

大兴安岭 3 种主要林型兴安落叶松土壤 种子库与天然更新

阿日根¹, 刘 洋¹, 格日乐高娃¹, 张准霞¹, 高梅荣², 阿柔罕³, 铁 牛¹

(1. 内蒙古农业大学 林学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 2. 扎鲁特旗特金罕山森林生态系统定位观测研究服务中心, 内蒙古 通辽 029100; 3. 额济纳旗森林公安局, 内蒙古 阿拉善 735400)

摘 要: 以内蒙古大兴安岭北部兴安落叶松天然林的 3 种主要林型杜香 - 兴安落叶松林、杜鹃 - 兴安落叶松林、草类 - 兴安落叶松林为研究对象, 利用样地调查数据, 研究其土壤种子库与天然更新的相关性。采用 SPSS 及 Winkelmass 软件进行单因素方差、相关性及空间分布格局分析。结果显示: 土壤种子在不同林型间存在显著差异, 并且不同土层当中各林型组的种子密度均呈现明显的垂直分布。从土壤种子库与幼苗天然更新株数的相关系数来看, 幼苗天然更新与土壤种子库有活力种子及枯落物层种子的相关性极好、与土层 0~5 cm 的种子存在显著正相关, 而与土层 5~10 cm 种子相关性不显著。3 种主要林型平均角尺度分别是: 杜香 - 兴安落叶松林 $\bar{w}=0.595$ 、杜鹃 - 兴安落叶松林 $\bar{w}=0.576$ 、草类 - 兴安落叶松林 $\bar{w}=0.596$, 平均角尺度均大于 0.517, 更新幼苗分布格局均呈现聚集分布。幼苗天然更新与土壤种子库有一定的关联性, 种源条件是制约兴安落叶松天然更新的主要因素之一。

关键词: 兴安落叶松; 天然更新; 土壤种子库; 空间分布格局

中图分类号: S791.222

文献标志码: A

文章编号: 1673-923X(2018)10-0066-05

The soil seed bank and natural regeneration of three main forest types in Daxing'anling

Arigen¹, LIU Yang¹, Gerilegaowa¹, ZHANG Zhunxia¹, GAO Meirong², Arouhan³, TIE Niu¹

(1. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, Inner Mongolia, China; 2. The service Center of Trevor Jin Hanshan's Locating Observation and Study Station of Forest Ecological Systems in Jared Banner, Tongliao 029100, Inner Mongolia, China; 3. Ejinaqi Forest Public Security Bureau, Alashan 735400, Inner Mongolia, China)

Abstract: The Daxing'anling in Inner Mongolia in northern *Larix gmelinii* forest three main forest types, that is *Ledum palustre* L.-Larix forest, *Rhododendron simsii* Planch.-Larix forest, Herbage-Larix forest. Using the sample plot survey data, the study of soil seed bank and the correlation of natural regeneration. By SPSS and Winkelmass software to carry on the single factor variance, correlation and spatial distribution pattern analysis. The results showed that significant differences between soil seed in different forest types, and different soil seed density in various forest types of group were present obvious vertical distribution. Soil seed bank and seedling natural update number of correlation coefficient, the seedling natural regeneration and soil seed bank of energetic seed and litter layer correlation was good, and the soil 0-5 cm seeds existed significant positive correlation, and the soil had no significant correlation between 5-10 cm seeds. The average angular scale of three main forest types is respectively: *Ledum palustre* L.-Larix forest $\bar{w}=0.595$, *Rhododendron simsii* Planch.-Larix forest $\bar{w}=0.576$, Herbage-Larix forest $\bar{w}=0.596$, The mean angular scale is greater than 0.517, update seedlings gathered distribution distribution pattern were presented. The distribution patterns of seedlings were updated an aggregate distribution. Seedling natural regeneration and soil seed bank has certain relevance, provenance conditions is one of the main factors of restricting *Larix gmelinii* natural regeneration.

