

长白山暗针叶林苔藓植物对三种针叶树种子萌发及幼苗生长的影响*

藺菲^{1,2} 郝占庆^{1*} 叶吉¹ 姜萍¹

(¹中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; ²中国科学院研究生院, 北京 100039)

【摘要】 研究了长白山暗针叶林两种主要地面苔藓植物——塔藓和拟垂枝藓对红松、红皮云杉和落叶松种子萌发及幼苗生长的影响。结果表明,在一定浓度下,塔藓浸提液抑制红松发芽,拟垂枝藓浸提液促进红松发芽;苔藓浸提液对红皮云杉和落叶松的发芽率没有显著影响,但不同程度地加快了种子日萌发高峰的出现。用苔藓植物体直接培养红皮云杉和落叶松种子,发现活植物体量大时对发芽率没有显著影响,但延迟了红皮云杉种子萌发高峰的出现,加速了落叶松种子萌发高峰的出现;杀青后的苔藓植物体则明显地抑制种子发芽。通过幼苗培养实验,发现苔藓植物浸提液抑制红皮云杉和红松幼苗生长,但促进了落叶松幼苗的生长;不同处理的苔藓植物体对幼苗生长的影响差异较大,活植物体量大时,两种苔藓均促进了红皮云杉和落叶松幼苗生长,而杀青后植物体则明显地抑制幼苗生长。

关键词 苔藓植物 针叶树 水浸提液 种子萌发 幼苗生长

文章编号 1001-9332(2006)08-1398-05 中图分类号 Q949.35 文献标识码 A

Effects of bryophytes in dark coniferous forest of Changbai Mountains on three conifers seed germination and seedling growth. LIN Fei^{1,2}, HAO Zhanqing¹, YE Ji¹, JIANG Ping¹ (¹Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; ²Graduated University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(8): 1398 ~ 1402.

This paper studied the effects of *Hylocomium splendens* and *Rhytidiadelphus triquetrus*, the main bryophytes in dark coniferous forests of Changbai Mountains, on the seed germination and seedling growth of *Pinus koraiensis*, *Picea koraiensis* and *Larix olgensis*. The results indicated that at definite concentrations, the water extract of *H. splendens* inhibited *Picea koraiensis* seed germination, while that of *R. triquetrus* promoted it. Although the water extracts of the two bryophytes had no obvious effects on the seed germination of *Picea koraiensis* and *Larix olgensis*, they expedited the occurrence of the tree species' daily germination peak. The water extracts of test bryophytes inhibited the seedling growth of *P. koraiensis* and *Picea koraiensis*, but promoted that of *Larix olgensis*. The living shoots of the two bryophytes had no obvious effects on the seed germination of *Picea koraiensis* and *Larix olgensis*, but delayed the daily germination peak of *Picea koraiensis* while promoted that of *Larix olgensis*, and the killed shoots inhibited the seed germination of all test tree species. Living shoots in larger amounts promoted the seedling growth of *Picea koraiensis* and *Larix olgensis*, but killed shoots were in adverse.

Key words Bryophyte, Conifer, Water extract, Seed germination, Seedling growth.

1 引 言

苔藓植物是高等植物中最原始陆生类群,全世界现有种类约 23 000 种^[1]。其分布广泛,是森林、草地、荒漠等许多植被类型的重要组成部分之一,对维持某些种群、群落或生态系统稳定具有极其重要的作用^[13]。研究表明,苔藓植物对森林的天然更新及群落分布起到重要作用^[5-9]。这些作用的产生不仅是由于苔藓群落改变了植物生长的小气候,也可能是其次生代谢物质产生的化学作用^[1]。因为绝大多数苔藓植物能抑制发芽和根生长^[10]。但目

前还没有确切合理的解释,仍需要通过野外观察、模拟试验进行深入的研究。国内有关这方面的研究比较薄弱。

苔藓植物是长白山自然保护区暗针叶林的主要地被物,覆盖度可达 50% ~ 80%^[3]。通过野外观察发现,大量的植物幼苗就生长在苔藓群落中。因此,苔藓植物对植物种子萌发、幼苗生长及建成等的影响不容忽视。本文通过室内种子萌发试验,初步研究了长白山暗针叶林两种主要地面苔藓植物对林内主要针叶树种种子萌发及幼苗生长的影响。

