

呼伦贝尔沙地樟子松更新苗分布特征研究

王妍^{1,2}, 卢琦², 吴波², 杜敏³, 王玉华³

(1. 西南林学大学 环境科学与工程系, 水土保持与荒漠化防治重点学科, 昆明 650224; 2. 中国林业科学研究院 林业研究所, 国家林业局森林培育重点实验室, 北京 100091; 3. 内蒙古自治区呼伦贝尔市林业研究所, 内蒙古 海拉尔 021008)

摘要: 沙地樟子松在沙地上持续进行的天然更新对退化生态系统的植被恢复与重建, 沙地生态系统各种效益的持续发挥, 以及我国北方绿色生态屏障的建立都具有重要意义。本文通过调查发现, 在呼伦贝尔沙地, 天然分布的沙地樟子松更新状况良好, 经常可以见到 10~20 龄的更新苗群丛。在不受干扰的情况下, 樟子松单株下常见不同龄级的幼苗和幼树, 其中 6~10 龄所占的比例最大, 1~5 龄次之, 这与近年来干旱加剧和过度放牧的关系密切。随着林木单株的生长发育, 从幼年期经青年期、壮年期到老年期, 单株下方更新苗的密度逐渐增加, 成熟单株下方更新苗的密度达到最大, 以后渐趋平缓。过熟单株的结实率依然较高, 但林下更新苗的数量略有减少。通过对沙地樟子松单株下的更新苗进行分布型计算, 认为樟子松更新苗呈集群分布的格局。在不考虑樟子松单株的龄级和其生境特殊性的情况下, 沙地樟子松单株下的更新苗集中分布在林冠下北偏东方向的一个扇形区域内, 产生这种现象的主要原因是光照和风向的共同作用产生的。

关键词: 更新苗; 天然更新; 沙地樟子松; 分布格局

中图分类号: S754; S791.253

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0086-06

Seedling Dispersal Pattern Research of the Natural Mongol Scotch Pine Individual Plant in Hulun Buir Sandland

WANG Yan^{1,2}, LU Qi², WU Bo², DU Min³, WANG Yuhua³

(1. Department of Environment Science and Engineering, Key Subject of Soil and Water Conservation & Desertification Control, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry/Key Laboratory of Forest Breeding, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 3. Forestry Research Institute of Hulun Buir, Hailar, Inner Mongolia 021008, China)

Abstract: The natural regeneration process of Mongol Scotch Pine in the sandy land is important to vegetation rehabilitation, degraded ecosystems reconstruction, sustainable sandy ecosystem benefit development, as well as the establishment of green ecological barriers in north of China. Results show that in Hunlun Buir Sandyland it is common to find the 10~20 years old Mongol Scotch Pine seedling association. Under the environment without all kinds of disturbance, there are lots of seedlings distribute around the mature individual plant, and 6~10 years old seedlings take an advantage percentage, 1~5 years old seedlings take the secondary percentage, which related to the recently drought climate and local overgrazing. With the individual plant growth from young to aging, the seedling density under the individual plant gradually increased, and seedling density is highest under the mature individual growth. After the calculating the seedling distribution type index, results show that Mongol Scotch Pine seedlings is clusted distribution pattern. Without the considering of the individual plant age class and its habitat spatial heterogeneity, the seedlings distribute assembly in a fan-shape region located in north to east direction below the mature growth crown.

Key words: seedling; natural regeneration; *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.; spatial dispersal pattern

收稿日期: 2010-06-19

资助项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFYBB2007042); 国家科技支撑项目(2006BAD26B01)