Keywords: *Larix gmelinii*; natural regeneration; soil seed bank; spatial distribution pattern

收稿日期: 2017-10-09

基金项目: 国家重点研发计划重点专项“火烧及采伐迹地森林生态系统恢复和功能提升关键技术”(2017YFC0504003); 国家自然科学基金项目(31360180)

作者简介: 阿日根, 硕士研究生

通信作者: 铁 牛, 教授, 博士生导师; E-mail: wangtieniu@126.com

引文格式: 阿日根, 刘 洋, 格日乐高娃, 等. 大兴安岭 3 种主要林型兴安落叶松土壤种子库与天然更新 [J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(10): 66-70.

林分土壤种子库是林分天然更新的限制因素之一,也是林分保持稳定性的重要生态子系统。土壤种子库对林分天然更新的质量、效果及林分结构起着一定的作用^[1-2]。Johnson 指出,灾变后土壤种子库质量较好的,既土壤种子库储存量大的森林生态系统能迅速恢复,反之恢复的很慢^[3-4]。自然条件下,大部分树种是靠种子达到林分更新目的,所以林分要达到更新目的具备条件之一是要有充足的种源^[5-6]。因此,为了能够预测现有林分暗含的更新能力,对土壤种子库及林分天然更新进行调查探究很有必要^[7]。本文以大兴安岭杜鹃-兴安落叶松林、草类-兴安落叶松林、杜香-兴安落叶松林 3 种林型兴安落叶松土壤种子库及幼苗天然更新情况为研究对象,探究兴安落叶松土壤种子库与林分天然更新之间的关联^[8-9],为大兴安岭兴安落叶松林分天然更新提供充分的科学支撑^[10-11]。

1 研究区概况

本研究在内蒙古大兴安岭根河林业局潮查林场境内进行,该地区属于国家级森林生态系统野外观察研究站,地处大兴安岭西北坡,50°49'~50°51'N,121°30'~121°31'E。土壤以暗棕壤为主,土壤呈微酸性,pH 值在 4.5~6.5 之间,盐饱和度较高。林分主要树种为兴安落叶松 *Larix gmelinii*,其面积占总面积 79%,伴生树种有白桦 *Betula platyphylla* 和山杨 *Populus davidiana*。兴安落叶松可分为多种林型,主要有杜鹃-落叶松林、赤杨-落叶松林、杜香-落叶松林、杜香-落叶松林、丛桦-落叶松林及偃松-落叶松林等。林下植物有常见的兴安杜鹃 *Rhododendron dahuricum*、柴桦 *Betula fruticosa*、杜香 *Ledum palustre*、越桔 *Vaccinium vitisidaea*、柳叶绣线菊 *Spiraea salicifolia*、笃斯越桔 *Vaccinium uliginosum*、红花鹿蹄草 *Pyrola incarnata* 等多种植物类型。

2 研究方法

2.1 样地设置

经过实地考察在潮查林场选择地势平坦、更新幼苗幼树株数适中、具有代表性的兴安落叶松林中选择 3 种主要林型设置样地,样地的海拔以及林分格局和结构基本一致,且立地条件相似,每个林型内设置 1 块大小为 50 m×50 m 的临时样地,共设置 3 块样地,样地林分类型分别为杜香-兴安落叶松林、杜鹃-兴安落叶松林和草类-兴安

落叶松林,林分郁闭度为 0.8。按相邻格子法划分成 10 m×10 m 的网格状的小样方进行每木检尺,调查样地内所有乔木的树种名称、树高、胸径和冠幅等林分因子,并对每株树木定位,标注其坐标。树高≥30 cm 且 DBH<5 cm 的乔木称之为幼苗。

2.2 土壤种子库

在设好的样地林冠下按交叉法设置 9 个 20 cm×20 cm 的样方取样,在各小样方内分枯枝落叶层、土壤层 0~5 cm 和 5~10 cm 的 3 个层次取样,重复 3 次取样,分别是 2016 年 5 月初,2016 年 7 月初,2016 年 8 月末。将所有样品带回实验室,并进行活力测定。对筛选出来的完整种子用靛蓝染色法对其进行生活力测定,种胚被染色为有无活力种子,没有被染色为有活力种子。最终分别归类为空粒种子、腐烂种子、蛀虫种子、染色无活力种子和染色有活力种子等 5 类。

