穆棱东北红豆杉种群结构特征

刁云飞^{1,2}, 刘延坤^{1,3}, 刘玉龙^{1,3}, 田松岩^{1,2*}

1. 黑龙江省森林工程与环境研究所, 哈尔滨 150081;

2. 黑龙江省牡丹江森林生态系统国家定位观测研究站, 牡丹江 157500;

3. 黑龙江省森林生态与林业生态工程重点实验室, 哈尔滨 150081

* 联系人, E-mail: tiansongyan2011@126.com

收稿日期: 2018-12-30; 接受日期: 2019-02-21; 网络版发表日期: 2019-06-12

国家自然科学基金(批准号: 41475123)、黑龙江省森林工业总局青年基金项目(批准号: sgzjQ2016003)和黑龙江省财政厅自拟项目(批准号: 2016-01scz, 2017-01scz, 2018scz)资助

摘要 东北红豆杉(*Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc)系红豆杉属的第三纪孑遗的珍贵乔木. 为了探讨东北红豆杉自然演替的种群现状和发展动态, 本研究在东北红豆杉国家级自然保护区25 hm²固定监测样地内进行, 对区域内东北红豆杉种群进行每木调查, 运用“空间代替时间法”编制静态生命表, 分析其种群结构、数量特征及空间分布格局, 研究东北红豆杉种群的现状与发展动态. 结果表明, 径级结构呈倒“J”型, 种群幼苗、幼树、成树个体数目相近, 种群数量呈现稳定的趋势, 但按照龄级划分后, 发现东北红豆杉种群前期呈现不稳定的状态. 东北红豆杉种群存活曲线呈现为龄级 I, II 为 Deevey-III 型曲线, 龄级 III 以后更接近于 Deevey-II 型曲线, 表现出幼龄期生长非常不稳定, 中龄期、成熟期相对稳定衰退的特点, 说明东北红豆杉种群早期死亡率很高, 以至于龄级 III 后数量稀少. 东北红豆杉种群各龄级在不同尺度上表现出聚集分布格局为主. 本研究为了解东北红豆杉种群濒危机制提供科学依据, 也可为其保护提供前期研究基础, 为其种群恢复重建提供理论依据.

关键词 东北红豆杉, 静态生命表, 种群现状, 存活曲线

东北红豆杉(*Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc)系红豆杉属的第三纪孑遗的珍贵乔木, 国家一级保护植物. 由于地质构造和地势地形的变化, 使其在特殊环境中得以保留, 形成明显的地理种群隔离, 主要分布在我国东北的吉林省长白山和黑龙江省张广才岭、老爷岭和小兴安岭南部一带, 辽宁东部山区也有少量分布, 其自然地理分布范围为123°~155°E, 32°30'~53°N, 垂直分布海拔为250~1200 m^[1]. 日本北部、朝鲜、俄罗斯等温带针阔叶混交林区也有分布. 生境性耐阴, 密林下

亦能生长, 多年生, 难成林. 多见于以红松、白桦、紫椴和山杨等为主的针阔混交林内^[2]. 能耐-30℃以下的低温, 抗寒性强, 最适温度20~25℃, 喜湿润但怕涝, 适于在疏松湿润排水良好的透气性壤土上种植. 东北红豆杉植株在第一年幼苗期生长缓慢, 移栽一年后生长加快, 3年以上苗每年增高可达20~30 cm. 目前基于东北红豆杉的研究主要集中在化学成分研究、药理作用研究等方面. 伴随分子生物学的发展, 对于原料的需求日益增加, 因此对于宏观水平的研究逐渐受到重视.

引用格式: 刁云飞, 刘延坤, 刘玉龙, 等. 穆棱东北红豆杉种群结构特征. 中国科学: 生命科学, 2020, 50: 391–397

Diao Y F, Liu Y K, Liu Y L, et al. Population structure characteristics of *Taxus cuspidata* (in Chinese). Sci Sin Vitae, 2020, 50: 391–397, doi: 10.1360/N052018-00226