作者简介: 王妍(1980-), 女, 河北承德人, 博士, 讲师, 主要从事荒漠化防治和恢复生态学研究。E-mail: wycyf@126.com

通信作者: 卢琦(1962-), 男, 博士, 研究员, 主要从事荒漠化防治和干旱区生态学研究。E-mail: luqi@caf.ac.cn

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

近年来,许多学者对种子植物种群分布格局、散布格局、种子萌发行、萌发特点、幼苗分布格局等方面进行了比较深入的研究^[1-4]。由于种子萌发、干扰和自然因素等多方面原因,使幼苗种群具有动态特征,这直接影响到成熟植物种群的组成、结构及动态,决定着植物能够成功定居的范围,从而对随后的种群分布格局、种群扩散及更新等一系列生态学过程产生决定性的影响,进而影响着植物种群的世代延续和发展^[5-6]。此外,从种子萌发生成幼苗到幼苗成功定居这一历程,虽然在时间上比较短暂,但幼苗在时间和空间上的分配形式直接影响到群落的物种组成、单个种群的变化以及整个群落的格局和过程^[7]。沙地樟子松(*Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.)天然分布在呼伦贝尔高原的红花尔基沙地,并沿伊敏河、辉河两岸,生长在一些固定和半固定沙丘上,与广阔的草原交错分布,形成了特有的森林草原景观^[8-9]。由于其耐寒、耐旱、根系发达及不苛求土壤水分等特征,近年来在我国广泛引种,是东北地区优良的造林树种,也是北方干旱地区防风固沙的优良树种^[10]。沙地樟子松在沙地上持续进行的天然更新对退化生态系统的植被恢复与重建,沙地生态系统各种效益的持续发挥,以及我国北方绿色生态屏障的建立都具有重要意义。

目前关于沙地樟子松林下幼苗的分布特征研究还尚未见报道,而了解沙地樟子松林下有无更新苗、更新苗的存活情况以更新苗种群数量动态对理解沙地樟子松更新规律是十分必要的^[11]。本文通过调查沙地樟子松林下更新苗的分布格局及年龄分布特征,探讨沙地樟子松种群的更新特征和规律,以期为促进沙地樟子松的天然更新提供理论参考,为天然樟子松林的保护、可持续经营和次生林的恢复提供重要的科学依据。

1 研究区概况

莫和尔图林场位于鄂温克族自治旗的东北部(120°21′-120°44′E, 48°58′-49°08′N),面积约4.40万hm²,研究区属中温带大陆性气候区。年均温为-2.4~-2.2℃,年降水量为300~350mm。地貌由固定、半固定沙地和低山丘陵构成,东部为低山丘陵地貌,山顶浑圆,沟谷开阔,土壤以灰色森林土为主;中西部为固定沙地和半固定沙地,土壤以风砂土为主。河流主要有巴赛亚拉和龙头河,均发源于东部的大兴安岭山地,受地形影响,河道千曲百折,河水流量不大。

特殊的地理位置,决定了该地区植物区系成份的

复杂性和种类的多样性。该地区植被虽以森林植物成份为主体,但明显表现出森林植被向草原植被过渡的交汇分布特征。属于东西伯利亚区系的白桦(*Betula platyphylla* Suk.)、赤杨(*Alnus japonica* (Thunb.) Steud)等森林植物,多分布于该地区东部,并与属于北温带成份、旧大陆温带植物的草本及蕨类等构成次生森林植被。属于达乌里-蒙古成份的多数草本植物,主要分布于向阳山坡,与属于哈萨克斯坦-蒙古成份、黑海-哈萨克斯坦-蒙古成份的星毛萎陵菜(*Potentilla acaulis* Linn.)和麻花头(*Serratula cupuliformis* Nakai et Kitag.)等形成比较稳定的草原生态序列。沙生植物集中分布于中西部的沙地上,以沙地樟子松、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla* Lam.)、羊草(*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.)、羊茅(*Festuca gigantea* (L.) Vill.)和多叶棘豆(*Oxytropis myriophylla* (Pall.) DC.)等旱生植物为建群种,并伴生有沙蒿(*Artemisia ordosica* Krasch.)和胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等,现分布的珍稀濒危树种沙地樟子松4890hm²,占林场有林地面积的67%,主要以幼龄林和近成熟林为主。