2.3 幼苗分布格局

本研究采用交尺度 (W_i) 分析分布格局,概念为相邻木围绕参照树的均匀性,即林木个体在空间分布格局或水平地面上的分布形式^[12]。计为:

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 Z_{ij}$$

其中:式中 j 个 a 角小于标准角 ($a_0=72^\circ$) 时, $Z_{ij}=1$; 反之, $Z_{ij}=0$; 当 W_i 取值分别为: 0、0.25、0.50、0.75、1 时,相应的表示绝对匀、均匀、随机、不均匀、聚集。林分角尺度平均值 (\bar{W}), 计算公式为: $\bar{W} = \frac{1}{N} \sum_i W_i$, N 为样地内林木总株数^[13-14]。本文采用 Excel、SPSS 及 Winkelmass 软件对有关数据进行分析。

3 结果与分析

3.1 土壤种子库质量及垂直分布

对兴安落叶松 3 种主要林型土壤种子密度及种子组成指标进行单因素方差分析(表 1),结果显示,土壤种子在不同林型间存在显著差异:杜鹃-落叶松林种子库储存量和有活力种子数量最多,分别为 $(2\ 069.33 \pm 188.94)$ 粒/ m^2 和 (141.67 ± 47.87) 粒/ m^2 ; 其次是草类-落叶松林,分别为 $(1\ 342.67 \pm 161.23)$ 粒/ m^2 和 (74.67 ± 25.15) 粒/ m^2 ; 杜香-落叶松林种子库储存量及有活力种子数量最小,为 $(1\ 047.99 \pm 170.14)$ 粒/ m^2

(40.33 ± 24.91) 粒 / m^2 。林分的种子产量和土壤保存条件是决定土壤中有活力种子数量的主要因素, 土壤保存条件优越的林分, 产量及种子质量均高, 而且土壤中有生活力种子也多。不同林型土壤让种子库储存量的差距与种子落种量有密切的关系, 而落种量的大小跟生产力有直接联系。

因此杜香 - 落叶松林的土壤温度过低, 永冻层过浅以及漂灰作用强烈而导致了立地生产力低, 所以杜香 - 落叶松林种子库储存量最少; 草类 - 落叶松林位于西南坡, 土壤比较干燥, 自然落种量也会少; 而杜鹃 - 落叶松林的生产力中等, 落种量较多, 随之土壤种子库储备量也多。

表 1 兴安落叶松土壤种子库密度[†]
Table 1 Soil seed bank density of *Larix gmelinii*

林型	种子库密度 (粒· m^{-2})	土壤种子组成/(粒· m^{-2})				
		空粒种子	腐坏粒	蛀虫	染色无活力	染色有活力
杜香 - 落叶松林	1047.99 ± 170.14 a	806.33 ± 63.61 a	89.66 ± 20.50 a	69.33 ± 40.62 a	42.34 ± 20.50 a	40.33 ± 24.91 a
杜鹃 - 落叶松林	2069.33 ± 188.94 c	1362.33 ± 42.44 c	198.33 ± 17.01 b	172.00 ± 45.83 b	195.00 ± 35.79 c	141.67 ± 47.87 b
草类 - 落叶松林	1342.67 ± 161.23 b	936.67 ± 20.56 b	116.00 ± 27.51 a	102.00 ± 53.89 ab	113.33 ± 34.12 b	74.67 ± 25.15 ab
F	72.28	121.60	19.72	4.97	18.33	6.74
P	0.000	0.000	0.002	0.053	0.003	0.029

† 同列相同小写字母表示无显著差异, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

由图 1 可知, 在不同土层当中各林型组的种子密度均呈现明显的垂直分布, 种子数量所占比例最多的是枯落物层, 其平均种子数量占种子总数的 77.67% ~ 82.37%; 其次是 0 ~ 5 cm 层, 平均种子数量占种子总数的 10.82% ~ 15.11%; 而在 5 ~ 10 cm 层土壤中的种子数量最少, 平均种子数量占种子总数的 6.80% ~ 7.40%。因此, 兴安落叶松种子在不同土壤层次的分布为枯落物层 > 土层 0 ~ 5 cm > 土层 5 ~ 10 cm, 且随着土层的加深土壤种子库的密度变小。