* 国家自然科学基金资助项目(30270224)。

** 通讯联系人。E-mail: hzq@iae.ac.cn

2005-12-14 收稿,2006-06-08 接受。

2 材料与方法

2.1 供试材料

试验所用苔藓为塔藓 (*Hylocomium splendens*) 和拟垂枝藓 (*Rhytidiadelphus triquetrus*), 均采自长白山暗针叶林, 其分布在暗针叶林中占有绝对优势^[4], 生物量约占暗针叶林地面苔藓植物总生物量的 79%^[12]. 实验所用 3 种针叶树种子为红松 (*Pinus koraiensis*)、红皮云杉 (*Picea koraiensis*) 和长白落叶松 (*Larix olgensis*) 种子, 红松和红皮云杉种子由吉林省雷河林业局宏伟大苗圃提供, 落叶松种子由吉林省二道白河春雷苗圃提供.

2.2 研究方法

2.2.1 浸提液培养条件下种子发芽试验 将采集的苔藓植物去除针叶等杂质, 阴干, 各取 200 g 塔藓和拟垂枝藓分别放入装有 3 L 蒸馏水的容器中, 浸泡 24 h, 捞取苔藓, 过滤得到浸提液原液 (D). 将部分原液稀释 2 倍 (C)、10 倍 (B)、100 倍 (A), 分别作为发芽实验的培养液, 蒸馏水 (CK) 作对照. 用 N 代表拟垂枝藓, T 代表塔藓, 实验共设 9 个处理, 分别记为: NA、NB、NC、ND、TA、TB、TC、TD 和 CK. 取 10 ml 培养液放入有盖纸杯培养皿中, 对种子进行消毒 (1% 高锰酸钾). 红松发芽试验中每皿放 25 粒种子, 红皮云杉和落叶松每皿分别放 50 粒种子. 每个处理 5 个重复.

2.2.2 植物体培养条件下种子发芽试验 1) 活植物体培养: 将苔藓植物去除杂质, 阴干, 每种苔藓植物分别称取两份植物体, 1 份量较大 (约 1.7 g), 1 份量较小 (约 0.2 g), 分别放入培养皿中, 上面铺一层 2 厘米杀青后植物体培养: 称取同活植物体处理相同重量塔藓和拟垂枝藓, 杀青 (105 °C 下烘 5 min, 再 80 °C 下烘 12 h) 后再放入培养皿中, 上面铺一层每份苔藓均设 4 个处理: 活苔藓量大 (M)、活苔藓量小 (L)、杀青苔藓量大 (DM)、杀青苔藓量小 (DL); 此外, 在培养皿中只铺一层作对照 (CK). 用 N 代表拟垂枝藓, T 代表塔藓, 实验共设 9 个处理, 分别记为: NM、NL、NDM、NDL、TM、TL、TDM、TDL 和 CK. 分别将红皮云杉和落叶松种子消毒, 置于纸上, 每皿 100 粒种子, 加入适量蒸馏水作培养液, 每个处理 5 个重复.

2.2.3 试验条件及测定项目 发芽及幼苗生长试验均在人工气候箱中进行, 温度 25 °C, 湿度 70%, 每天光照 8 h. 从试验第 2 天开始记录发芽数, 直到连续 3 d 发芽数为 0 为止. 种子发芽后继续培养, 每隔 2 d 添加适量培养液, 一周后测定幼苗根长和苗高.