2 研究方法

2.1 母树龄级划分及选择

以20龄为单位将沙地樟子松林划分为幼龄林、杆材林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林共6个龄级,结果如表1所示。选择龄级≥Ⅱ龄级的孤立木或疏林中受其他单株影响较小的沙地樟子松母树作为研究对象。本研究共调查樟子松母树21株,其中Ⅱ龄级6株,Ⅲ龄级5株,Ⅳ龄级5株,Ⅴ-Ⅵ龄级4株,≥Ⅶ龄级1株。

表1 母树龄级的划分及调查株数统计

项目	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ~Ⅵ	≥Ⅶ
名称	杆材林	中龄林	近熟林	成熟林	过熟林
年龄期限/a	21~40	41~60	61~80	81~120	≥121
调查数量/株	6	5	5	4	1
所占百分比/%	28.57	23.81	23.81	19.05	4.76

2.2 更新苗调查

记录样地地理位置(经纬度)和基本的生境信息,如海拔、坡度、坡向、地表植物种类以及受干扰程度等,并对母树进行基本测树因子调查,如树龄、冠幅(长轴a和短轴b)、胸径和树高等。以单株母树为中心,沿正南正北方向设置样地,样地大小根据母树冠幅和林冠下更新苗的分布而定,设置的基本原则将母树及林冠下全部更新苗包括在样方中。采用相邻网格法将样地划分为N个1m×1m的网格,严格按照

顺序统计每个网格内更新苗的生长状况、龄级和株数等信息。

需要注意的是, 本研究中所提到的更新苗主要指沙地樟子松林木幼苗阶段(从种子萌发形成幼苗到 3 龄前)和幼树阶段(幼苗成活后到结实前)的统称, 具体研究范围为 0~30 龄, 更新苗龄级的划分如表 2 中所示。

表 2 天然沙地樟子松更新苗龄级的划分 a

更新苗龄级	I	II	III	IV	V	VI
年龄期限	1~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30
平均年龄	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5

2.3 统计分析及空间分布型计算

测定种群空间分布型的数学模型有很多, 大多从判断分布格局类型和集聚强度的角度出发, 描述种群分布特点。本文采用负二项式 k 值、方差/均值比率 t 值进行测定; 采用丛生指标(I)、平均拥挤指数(m)、聚块性指标(z)、扩散指标(I_s)、格林指数(GI)、Cassie 指标(CA) 进行集聚强度测定^[12]。

另外, 本研究采用 SPSS for Windows 15.0 计算平均值、标准偏差, 并进行方差分析、相关分析和回归分析。利用美国 Gamma 公司的地统计学软件 GS+ 进行空间自相关和插值分析, 利用 ESRI 公司的 ArcView GIS 3.3 软件进行更新苗的空间位置分析。

3 结果与分析

研究林分中更新苗的分布格局及其与环境因子的相互关系, 不仅可以揭示植物种群中更新苗的特征, 而且可根据更新苗对环境因子随机性的偏离及其与环境因子的相互关系, 进一步探索更新苗种群分布的控制因子^[13]。

3.1 更新苗年龄分布特征

野外共调查樟子松母树更新样地 18 个, 统计所有样地中更新苗的株数, 结果如图 1 所示。从图中可以看出, 樟子松母树下更新状况较好, 更新苗分布较多, 以 6~10 龄的更新苗较为常见, 在所有更新苗中所占的比例最大, 11~15 龄更新苗所占的比例稍次之, 1~15 龄的更新苗占有所有更新苗总数的 80% 以上, 杆材林(20 龄以上)所占的比例较小。从图中还可以看出, 樟子松更新苗种群有大量年幼个体存在, 成熟个体相对较少, 这说明由于种群内自然稀疏和种间竞争的影响, 更新苗的出生率远大于死亡率, 种群基本上是呈增长型的。1~5 龄的幼苗与 6~10 龄的幼苗数量相当, 说明种群年龄结构趋于稳定。这也在一定程度上说明, 在条件适宜的情况下樟子松母树的更新能力较强。另外, 在沙地樟子松群落中, 某一年