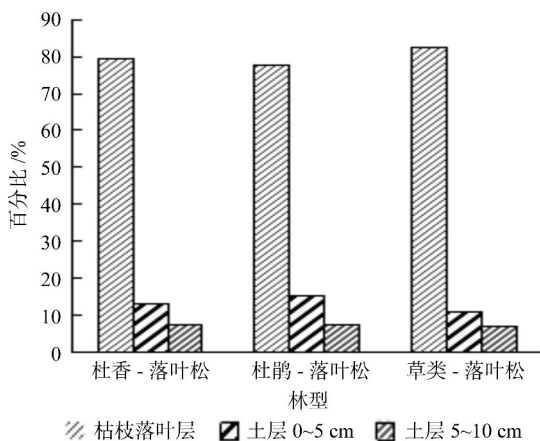


图 1 不同林型土壤种子库垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of soil seeds in different forest type

3.2 幼苗更新情况

对 3 种不同林型进行天然更新调查结果来看, 草类 - 落叶松林更新株数为 888 株 / hm^2 , 杜鹃 - 落叶松林为 948 株 / hm^2 , 杜香 - 落叶松林为 792

株 / hm^2 。因灌木杜香的密度及下木盖度过大且过于茂密从而造成了荫蔽的小生境, 使土壤温度降低, 剥夺了幼苗生长发育所需的光照条件, 所以会使杜香 - 落叶松林更新变差; 草类 - 落叶松林由于缺少种子的萌发并且上层植物对光照条件的影响以及种间与种内之间的竞争会加重幼苗生长所需的光照和水热条件的亏缺, 使草类 - 落叶松林幼苗更新不太理想; 杜鹃 - 落叶松林与其它两种森林类型相比较幼苗天然更新情况较好。本文以春季的种子库储存量为基准, 利用土壤种子库的相关数据和幼苗更新数量探讨自然条件下兴安落叶松土壤种子库中种子萌发成苗情况。由表 2 可知, 从土壤种子库与幼苗天然更新株数相关系数来看, 有活力种子、枯落物层种子与幼苗天然更新株数均极显著正相关, 0 ~ 5 cm 种子与幼苗天然更新株数显著正相关, 5 ~ 10 cm 种子与幼苗天然更新株数相关系数为正直, 相关性不显著。

3.3 幼苗空间分布格局

惠刚盈^[15]等提出, 当角尺度分布 0.5 取值左侧频率明显高于右侧频率时, 林分为均匀分布; 角尺度分布在 0.5 取值两侧的频率大致相等时, 林分为随机分布; 角尺度分布在 0.5 取值右侧频率明显高于左侧, 则林分属于聚集分布 (团状分布)。为了便于应用, 还提出了角尺度均值判别法^[16], 即平均角尺度 (\bar{w}) 的取值范围: [0.475, 0.517] 内为随机分布, $\bar{w} < 0.475$ 的分布为均匀分布, $\bar{w} > 0.517$ 的则为聚集分布 (团状分布)。由此可知, 本研究中图 2 所示, 3 种主要林型更新幼苗

表 2 兴安落叶松土壤种子库及幼苗更新相关性[†]
Table 2 Pearson Correlations of soil bank seedling regeneration of *Larix gmelinii*

	有活力种子 /(粒·m ⁻²)	枯落物层种子 /(粒·m ⁻²)	0~5 cm 种子 /(粒·m ⁻²)	5~10 cm 种子 /(粒·m ⁻²)	幼苗更新株数 /(株·hm ⁻²)
有活力种子/(粒·m ⁻²)	1				
枯落物层	0.996*	1			
0~5 cm 种子/(粒·m ⁻²)	0.991**	0.992*	1		
5~10 cm 种子/(粒·m ⁻²)	0.970*	0.966	0.990*	1	
幼苗更新株数/(粒·m ⁻²)	0.998**	0.999**	0.994*	0.973	1