东北红豆杉种群方面的研究目前还比较薄弱。吴榜华等人^[3]对东北红豆杉种群结构与空间分布型进行分析,认为东北红豆杉种群的株数随地径级、高度级和龄级的增加而逐渐减少,总趋势与倒“J”型分布较近,东北红豆杉种群的存活曲线介于Deevey II和III型之间;Zu等人^[4]对黑龙江省穆棱东北红豆杉种群结构与分布格局进行了研究,认为穆棱地区的立地条件适宜野生东北红豆杉的生长,但由于东北红豆杉幼苗幼树经常被野生动物啃食,东北红豆杉种群结构不合理,呈现下降趋势;Liu等人^[5,6]对天然东北红豆杉种群生态学进行了系统研究,发现竞争压力更多的来自于东北红豆杉种群与地带性植被的优势种之间的竞争,随着东北红豆杉胸径的增大,其所受到的种间竞争压力逐渐减少,同时对黑龙江穆棱天然东北红豆杉种群数量、种群分布及与立地因子的相互关系研究,得出天然东北红豆杉种群的分布与海拔、坡向、坡位和坡度等立地因子的关系;周志强等人^[7]对天然东北红豆杉种群生殖力与开花结实特性进行了研究,发现黑龙江省穆棱天然东北红豆杉种群生殖情况的雌雄株比例为1:2,种群的性比结构及雌株的生殖滞后可能会成为影响天然东北红豆杉种群恢复和扩大的一个潜在不利因素。

东北红豆杉群落方面的研究,仅见李云灵等人^[8]对东北红豆杉种间关系的研究。该研究发现,东北红豆杉种内竞争强度较小,东北红豆杉的竞争压力主要来自种间竞争,其中主要是臭冷杉、紫椴和色木槭,其他树种对东北红豆杉的竞争强度相对较小。

吴承祯等人^[9]认为,种群研究的核心内容是种群年龄结构的研究,植物随着年龄的增长,在环境及人为因素的干扰下种群数量将逐渐减少,因此,编制生命表和绘制存活曲线是研究种群数量动态变化的重要工具,其核心内容是生命表的编制。解释种群变化的前提是生命表结构分析,最常用的方法是存活曲线分析,通过种群生命表的编制,可分析出生率、死亡率等重要参数,提供关于种群年龄结构和数量统计方面的信息。

鉴于此,本文以种群生命表及生存分析理论对东北红豆杉的种群统计结果进行初步探讨,统计其种群数量并分析其种群数量特征,为东北红豆杉濒危机制的探讨、东北红豆杉资源的保护与管理及东北红豆杉人工造林奠定理论基础。对于研究东北红豆杉种群的

稳定性,种群生态特性和更新策略以及生态系统的发展都具有非常重要的意义。

1 样地概况及研究方法

1.1 样地概况

穆棱东北红豆杉国家级自然保护区位于黑龙江省穆棱市境内,地理坐标在东经130°00′~130°28′;北纬43°49′~44°06′之间,地势南高北低,东西两侧高,中部低,地处山脉属长白山系老爷岭山脉,呈西南东北走向。平均高度为海拔500~700 m。保护区内集中生长着16万余株、总面积3.5万hm²的东北红豆杉。这些东北红豆杉树种树龄结构复杂,其中胸径超过15 cm的植株达到1000余株,天然红豆杉幼苗超过10万株,是迄今为止在中国东北林区发现的面积最大、最完好的东北红豆杉集中分布区。

本区地处中纬度北温带大陆性季风气候。冬季漫长寒冷干燥,夏季较湿热多雨,春秋季风交替气温变化急剧,秋天常见早霜。极端最低气温-44.1℃,最高气温35.7℃。年平均降水量530 mm,降雨集中在6~8月,无霜期在126天左右,日照2613小时。

选择东北红豆杉国家级自然保护区内保护完好的东北红豆杉长势良好、分布面积大的地段建立25 ha固定监测样地。

样地为正方形,大小为25 ha,南北宽500 m,东西宽500 m。参照BCI 50 ha样地的技术规范,用全站仪把样地分成625个20 m×20 m的样方。将每个20 m×20 m的样方划分成16个5 m×5 m的小样方,按照蛇形顺序逐个小样方进行调查,准确测量所有胸径≥1 cm的木本植物,记录种名、胸径、树高、坐标等并挂牌标记,便于进行永久监测。