表 1 苔藓植物浸提液对针叶树种子发芽率的影响

Table 1 Effects of water extracts of bryophytes on germination rates of conifers (mean ± SE)

浸提液 Water extract	树种 Species	发芽率 Germination rate (%)				
		A	B	C	D	CK
N	I	18.40 ± 5.19	22.40 ± 8.57	19.20 ± 9.85	16.00 ± 5.48	11.60 ± 8.21
	II	62.40 ± 6.52	66.40 ± 4.66	71.20 ± 5.43*	61.60 ± 6.40	50.40 ± 8.63
	III	81.20 ± 4.63	86.80 ± 2.50	81.20 ± 1.62	86.00 ± 1.26	88.00 ± 2.61
T	I	23.60 ± 6.46	20.00 ± 0.79	12.80 ± 8.01	18.00 ± 5.40	11.60 ± 8.21
	II	42.40 ± 4.66	52.80 ± 6.62	47.20 ± 4.63	31.20 ± 6.37*	50.40 ± 8.63
	III	86.00 ± 2.37	81.60 ± 2.56	84.80 ± 1.02	84.00 ± 3.29	88.00 ± 2.61

* $P < 0.05$. N: 拟垂枝藓 *R. triquetrus*, T: 塔藓 *H. splendens*; I. 红皮云杉 *Picea koraiensis*, II. 红松 *Pinus koraiensis*, III. 落叶松 *Larix olgensis*. 下同 The same below.

2.3 数据处理 采用 SPSS 软件进行数据处理.

3 结果与分析

3.1 苔藓植物浸提液对针叶树种子发芽的影响

不同浓度苔藓植物浸提液对供试树种种子发芽率的影响见表 1. 由表 1 可以看出, 苔藓植物浸提液提高了红皮云杉种子的发芽率, 但未达到显著水平; 各处理下落叶松种子发芽率基本相同. 在一定浓度下, 苔藓浸提液对红松种子的发芽率有显著影响. 随着苔藓浸提液浓度升高, 红松种子的发芽率先升高后降低; 与对照相比较, 拟垂枝藓浸提液各浓度处理下红松种子发芽率均高于对照, 且在 C 浓度下显著增加, 而塔藓浸提液对其发芽率的影响与之相反, 除 B 浓度处理下种子发芽率略高于对照外, 其余均低于对照, 且在高浓度 (D) 下显著抑制种子萌发.

种子萌发和幼苗出土速率对幼苗的存活和竞争具有重要作用. 在此过程中, 即使只有 1~2 d 的差别, 也可能由于错过最佳存活条件 (如第一场雨) 而导致更新失败^[2]. 图 1 是供试树种种子日发芽情况, 日发芽率指每天发芽的种子数占供试种子总数的比率. 由图 1 可以看出, 对照的日发芽高峰发生在第 5 天, 而在拟垂枝藓浸提液 A、B、C 浓度处理下, 红皮云杉种子日发芽高峰发生在第 3 天, 比对照提前了 2 d, D 浓度处理下也比对照提前了 1 d; 在塔藓浸提液 A 浓度处理下, 其发芽高峰发生在第 1 天和第 5 天, B 浓度下发生在第 4 天和第 5 天, 均比对照 (发芽高峰在第 5 天) 有所提前. 拟垂枝藓浸提液各浓度处理下落叶松种子日发芽的最高峰均发生在第 2 天, 但高浓度 D 的日发芽率 (26%) 明显高于其他浓度及对照 (16.4%); 而塔藓浸提液各处理下落叶松日发芽最高峰也在第 2 天, 但低浓度 A、B 处理下落叶松日发芽率 (26.4%、25.6%) 明显高于对照 (16.4%).