龄段的更新苗较多, 如 6~10 龄和 11~15 龄更新苗所占的比例较大, 说明樟子松更新状况并不是一个连续的渐变过程, 而是以某一年或某些年突发的形式为主。另外, 产生上述现象的原因与近 10 a 来莫和尔图地区畜牧业的飞速发展和全球变化的大背景也有密切关系。

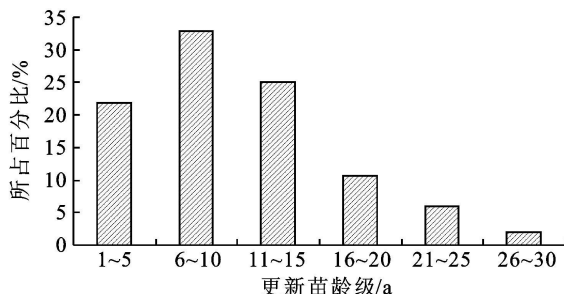


图 1 母树样地更新苗平均龄级分布

根据鄂温克旗的 1962–2006 年气象资料显示, 60–90 年代鄂温克旗年平均降水量呈上升趋势, 平均蒸发量为下降趋势, 而 2000–2006 年平均降水量呈陡然下降趋势, 平均蒸发量呈上升趋势, 导致研究区干旱发生频率增加。由于干旱趋势的增加, 加上自 2000 年起, 鄂温克旗畜牧业呈飞速发展的态势, 导致林草矛盾逐渐加剧, 天然沙地樟子松林受放牧干扰的程度愈加强烈, 导致近年来沙地樟子松 1~5 龄更新苗出现较少。

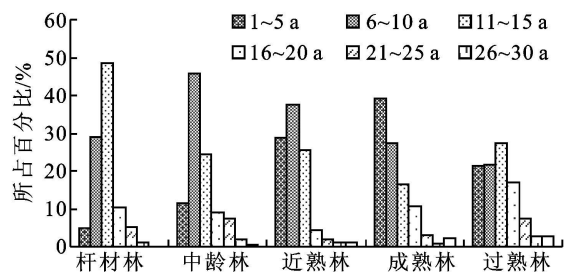


图 2 不同龄级母树下更新苗的龄级分布

统计不同龄级沙地樟子松母树下更新苗的分布情况, 结果见图 2。从图中可以看出, 随着树木由杆材林生长为成熟林, 林下 1~5 龄更新苗出现的数量逐渐增加, 在更新苗库中所占的比例逐渐增大, 成熟林木下更新苗中 1~5 龄幼苗所占的比例较高, 达到近 40%, 这不仅是因为成熟林的结实量高, 林冠下种子的数量多, 还因为成熟林木林冠水平生长达到最佳, 林下荫庇的环境为种子萌发提供了适宜的温度和水分, 有利于樟子松种子的萌发。从图中还可以看出, 在杆材林中 1~5 龄更新苗所占比例较少, 除因树木本身产种量少外, 林冠冠幅小, 种子得不到萌发所需要的基本条件, 如水分和温度, 导致种子被迫进入休眠状况, 也是林下 1~5 龄更新苗所占的比例较小的原因。在过熟林中各龄级更新苗所占的比例相当,

说明林下更新苗的出生率和死亡率保持在一个相对稳定的水平上。杆材林、中龄林和近熟林中 6~10 龄、11~15 龄更新苗比例高于 1~5 龄更新苗,这在一定程度上表明在 6~15 龄前,沙地樟子松经历了一个或几个更新活跃期。

成熟林下更新苗中 1~5 龄新生苗较多,与成熟林林冠的荫庇作用有密切关系。沙地樟子松的树冠稀疏,针叶仅着生在 3~4 a 的枝梢上,即针叶全集中在树冠的外面,不耐底荫,喜生长在向阳的地方,这些情况足以表明樟子松是非常喜光的阳性树种。据前人研究沙地樟子松对光的需要程度,在东北林区仅次于山杨 (*Populus davidiana* Dode)、兴安落叶松 (*Larix dahurica* Turcz.)、白桦 (*Betula platyphylla* Suk.) 和黑桦 (*Betula dahurica* Pall.), 以上说明沙地樟子松是极端喜光的阳性树种。但是大多数树种