1.2 野外调查

野外工作于2017年4月下旬进行。对25 ha样地内所有东北红豆杉个体进行每木调查。结合种群实际情况,对所有胸径≥1 cm的东北红豆杉个体进行定位、1.3 m高处胸径测量,对所有胸径<1 cm的东北红豆杉个体进行定位、基径测量、高度测量、冠幅测量。根据国家林业局林业标准(LY/T 1571-2000)对幼苗、幼树和成树的定义,并结合东北红豆杉的实际生长情况,本文将胸径小于8 cm并高度小于20 cm的东北红豆杉

定义为东北红豆杉幼苗, 将胸径小于8 cm并高度大于20 cm的东北红豆杉定义为幼树, 将胸径大于8 cm的东北红豆杉定义为成年树。

1.3 种群径级的确定

东北红豆杉因其濒危性, 且不易钻取木芯, 因而本研究对种群结构分析采用径级代替龄级的方法。虽然径级和龄级有所不同, 但在同一环境下同一树种的径级和龄级对环境的反应规律具有一致性。种群的径级结构以胸径大小为标准, DBH<8 cm为第1级, 8 cm≤DBH<16 cm为第2级, 胸径每增加8 cm径级增加1级, 并绘制种群径级结构图。

1.4 生命表编制及曲线绘制

生命表也采用径级代替龄级来编制。把径级从小到大的顺序视为时间顺序, 第1径级对应第I龄级, 第2径级对应第II龄级, 以此类推, 统计各径级株数并将数据标准化。许多研究为了避免出现的负值, 在进行生命表编制时, 往往作均滑处理^[9-11]。江洪^[10]和吴承祯等人^[9]研究认为, 出现的负值与数据假设技术不符, 但仍可以提供足够的信息刻画种群的机构特征。因此, 本次研究在编制生命表时, 并未对数据进行均滑处理。生命表一般包含以下内容^[10,12-16]。

$$l_x = (a_x/a_0) * 1000, d_x = l_x - l_{x+1}; l_x = (l_x + l_{x+1})/2; T_x = \sum_{x=1}^{\infty} l_x; E_x = T_x/l_x; K_x = \ln l_x - \ln l_{x+1}; S_x = l_{x+1}/l_x,$$

其中, x 为龄级, a_x 为 x 龄级内现有个体数, a_0 为 a_x 的初始值; l_x 是在 x 龄级开始时标准化存活个体数(一般转化为1000); d_x 为从 x 到 $x+1$ 龄级间隔期内标准化死亡数; q_x 为从 x 到 $x+1$ 龄级的死亡率; T_x 为从 x 龄级到超过 x 龄级的个体总数; E_x 为进入 x 龄级的期望寿命; K_x 为消失率; S_x 为存活率。在生命表的基础上, 以 $\ln l_x$, E_x , q_x , K_x 为纵坐标, 以龄级为横坐标, 分别绘制存活曲线、生命期望曲线、死亡率曲线和消失率曲线。

1.5 格局分析

利用每棵东北红豆杉在20 m×20 m尺度的样方内的相对坐标, 转换为在500 m×500 m尺度的样地内的坐标, 运用空间点格局分析法进行格局分析, 张金

图1 东北红豆杉种群分布图

Figure 1 Position diagram of *Taxus cuspidata*

屯^[17]分析不同龄级分布格局, 用径级确定龄级, 本研究按照林业相关标准分为幼苗、幼树和成年树3个不同生长阶段(图1)。

2 研究结果

2.1 空间格局分析

东北红豆杉幼苗个体在样地内有140株, 幼树个体有187株, 成树个体有172株, 通过东北红豆杉种群的空间格局分析可以看出, 其分布格局呈显著聚集分布, 聚集强度随尺度增大而减小, 仅在个别尺度范围内, 分布格局呈随机分布^[18]。

2.2 种群径级结构

东北红豆杉种群径级结构见图2。种群径级分布呈倒“J”型, DBH<8 cm的个体数占该物种总体个数的65.55%, 8 cm≤DBH<16 cm的个体仅为3个, 在DBH≥16 cm后, 个体数随径级增加而逐步减少, 72 cm≤DBH<80 cm, 88 cm≤DBH<96 cm分别仅为1个, 80 cm≤DBH<88 cm没有个体。

2.3 种群静态生命表

在东北红豆杉种群中, 幼苗的数量占种群全部数量的28.06%, 幼树的数量占种群全部数量的37.47%, 成树的数量占种群全部数量的34.47%(图3)。可见, 东

图2 东北红豆杉种群径级结构(网络版彩图)