3.2 苔藓植物体对针叶树种子发芽的影响

由表 2 可以看出, 两种苔藓活植物体量大处理

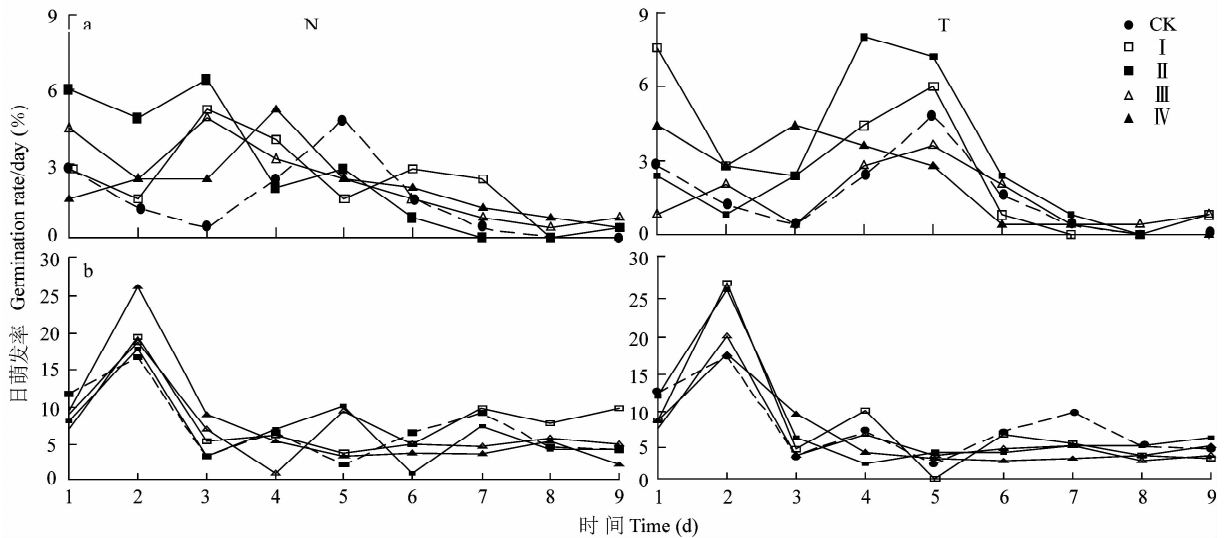


图 1 苔藓植物浸提液对红皮云杉和落叶松种子日萌发率的影响

Fig. 1 Effects of water extracts of bryophytes on daily germinations of *Picea koraiensis* and *L. olgensis*.

N: 拟垂枝藓 *R. triquetrus*, T: 塔藓 *H. splendens*; a) 红皮云杉 *Picea koraiensis*, b) 落叶松 *L. olgensis*. 下同 The same below.

表 2 苔藓植物体对红皮云杉和落叶松种子发芽率的影响

Table 2 Effects of bryophyte shoots on germination rates of *Picea koraiensis* and *L. olgensis* (mean ± SE)

植物体 Shoots	树种 Species	发芽率 Germination rate (%)				
		M	L	DM	DL	CK
N	I	28.50 ± 1.80	17.60 ± 1.69**	19.60 ± 2.23*	13.60 ± 4.97**	30.40 ± 2.60
	III	84.20 ± 1.96	64.60 ± 4.63**	76.20 ± 2.22*	79.00 ± 2.79	86.40 ± 1.29
T	I	31.40 ± 4.99	16.20 ± 4.26	20.00 ± 1.90	10.00 ± 1.70**	30.40 ± 2.60
	III	78.60 ± 3.33	68.40 ± 4.97**	67.00 ± 1.79**	59.00 ± 5.02**	86.40 ± 1.29

* $P < 0.05$; ** $P < 0.001$. 下同 The same below.

理(NM、TM处理)对种子发芽率均无显著影响;而活植物体量大(NL、TL处理)的情况下,除塔藓处理对红皮云杉发芽率没有显著影响外,其余处理均对种子发芽率有极显著抑制作用;采用苔藓杀青植物体来培养红皮云杉和落叶松的种子,发现所有处理均对发芽率有不同程度抑制效果.在杀青植物体量大(DM处理)的情况下,拟垂枝藓显著抑制了种子发芽率,而塔藓对红皮云杉发芽率只有轻微的抑制作用,但对落叶松发芽率有极显著影响.在杀青植物体量小(DL处理)的情况下,除拟垂枝藓处理对落叶松发芽率的抑制作用未达到显著外,其余处理均对种子发芽率有极显著抑制作用.