† 表中*和**分别表示相关系数达0.05和0.01水平。

角尺度分布在 0.5 取值右侧频率均明显高于左侧；由表 3 可知，3 种主要林型平均角尺度分别是：杜香 - 兴安落叶松林 $\bar{w}=0.595$ 、杜鹃 - 兴安落叶松林 $\bar{w}=0.576$ 、草类 - 兴安落叶松林 $\bar{w}=0.596$ ，平均角尺度都大于 0.517，所以 3 种主要林型更新幼苗分布格局均呈现聚集分布。聚集的个体群具有较强的抗性和自我调节功能，同时增强了对所栖息的小生境的改造作用，促使其生态因子综合效能向有利于更新种群方面转化，并且以聚集分布形式来增强与其它物种竞争的能力。

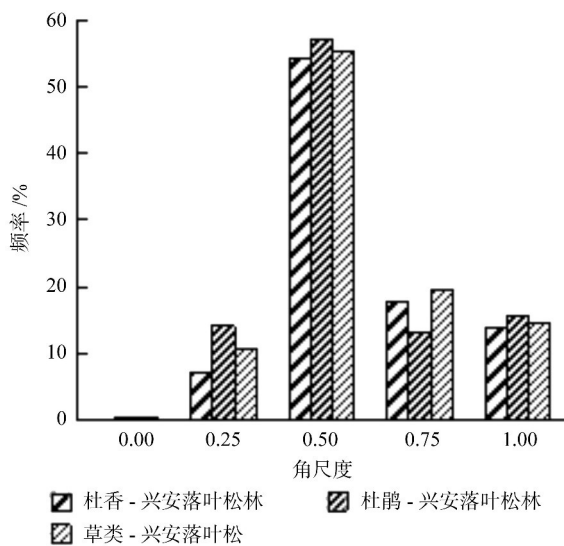


图 2 不同林型幼苗分布格局

Fig. 2 The different forest seedling distribution pattern

表 3 不同林型幼苗平均角尺度及其频率分布
Table 3 Different forest seedling average angular angle scale and frequency

角尺度	杜香 - 兴安 落叶松林	杜鹃 - 兴 安落叶松林	草类 - 兴安 落叶松林
0	0.000	0.005	0.004
0.25	0.070	0.141	0.106
0.50	0.542	0.570	0.553
0.75	0.176	0.133	0.195
1.00	0.137	0.156	0.146
平均值	0.595	0.576	0.596

4 结论与讨论

论种子库储存量而言，在 3 种主要林型当中杜鹃 - 兴安落叶松林最大，为 2 069.33 粒/m²；杜香 - 兴安落叶松林最小，为 1 047.99 粒/m²；草类 - 兴安落叶松林在两者之中，为 1 342.67 粒/m²。种子库整体质量较差，在所有完整种子中，均空粒种子的比例最大，而有活力种子所占比例最小，此现象的主要原因是兴安落叶松为雌雄同株，一般多为自花授粉，雌花要是没有得到所需要的花粉就会影响种子的质量，除此之外，外界环境发生的变化，以及微生物对种子进行分解等都会导致种子失去生命力，落叶松种皮为木纤维胶体不易腐烂，因而收集的完整种子中空粒种子占了绝大多数。从垂直分布来看，种子多聚集在枯落物层，土层 5~10 cm 中种子分布最少，0~5 cm 的种子分布介于两者之间，该结论与多数研究者提出的结果一致。

从土壤种子库与幼苗天然更新株数相关系数来看^[17]，两者之间极显著正相关，所以不同林型中有着不同数量的落叶松幼苗分布，这说明 3 种主要林型的土壤种子库具有一定的发芽力和生活力，在自然状态下，兴安落叶松林能够依靠土壤种子库中储存的种子，产生一定数量的幼苗^[18]。与此同时，适宜的生长环境对幼苗天然更新来说起着重要作用，水分、光照、气候等都有影响^[19]。另外，林下植被、枯落物、腐殖质层都阻碍种子与土壤接触，即使一部分种子能够发芽成苗，但由于林下植被的阻挠幼苗在土壤中很难扎稳根系，得不到足够的水分和养分，致使幼苗死亡，从而影响林分更新^[20]。

从 3 种主要林型的天然更新密度上来看，杜香—兴安落叶松林林地 792 株/hm²，杜鹃—兴安落叶松林林地 948 株/hm²，草类—兴安落叶松林林地 888 株/hm²。3 种主要林型幼苗更新情况从强到弱依次为杜鹃—兴安落叶松林 > 草类—兴安落叶松林 > 杜香—落叶松林。从研究结果来