Figure 2 Distribution patterns of DBH class of *Taxus cuspidate* (color online)

图3 东北红豆杉种群结构组成(网络版彩图)

Figure 3 The population structure of *Taxus cuspidate* (color online)

北红豆杉种群中幼苗、幼树和成树数量基本保持一致, 呈圆柱形, 增长趋势或减少趋势表现不明显, 表明其天然更新能力较弱. 按照龄级划分, 从龄级 I 过渡到下一个阶段的死亡率高达99.97%, 成为种群发育的第一个死亡高峰, 也是整个过程中最高的死亡率(表1). 生命期望值在龄级 II 及胸径 $8\text{ cm} \leq \text{DBH} < 16\text{ cm}$ 的成年树阶段出现最高值.

2.4 存活曲线、生命期望曲线、死亡率曲线及消失率曲线

东北红豆杉种群存活曲线、生命期望曲线、死亡率和消失率曲线见图4~6. 根据Deevey的划分, 存活曲线可以分为3种类型: Deevey-I型、Deevey-II

型、Deevey-III. 从图4存活曲线来看, 穆棱地区东北红豆杉种群的存活曲线早期为Deevey-III, 龄级 III 以后更接近于Deevey-II型, 据此推断东北红豆杉种群生命早期龄级 I 虽然数量丰富, 但有极高的死亡率, 生命期望值比较低, 其余龄级的数量相对较少, 龄级 II 的生命期望值较高, 表现出东北红豆杉种群在这些龄级具有较强的生存能力, 一旦活到某一年龄, 死亡率就变得很稳定. 这表明东北红豆杉种群具有龄级 I (幼苗、幼树期) 生长不稳定, 成树期稳定, 逐步衰退的特点.

通过对东北红豆杉种群的静态生命表(表1)和死亡率曲线、消失率曲线(图6)可以发现, 东北红豆杉种群的死亡率(q_x)是呈现不规则的“L”型的变化, 死亡率的第一个高值出现在龄级 I, 主要原因可能为动物啃食, 导致有非常高的死亡率; 随着树龄的增加, 树木的生理机能下降, 死亡率缓慢增加, 老熟的个体逐渐接近寿命极限.

3 讨论

生态学中研究植物种群生态学的年龄结构和动态, 目前最常用的分析方法是种群静态生命表, 它能够反映出种群的生死规律和生命期望等, 为了解种群的生长发育、保护种群和预测种群的生长趋势提供科学依据. 由于东北红豆杉种群个体实际年龄的测量难度极高, 并且在正常的自然条件下, 植物胸径越粗、高度越高, 树龄就越大, 因此, 本研究利用已经得到广泛应用的“空间代替时间法”即种群的径级结构代替年龄结构的方法进行分析, 并编制静态生命表^[11,19].

本研究的对象是天然林中的东北红豆杉种群, 所收集的数据为同一年份东北红豆杉种群所有个体的数据, 并且在运用“空间代替时间法”研究种群动态时, 所获得的调查数据并不完全满足编制静态生命表的3个假设, 所以在东北红豆杉静态生命表中的死亡率出现了负值情况(表1), 对于这种情况的出现, Wetten^[20]认为“生命表分析中产生一些负的 d_x 值, 与数学假设技术不符, 但仍能提供有用的生态学记录, 即表明种群并非静止不动, 而是在迅速发展或衰退中”. 本研究在第 II, V 龄级 d_x , q_x 和 k_x 出现负值, 反映出在第 II 和 III, V 和 VI 龄级种群数量出现波动.