在活植物体量大(M处理)的情况下,虽然两种苔藓植物对发芽率没有显著影响,但对其日萌发高峰仍有一定作用.由图 2a 可见,两种苔藓植物体均对红皮云杉种子日萌发有比较一致的延迟作用,第一次萌发高峰与对照同一天,但萌发率(NM: 11.0%; DM: 9.0%) 低于对照(17.2%),两种苔藓的第二次萌发高峰同时出现在第 5 天.落叶松的情况正好相反(图 2b),在两种苔藓 M 处理下,种子的萌发高峰发生在第 2 天和第 3 天,比对照(萌发

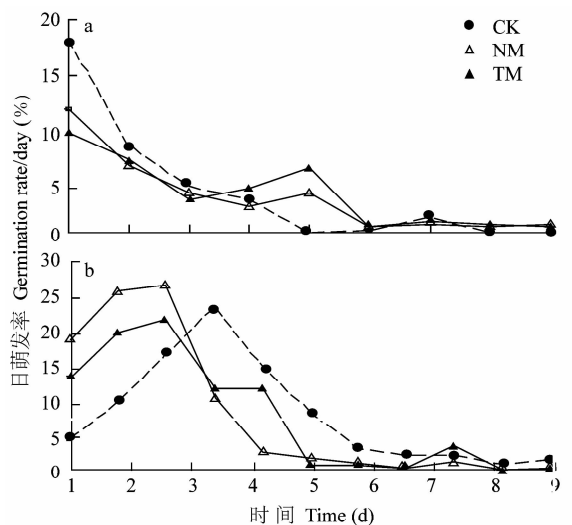


图 2 苔藓活植物体对红皮云杉和落叶松种子日萌发率的影响

Fig. 2 Effects of living shoots of bryophytes on daily germinations of *Picea koraiensis* and *L. olgensis*.

高峰在第 4 天) 提前了 1~2 d.

3.3 苔藓植物浸提液对针叶树幼苗生长的影响

由表 3 可以看出,苔藓浸提液对不同树种幼苗生长影响不同.在一定浓度下,塔藓和拟垂枝藓浸提液对红皮云杉和红松幼苗根长和苗长有抑制作用,却促进了落叶松幼苗的茎长.塔藓浸提液对红

表 3 苔藓植物浸提液对针叶树幼苗生长的影响

Table 3 Effects of water extracts of bryophytes on seedling growths of conifers (cm)

处理 Treatment	树种 Species					
	I		II		III	
	根长 Root length	苗长 Seedling length	根长 Root length	苗长 Seedling length	根长 Root length	苗长 Seedling length
TA	0.77 ± 0.11	3.66 ± 0.21	2.01 ± 0.18* *	6.21 ± 0.34* *	1.21 ± 0.06* *	3.44 ± 0.11
TB	1.14 ± 0.09	3.84 ± 0.17	2.51 ± 0.21	7.40 ± 0.38* *	0.87 ± 0.05	3.39 ± 0.16
TC	1.03 ± 0.15	3.30 ± 0.29	2.20 ± 0.19*	7.47 ± 0.37*	1.07 ± 0.07	3.84 ± 0.15*
TD	1.06 ± 0.07	3.86 ± 0.17	1.93 ± 0.17* *	6.68 ± 0.39* *	1.01 ± 0.05	3.17 ± 0.12
NA	1.11 ± 0.13	3.77 ± 0.24	2.51 ± 0.23	7.58 ± 0.37*	0.95 ± 0.07	3.31 ± 0.14
NB	0.57 ± 0.06*	3.31 ± 0.13	2.86 ± 0.20	8.09 ± 0.32	1.13 ± 0.07	3.59 ± 0.14
NC	0.55 ± 0.04*	3.27 ± 0.21	3.25 ± 0.20	9.29 ± 0.31	1.29 ± 0.07* *	4.00 ± 0.17* *
ND	0.81 ± 0.10	3.23 ± 0.22	2.33 ± 0.17*	7.63 ± 0.36*	1.30 ± 0.07* *	3.80 ± 0.14*
CK	1.24 ± 0.15	3.43 ± 0.31	3.34 ± 0.24	8.77 ± 0.44	0.87 ± 0.05	3.15 ± 0.14