看, 3 种主要林型更新幼苗均属于聚集分布, 这与其他有关兴安落叶松水平分布格局方面的研究结果相符合^[21]。

由于研究采用短期调查形式, 缺乏长期检测, 这对研究成果有一定的影响。基于前人的研究结果, 大多数都是采用短期的、间断的调查样块的研究方法, 取得的结果是森林演替过程的某一片断。因此, 应用长期定位检测的研究方法, 是今后土壤种子库动态研究的关键, 同时也可以考虑兴安落叶松其它森林林型作为研究对象划分不同龄组, 对其展开更进一步的研究。

参考文献:

- [1] Xiaojun Du, Qinfeng Guo, Xianming Gao, *et al.* Seed rain, soil seed bank, seed loss and regeneration of *Castanopsis fargesii* (Fagaceae) in a subtropical evergreen broad-leaved forest[J]. *Forest Ecology and Management*, 2007, 238(1-3):212-219.
- [2] Simpson R L. Ecology of soil bank[M]. Academic Press, 1989.
- [3] 张 涛. 干旱矿区废弃地土壤种子库特征研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [4] 赵凌平. 土壤种子库对黄土高原草地植被恢复的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [5] 龚直文, 亢新刚, 顾 丽, 等. 天然林林分结构研究方法综述 [J]. *浙江林学院学报*, 2009, 26(3):434-443.
- [6] 雷娜庆, 刘 洋, 萨如拉, 等. 大兴安岭兴安落叶松天然林结构特征 [J]. *东北林业大学学报*, 2017, 45(3): 8-12.
- [7] 高润梅, 石晓东, 郭跃东, 等. 文峪河上游华北落叶松林的种子雨、种子库与幼苗更新 [J]. *生态学报*, 2015, 35(11): 3588-3597.
- [8] 王文娟, 常 禹, 刘志华, 等. 大兴安岭呼中林区地表死可燃物含水量及其环境梯度分析 [J]. *生态学杂志*, 2009, 28(2): 209-215.
- [9] 尤龙杰, 尤龙辉, 涂永元, 等. 不同竹龄麻竹材气干密度、力学性质及燃烧性能的比较研究 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2017, 37(10): 124-132.
- [10] 王文娟, 常 禹, 刘志华, 等. 大兴安岭呼中林区地表死可燃物含水量及其环境梯度分析 [J]. *生态学杂志*, 2009, 28(2): 209-215.
- [11] 辛巍巍. 大兴安岭兴安落叶松原始林倒木特征及其更新机制研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
- [12] 陈冀楠. 马尾松阔叶树混交林空间结构量化分析 [D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
- [13] 邓 超. 基于多功能经营的杉木生态公益林空间结构优化研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016.
- [14] 周永奇. 杉木生态公益林林分结构与林下植被多样性研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2014.
- [15] 惠刚盈, 胡艳波. 角尺度在林分空间结构调整中的应用 [J]. *林业资源管理*, 2006(2): 31-35.
- [16] 惠刚盈, Gadov K v., Das Winkelmaß. Herleitung des optimalen Standardwinkels[J]. *Allg.Forst- u.J.-Ztg*, 2002, 173(10): 173-178.
- [17] 苏曼琳, 吴 尚, 马履一, 等. 文冠果结果与枝条主要性状因子间的相关分析 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2017, 37(4):59-63.
- [18] 熊楚翹. 子午岭油松林土壤种子库研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [19] 陈永富. 森林天然更新障碍机制研究进展 [J]. *世界林业研究*, 2012, 25(2): 41-45.
- [20] 曲文娇, 张云江, 王 敏. 长白落叶松天然更新效果的调查分析 [J]. *辽宁林业科技*, 2008(5):59-60.
- [21] 邢婷婷, 张秋良, 王晓宏, 等. 不同林型兴安落叶松各器官氮磷钾含量对比研究 [J]. *内蒙古林业科技*, 2015, 41(2): 13-16.

[本文编校: 吴 彬]