种子萌发和出生苗的生长都需要适宜的温度和水分,并需要一定的荫庇作用,因此沙地樟子松种子和更新苗的生长也不例外,故而成熟林木林冠下明显的遮荫作用为沙地樟子松种子的萌发创造了适宜的环境,导致在单株林冠下方分布大量的 1~5 龄更新苗。

3.2 更新苗的空间位置分布

在调查样地中,以样地的西南角为坐标原点 (0,0),自西向东方向为 X 轴,自南向北方向为 Y 轴,建立二维空间坐标系。按照 1 m×1 m 网格的顺序,对每个网格进行坐标矢量化。利用 Arcview GIS 3.3 中的矢量图层显示方法,绘制样地的更新苗密度分布图,其中圆点的大小表示更新苗密度的高低,图 3 中 (1)~(12) 为莫和尔图林场内的母树样地分布图,图 (13)~(18) 为巴音岱护林站内的樟子松母树样地分布图,结果如图 3 所示。

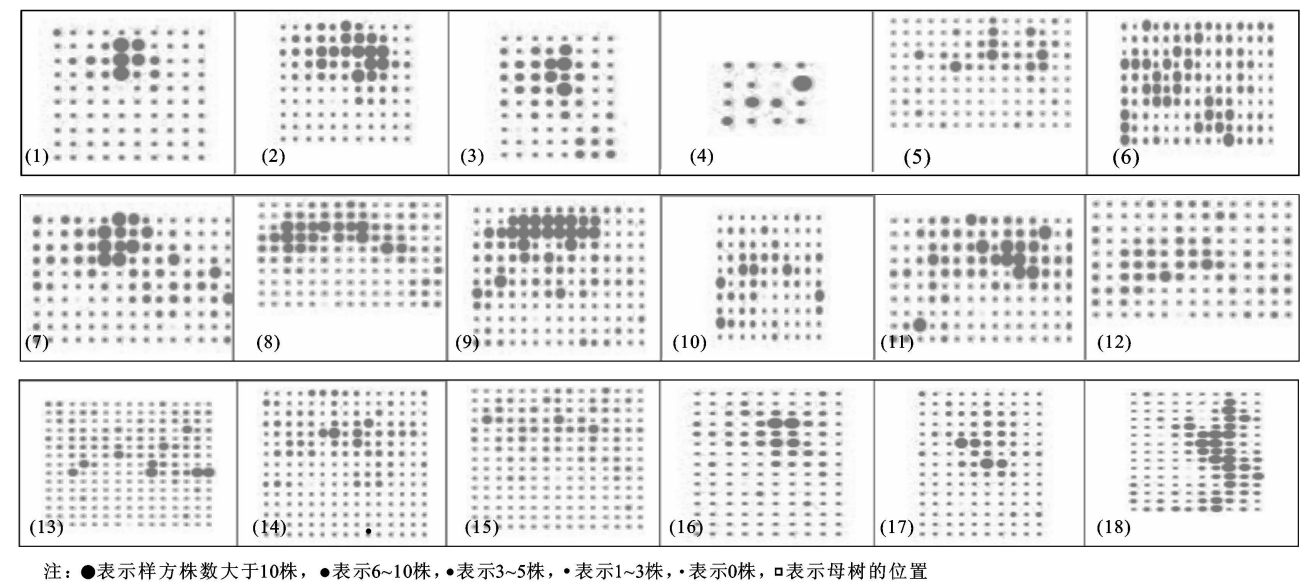


图 3 沙地樟子松母树更新苗的分布示意图

从图 3 中可以看出,在不考虑沙地樟子松母树龄级及其生境特殊性的条件下,从总体上来讲樟子松母树下的更新苗集中分布在北偏东方向的一个扇形区域内。具体表现为母树下北偏东方向更新苗的密度明显高于其他方向,且更新苗呈集中分布的形式出现。据调查,出现上述分布方式的原因与当地风向和林冠的荫庇作用密切相关。从当地气象资料来看,鄂温克旗受西伯利亚大陆气候的影响,属温带大陆性季风气候区,当地盛行 SSE 和 SSW 风,尤其在春季以 SSE 向为主。集中分布的沙地樟子松林对风力有一定的削弱作用,但是对风向基本不会产生影响,因此 SSE 方向风在沙地樟子松林落种和更新苗生长过程中发挥着非常重要的作用。沙地樟子松种子传播主要以风力传播为主,因此风向直接影响着樟子松种子的扩散方向,加之树冠下荫庇的环境为种子萌发提供