皮云杉根长没有显著影响, 拟垂枝藓浸提液在 B、C 浓度下显著地抑制其根生长, 各处理对红皮云杉的苗长均无显著影响. 随着苔藓浸提液浓度的升高, 红松幼苗的根长和苗长呈现先升高再降低的趋势. 塔藓浸提液在高浓度(D)和低浓度(A)下对红松的根长和苗长均产生了极显著的抑制作用; 经多重比较, 各浓度之间的抑制作用无显著差异. 而拟垂枝藓浸提液仅在高浓度(D)下显著地抑制红松幼苗的根长和苗长. 两种苔藓浸提液均对落叶松幼苗生长具有促进作用. 落叶松的根长随拟垂枝藓浸提液浓度的升高而升高, 在浓度较高时达到极显著促进作用, 其苗长随浓度升高表现为先升高后降低, 在 C 浓度下表现极显著的促进作用; 而塔藓浸提液仅在低浓度(A)下促进根生长, 在较高浓度(C)下促进苗长生长.

3.4 苔藓植物体对针叶树幼苗生长的影响

由表 4 可以看出, 拟垂枝藓活植物体量大(NM 处理)时, 对两个树种的根长和苗长均有极显著的促进作用, 而塔藓对红皮云杉没有显著影响, 仅对落叶松苗长有极显著促进作用. 苔藓活植物体量小(TL、NL 处理)时, 对两个树种幼苗生长的影响均不显著. 相反, 苔藓植物体的杀青处理对幼苗的生长主

表 4 苔藓植物体对针叶树幼苗生长的影响

Table 4 Effects of bryophyte shoots on seedling growths of conifers (cm)

处理 Treatment	树种 Species			
	I		III	
	根长 Root length	苗长 Seedling length	根长 Root length	苗长 Seedling length
TM	0.95 ± 0.07	3.27 ± 0.13	1.23 ± 0.05	4.27 ± 0.08* *
TL	1.07 ± 0.15	3.35 ± 0.29	1.01 ± 0.05	3.93 ± 0.12
TDM	0.29 ± 0.03* *	2.62 ± 0.17	0.74 ± 0.04* *	3.08 ± 0.09* *
TDL	1.27 ± 0.23	3.34 ± 0.31	0.75 ± 0.04* *	2.43 ± 0.08* *
NM	1.74 ± 0.11* *	4.56 ± 0.20* *	1.54 ± 0.06* *	4.36 ± 0.11* *
NL	0.85 ± 0.10	2.55 ± 0.25	1.12 ± 0.06	4.05 ± 0.16
NDM	0.45 ± 0.04* *	3.28 ± 0.22	0.74 ± 0.03* *	3.20 ± 0.08* *
NDL	0.81 ± 0.08	3.82 ± 0.26	1.22 ± 0.06	3.97 ± 0.13
CK	1.06 ± 0.08	3.26 ± 0.17	1.23 ± 0.05	3.70 ± 0.10

要表现为抑制作用. 两种苔藓在杀青植物体量大(TDM、NDM 处理)时, 对红皮云杉的根生长有极显著的抑制作用, 对其苗长的影响不显著, 但对落叶松的根长和苗长均有极显著的抑制作用. 同时, 塔藓杀青植物体量小时(TDL 处理)也极显著地抑制了落叶松的根长和苗长.

4 讨 论

4.1 为模拟自然条件下雨水淋溶的效果, 本试验直接将苔藓植物放入水中浸泡, 而未进行研碎、萃取、消毒等处理. 在试验浓度范围内, 两种苔藓植物浸提液对红皮云杉和落叶松种子发芽率没有显著影响, 但在一定浓度下, 两种苔藓植物浸提液对红松种子的发芽率表现不同, 显著影响, 塔藓浸提液表现为抑制, 拟垂枝藓浸提液表现为促进; 采用苔藓植物体直接培养种子, 发现活植物体量大时对其发芽率没有影响, 而活植物体量小时及杀青后对其发芽率有明显抑制作用.

4.2 快速萌发有利于幼苗占据空间及获取资源, 增加存活的可能性^[2]. 虽然, 苔藓植物浸提液对红皮云杉和落叶松的发芽率没有显著影响, 但均加快了两个树种日萌发高峰的出现. 而苔藓活植物体量大时, 对不同树种日萌发影响也不相同. 它们延迟了红皮云杉的种子萌发高峰, 但加速了落叶松种子的萌发高峰, 并且两种苔藓的影响基本相同.

