist evergreen broad-leaved forest on Ailao Mountain, Yunnan, south-west China [J]. Ecological Research, 2000, **15**(4): 435 - 447
- [12] THORMANN M N, BAYLEY S E, CURRAH R S. Comparison of decomposition of belowground and aboveground plant litters in peatlands of boreal Alberta, Canada [J]. Canadian Journal of Botany, 2001, **79**(79): 9 - 22(14)
- [13] OLSON J S. Energy Storage and the Balance of Producers and Decomposers in Ecological Systems [J]. Ecology, 1963, **44**(2): 322 - 331.
- [14] 杨林,邓长春,陈亚梅,等. 川西高山林线交错带凋落叶分解速率与初始质量的关系 [J]. 应用生态学报, 2015, **26**(12): 3602 - 3610 [YANG Ling, DENG Changchun, CHEN Yamei, et al. Relationships between decomposition rate of leaf and initial quality across the alpine timberline ecotone in Western Sichuan, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, **26**(12): 3602 - 3610]
- [15] 赵谷风,蔡延,罗媛媛,等. 青冈常绿阔叶林凋落物分解过程中营养元素动态 [J]. 生态学报, 2006, **26**(10): 3286 - 3295

- [ZHAO Gufeng, CAI Yan, LUO Yuanyuan, et al. Nutrient dynamics in litter decomposition in an evergreen broad leaved forest in East China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, **26** (10): 3286–3295]
- [16] WANG Xihua, HUANG Jianjun, YAN Enrong. Leaf litter decomposition of common trees in Tiantong [J]. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2004, **28**(4): 457–467.
- [17] 陈书秀, 江明喜. 三峡地区香溪河流域不同树种叶片凋落物的分解 [J]. *生态学报*, 2006, **26** (9): 2905–2912 [CHEN Shuxiu, JIANG Mingxi. Leaf litter decomposition dynamics of different tree species in Xiangxi River watershed, the Three Gorges region [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, **26**(9): 2905–2912]
- [18] BAKKER M A, CARRE? OROCAD G, POORTER L. Leaf economics traits predict litter decomposition of tropical plants and differ among land use types [J]. *Functional Ecology*, 2011, **25** (3): 473–483.
- [19] 林开敏, 章志琴, 叶发茂, 等. 杉木人工林下杉木、楠木和木荷叶凋落物分解特征及营养元素含量变化的动态分析 [J]. *植物资源与环境学报*, 2010, **19** (2): 34–39 [LIN Kaimin, ZHANG Zhiqin, YE Famao, et al. Dynamic analysis of decomposition characteristics and content change of nutrient elements of leaf litter of *Cunninghamia lanceolata*, *Phoebe bournei* and *Schima superba* under *C. lanceolata* artificial forest [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2010, **19**(2): 34–39]
- [20] 严海元. 缙云山马尾松林凋落物的微生物分解及养分释放特征研究 [D]. 西南大学, 2011. [YAN Haiyuan. Microbial decomposition and nutrient release characteristics of *pinus massoniana* in Jinyun mountain [D]. Southwest University, 2011]
- [21] YANG Yusheng, CHEN Guangshui, GUO Jianfen, et al. Litter decomposition and nutrient release in a mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Tsoongiodendron odoratum* [J]. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2002, **26**(3): 275–282

Dynamics and Differences in the Decomposition of Litters from Three Dominating Plants in Subalpine Ecosystems in Western Sichuan, China

LIU Tao^{1, 2}, SUN Shouqin^{1*}, QIU Yang^{1, 3}

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610014, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3 College of Life Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China)

Abstract: Plant litter is the reservoir for nutrients in alpine and subalpine ecosystems and plays an important role in the geobiochemical cycling of elements. In this study, the dynamics as well as the differences in the decomposition of three types of litter, including *Pleurozium schreberi*, *Abies fabri* and *Rhododendron williamsianum*, were investigated in subalpine ecosystems in Western Sichuan, China, with the litter bag method. The litter of *R. williamsianum* had the highest decomposition rates when compared with the *A. fabri* and *P. schreberi* litter. The litter decomposition rates of *A. fabri* was 3% higher than that of *P. schreberi* in the coniferous forest, while it was not differed with that of *P. schreberi* in the shrubland ecosystem. The decomposition dynamics of the three litter types could be described well with Olson classic model. After 3 years of decomposition, the carbon (C) content was decreased by 5.66%~14.58%, the nitrogen (N) content was increased by 6.46%~42.10% relative to their initial values, and the phosphorus (P) content was increased in the *A. fabri* and *R. williamsianum* litters but was decreased in the *P. schreberi* litter.

Key Words: litter decomposition; *Pleurozium schreberi*; *Rhododendron williamsianum*; *Abies fabri*; subalpine ecosystem; nutrient release