了适宜的条件,因此更新苗主要集中分布在树干北偏东方向和北向。从图中还可以看出,单株下的更新苗都集中分布在树干周围,距母树不是很远,从外观上很容易分辨出母树和更新苗之间的从属关系,这说明有很大一部分种子从母树上飘落并没有随风扩散到很远的距离,而是受重力的影响直接降落在母树周边,这说明重力也是影响樟子松更新苗分布的因素之一。研究表明,沙地樟子松球果成熟后种鳞开裂,种子在风力较小或静风状态下主要靠重力传播,一个球果内的种子分散距离一般不大,个别球果甚至不开裂而落下,造成幼苗在母树下丛状生长的现象。

从图 3 看出,有 3 个样地的更新苗呈随机分布格局,样本数量不够导致统计分析时总体方差和标准偏差变异较大,是导致分析结果表现为随机分布型的主要原因。在 3 块呈随机分布的样地中,样地 090401 中

樟子松更新苗集中分布在较少的几个网格中, 导致出现更新苗的网格数很少, 统计分析时样本间空间自相关性极小, 导致形成呈随机分布的结果, 样地 090404 面积过小, 更新苗分布趋势随机化, 导致同样的结果。另外, 样地 090402 出现随机分布的结果与其所处的地形关系密切, 在所调查的 18 个样地中, 该样地是唯一一个位于沙丘中下坡的样地, 坡度约 30°, 加之地表有流沙, 更新苗受坡度和地表流沙移动的影响, 在母树北部和东北部分布较少, 分布的聚集性程度也较低。

3.3 更新苗的分布类型

在判定种群的分布类型时, 经常采用负二项式 K 值和方差/均值比率 t 值相结合的方法。负二项式 K 值具有一定的生态学意义, 尤其适合于判定集群分布的种群, 当种群的集群程度增加时, K 值减小。由于负二项式 K 值受种群密度的影响, 在个别种群的判定上会出现误差, 因此应继续结合方差/均值比率 t 值消除种群密度的影响。由表 3 可知, 在所调查的 18 块样地中, 符合随机分布的样地为 3 块, 占样地总数的 16.67%, 符合集群分布的样地为 15 块, 占样地总数的 83.33%。因此, 可以初步认为沙地樟子松更新苗呈集群分布的格局。