4.3 在一定浓度范围内, 苔藓植物浸提液对受试树种幼苗生长有不同程度的影响, 对红皮云杉和红松表现为抑制作用, 对落叶松表现为促进作用; 而用苔藓植物体直接培养种子, 发现在活植物体量大时对幼苗生长表现为促进作用, 而杀青后植物体大多表现为极显著的抑制作用.

本试验结果表明, 在塔藓和拟垂枝藓的次生代谢物质中可能含有一些影响种子萌发及幼苗生长的

物质,并且这种影响在不同浓度下对不同树种所起的作用也不相同,究竟是哪些物质在作用还需进行更深入的试验分析.虽然室内试验对发芽条件控制较好,但不能完全代替种子和幼苗在野外的生存环境.苔藓植物浸提液和植物体对种子萌发和幼苗生长影响存在差异,可能是因为植物体在营养释放、酸度、菌类等方面与浸提液相差较多,所创造的生存环境更复杂,同时也更接近于自然状态.因此,苔藓植物对暗针叶林主要树种更新的影响仍需要野外试验进一步验证,并且要综合考虑次生代谢物质、菌类、酸度、捕食、微气候和物种特异性等多种因素.此外,活苔藓植物体和死苔藓植物体对种子萌发及幼苗生长也有着不同影响,且差异很大,其作用机理有待于进一步研究.

参考文献

- 1 During HJ, Van Tooren BF. 1990. Bryophyte interactions with other plants. *Bot J Linn Soc*, **104**: 79 ~ 98
- 2 Dyer AR, Fenech A, Rice KJ. 2003. Accelerated seedling emergence in interspecific competitive neighbourhoods. *Ecol Lett*, **3**: 523 ~ 529
- 3 Gao Q (高谦), Cao T (曹同). 1983. A preliminary study on bryophytes of Changbai Mountain. *Res For Ecosyst* (森林生态系统研究), **3**: 82 ~ 118 (in Chinese)
- 4 Hao Z-Q (郝占庆), Guo S-L (郭水良), Cao T (曹同). 2002. Plant Diversity and Distribution Patterns in Changbai Moun-

- tain. Shenyang Liaoning Science and Technology Press. (in Chinese)
- 5 Longton RE. 1984. The role of bryophytes in terrestrial ecosystems. *J Hattor Bot Lab*, **55**: 147 ~ 163
- 6 Nakamura T. 1992. Effect of bryophytes on survival of conifer seedlings in subalpine forests of central Japan. *Ecol Res*, **7**: 155 ~ 162
- 7 Parker WC, Watson SR, Cairns DW. 1997. The role of hair-cap mosses (*Polytrichum* spp.) in natural regeneration of white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss). *For Ecol Manage*, **92**: 19 ~ 28
- 8 Sedia EG, Ehrenfeld JG. 2003. Lichens and mosses promote alternate stable plant communities in the New Jersey Pinelands. *Oikos*, **100**: 447 ~ 459
- 9 Steijlen I, Nilsson MC, Zackrisson O. 1995. Seed regeneration of Scots pine in boreal forest stands dominated by lichen and feather moss. *Can J For Res*, **25**: 713 ~ 723
- 10 Wang Q (汪庆), Luo X (罗宣). 2001. The application of bryophytes in plant prevention. *Guizhou Sci* (贵州科学), **19**(4): 93 ~ 100 (in Chinese)
- 11 Wu P-C (吴鹏程). 1998. *Bryophyte Biology*. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 12 Ye J (叶吉), Hao Z-Q (郝占庆), Dai G-H (戴冠华). 2004. Bryophyte biomass in dark coniferous forest of Changbai Mountain. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(5): 737 ~ 740 (in Chinese)
- 13 Ye J (叶吉), Hao Z-Q (郝占庆), Yu D-Y (于德永), et al. 2004. Research advances in bryophytes ecological function. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(10): 1939 ~ 1942 (in Chinese)

作者简介 蔺雪女, 1979年生, 硕士研究生. 主要从事森林生态学研究. E-mail: linfeinfu@yahoo.com.cn

责任编辑 李凤平