表 3 母树下更新苗集群强度测定

项 目	K	t	I	M	z	I_6	GI	CA
090401	- 0.044	6.553	- 16.043	- 0.044	- 21.596	4.444	0.056	- 22.596
090402	0.168	6.692	12.826	0.163	6.958	16.294	0.052	5.958
090403	0.129	4.067	11.813	0.129	8.746	7.013	0.039	7.746
090404	- 0.016	3.907	- 58.600	- 0.016	- 61.507	3.600	0.194	- 62.507
090405	0.217	5.478	10.094	0.217	5.616	14.591	0.030	4.616
090406	0.195	4.709	9.827	0.195	6.118	10.819	0.025	5.118
090407	0.130	4.965	12.644	0.130	8.678	9.248	0.027	7.678
090408	0.633	2.560	4.140	0.633	2.580	10.980	0.010	1.580
090409	0.167	10.802	16.804	0.167	7.001	35.317	0.060	6.001
090410	0.111	2.802	11.841	0.111	10.039	4.081	0.018	9.039
090411	0.203	4.414	9.318	0.204	5.918	10.107	0.023	4.918
090412	- 0.033	2.218	- 28.023	- 0.033	- 29.325	1.987	0.008	- 30.325
090413	0.103	1.694	7.840	0.163	10.743	3.009	0.003	9.743
090414	0.151	1.156	4.819	0.273	7.605	2.402	0.001	6.605
090415	0.270	- 0.227	- 0.816	- 1.700	4.707	1.054	- 0.005	3.707
090416	0.106	1.555	7.534	0.167	10.471	2.738	0.004	9.471
090417	0.059	2.079	14.074	0.083	17.842	3.060	0.007	16.842
090418	0.037	2.583	22.974	0.049	27.703	3.450	0.011	26.703

更新苗分布的空间格局与该物种的生长习性和亲代的散布习性密切相关, 由物种自身的内在适应性决定, 其中单株的生活力、种子的重量和传播力是影响种群格局的重要因素。因此就樟子松更新而言, 单株母树的龄级、生活力、冠幅、树高和所处的林分状况以及种子的重量、生活力都是影响物种更新的形态特

4 结论和讨论

(1) 在呼伦贝尔沙地, 天然分布的沙地樟子松更新状况良好, 经常可以见到 10~ 20 龄的更新苗群丛。由于近年来干旱加剧和过度放牧的影响, 在樟子松单株下 6~ 10 龄幼苗所占的比例最大, 1~ 5 龄幼苗所占的比例稍次之。随着林木个体的生长发育, 从幼年期经青年期、壮年期到老年期, 林木下方更新苗的密度逐渐增加, 成熟林林木下方更新苗的密度达到最大, 以后渐趋平缓。过熟林的结实率依然较高, 但林下更新苗的数量略有减少。通过对沙地樟子松母树下的更新苗进行分布型计算, 可以初步认为樟子松幼苗呈集群分布的格局。在不考虑樟子松单株的龄级和其生境特殊性的情况下, 可以认为沙地樟子松单株下的更新苗集中分布在林冠下北偏东方向的一个扇形区域内。

(2) 沙地樟子松的更新生长除受内部因素的调控之外, 还受到环境因素的影响。关于沙地樟子松单株下更新状况的影响因素, 主要表现为 4 个方面: 单株的形态结构、环境因素的配置、生物间的相互作用和干扰。

自然界中各种环境因素的分布并非均匀一致, 而是呈梯度变化, 特别是小地形的影响加速了温度、湿度、光照和土壤厚度等微生境的形成, 引起不同环境因素的配置, 并对种群更新格局的形成产生引导作用。沙地樟子松个体在自身的生物学适应范围内, 随征因素。

环境梯度的变化而产生相应的分布格局。例如当春季沙地很干的时候,牛蹄踩踏留下的脚印对樟子松种子的更新有明显的影 响,虽然牛蹄印已经不见了,但是幼苗整齐地聚集在牛蹄印的轮廓里,称为安全岛(safety island),也可将沙地樟子松的沙坑更新看成较大级别的安全岛。值得一提的是,在很多情况下,林分的更新与森林光环境异质性特别是光照强度间具有较强的关联性。这是因为虽然樟子松是喜光树种,但更新苗可以忍耐较荫蔽的环境,因而沙地樟子松对森林光环境异质性的适应能力在某种程度上决定了其更新苗的萌发、存活、分布和丰度。

物种间存在着复杂的相互关系,可以是直接的(空间的占有和资源的支配),也可以是间接的(通过环境的改变),由此延伸到和其他物种的关系,导致内在的本质联系和过程更为复杂。一般来说促进效应引起种群数量的增加,抑制效应引起种群数量的减少,中性效应则不表现为增加和减少。在沙地樟子松母树下也存在着复杂的种间关系。如由密度效应引起的种内竞争、由草本植物和地表更新苗争夺土壤水分和养分资源引起的种间竞争都是抑制效应。而在沙地樟子松和山杨的共生群落中,山杨的速生和对幼苗的遮蔽作用为樟子松种子的萌发和幼苗的成活提供了庇护场所,引起樟子松更新的加速发生,是对更新有益的促进效应。

干扰对沙地樟子松更新的影响主要是指人为因素的作用,导致更新过程延缓或加速的发生,分为正面干扰和负面干扰。对天然樟子松更新进行正面干扰主要是采用疏伐、除草皮、松土及整枝等措施促进天然更新,近年来人们普遍认识到人为干扰促进天然更新最好最便捷的方式就是围栏封育。据在莫和尔图林场实地调查发现,围栏2 a的草场内1~5龄更新苗的数量明显增加。对樟子松天然更新产生负面干扰最大的人类活动就是放牧,据在研究区的调查发现,由于沙地樟子松一般分布在起伏较小的沙地和半固定沙地上,往往在林分的边缘就是质量较好的草场,在草场旺盛的季节,牲畜取食后喜在樟子松树下休憩,反复的踩踏和翻滚,使地表不断发生变化;而在非生长季,尤其是春季,牛、马等更是直接取食樟子松幼苗和幼树的顶部,因此在靠近放牧草场的林缘附近很难发现樟子松幼苗,即使发现也很少有针叶生长。

参考文献:

- [1] Wendy P. Seed size, number, and habitat of a fleshy-fruited plant: Consequences for seeding establishment [J]. Ecology, 2002, 83(3): 794-808.
- [2] Stefanoni H, Dupuy J L. Effects of landscape patterns on species density and abundance of trees in a tropical subdeciduous forest of the Yucatan Peninsula[J]. Forest Ecology and Management, 2008, 255(11): 3797-3805.
- [3] Russell S K, Schupp K W. Effects of microhabitat patchiness on patterns of seed dispersal and predation of *Cercocarpus ledifolius* (Rosaceae) [J]. Oikos, 1998, 81(3): 434-443.
- [4] Ohkubo T, Kaji M, Hayama T. Structure of primary Japanese beech (*Fagus japonica* Maxim) forests in the Chichibu mountains, central Japan, with special reference to regeneration processes[J]. Ecological Research, 1988, 3: 101-116.
- [5] 孙洪志, 石丽艳. 沙地樟子松的空间分布格局[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(1): 93-94.
- [6] Gracia M, Montane F, Pique J, et al. Overstory structure and topographic gradients determining diversity and abundance of understory shrub species in temperate forests in central Pyrenees [J]. Forest Ecology and Management, 2007, 242(2): 391-397.
- [7] 袁莉, 周自宗, 王震洪. 土壤种子库的研究现状与进展综述[J]. 生态科学, 2008, 27(3): 186-192.
- [8] 赵兴梁, 李万英. 樟子松[M]. 北京: 农业出版社, 1963: 79-84.
- [9] Zhu Jiao-jun, Fan Zhi-ping, Zeng De-hui et al. Comparison of stand structure and growth between artificial and natural forests of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* on sandyland[J]. 林业研究: 英文版, 2003, 14(2): 103-111.
- [10] 康宏樟, 朱教君, 李智辉, 等. 沙地樟子松天然分布与引种栽培[J]. 生态学杂志, 2004, 23(5): 134-139.
- [11] 杨晓晖, 喻泓, 于春堂, 等. 呼伦贝尔沙地樟子松林火烧后恢复演替的空间格局分析[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(2): 44-49.
- [12] 苏薇, 岳永杰, 余新晓. 油松天然林群落结构及种群空间分布格局[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(3): 18-20.
- [13] Williams L. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama[J]. Journal of Ecology, 1990, 78: 356-373.