表 1 东北红豆杉种群静态生命表

Table 1 Static life table of *Taxus cuspidata*

径级 (cm)	龄级	存活数	l_x	d_x	q_x	l_x	T_x	E_x	K_x	S_x	$\ln l_x$
$0 \leq \text{DBH} < 8$	I	327	1000.00	990.80	0.99	504.60	1027.61	1.03	4.69	0.01	6.91
$8 \leq \text{DBH} < 16$	II	3	9.20	134.97	-14.67	76.69	523.01	56.83	2.75	15.67	2.22
$16 \leq \text{DBH} < 32$	III	47	144.17	0.00	0.00	144.17	446.32	3.10	0.00	1.00	4.97
$32 \leq \text{DBH} < 40$	IV	47	144.17	58.28	0.40	115.03	302.15	2.10	0.52	0.60	4.97
$40 \leq \text{DBH} < 48$	V	28	85.89	-3.07	-0.04	87.42	187.12	2.18	-0.04	1.04	4.45
$48 \leq \text{DBH} < 56$	VI	29	88.96	58.28	0.66	59.82	99.69	1.12	1.06	0.34	4.49
$56 \leq \text{DBH} < 64$	VII	10	30.67	12.27	0.40	24.54	39.88	1.30	0.51	0.60	3.42
$64 \leq \text{DBH} < 72$	VIII	6	18.40	15.34	0.83	10.74	15.34	0.83	1.79	0.17	2.91
$72 \leq \text{DBH} < 80$	IX	1	3.07	3.07	1.00	1.53	4.60	1.50	-	0.00	1.12
$80 \leq \text{DBH} < 88$	X	0	0.00	-3.07	-	1.53	3.07	-	-	-	-
$88 \leq \text{DBH} < 96$	XI	1	3.07	3.07	1.00	1.53	1.53	0.50	-	0.00	1.12

图 4 东北红豆杉种群的存活曲线(网络版彩图)

Figure 4 The survivorship curve of *Taxus cuspidata* (color online)

图 5 东北红豆杉种群的生命期望曲线(网络版彩图)

Figure 5 The life expectancy curve of *Taxus cuspidata* (color online)

图 6 东北红豆杉种群的死亡率曲线和消失率曲线(网络版彩图)

Figure 6 Mortality curve and disappearance rate curve of *Taxus cuspidata* (color online)

本文与吴榜华等人都同样认为东北红豆杉种群的径级结构呈倒“J”型并且东北红豆杉种群的存活曲线并不完全呈现Deevey的划分类型, 但本文研究区域内东北红豆杉种群处于演替层的数量极少($8 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 16 \text{ cm}$ 的个体仅为3个), 此种结构不利于东北红豆杉种群的发展. 同时吴榜华等人认为, 个体数随径级

增加而逐步减少, 并发现吉林省胜利林场地区东北红豆杉种群的存活曲线介于Deevey-II型和Deevey-III之间, 而本研究发现穆棱地区东北红豆杉种群的存活曲线早期为Deevey-III, 龄级III以后更接近于Deevey-II型, 表现出幼龄树生长非常不稳定, 中龄树、成龄树和老龄树相对稳定衰退的特点, 说明东北红豆杉种群早期死亡率很高, 以至于龄级III后数量稀少。说明两个调查区域的不同东北红豆杉种群生存状况存在差异。产生差异的原因, 可能因为以下两个方面: (i) 过去的几十年间, 我国处于原生森林植被反复采伐利用阶段, 由于东北红豆杉原生环境的破坏, 使在采伐期间更新的东北红豆杉幼苗并不能很好的保存下来; (ii) 由于东北红豆杉独特的药理性质与生理生长特性, 动物的啃食也是影响处于此阶段更新的东北红豆杉存活的一个原因。

本研究发现东北红豆杉种群死亡率与环境阻力呈正相关性, 环境阻力致使幼龄树大量死亡, 导致种群发生波动, 这与东北红豆杉种群个体在龄级小时的生存能力低相吻合。当东北红豆杉种群进入生长中期后其生存能力相对较强, 环境阻力对种群的影响很小, 因此中龄树和成龄树的生长相对比较稳定, 随着树龄的

增加, 树木的生理机能下降, 死亡率缓慢增加, 老熟的个体逐渐接近寿命极限。

4 结论

本研究发现东北红豆杉种群的径级结构呈倒“J”型, 种群数量呈现稳定的趋势, 但是按照龄级划分后, 发现东北红豆杉种群前期呈现的是不稳定的状态。同时发现穆棱地区东北红豆杉种群的存活曲线早期为Deevey-III, 龄级III以后更接近于Deevey-II型。各生长阶段的东北红豆杉个体在样地内均呈现不同程度的聚集分布, 成树个体多分布于样地中部, 幼树个体在样地不同区域呈明显的聚集性。

本研究选择野生濒危的天然东北红豆杉种群作为研究对象, 研究区域选择国家级东北红豆杉自然保护区, 根据野外调查数据, 研究了天然东北红豆杉种群结构特征, 为东北红豆杉种群相关生态学研究提供了平台, 为揭示东北红豆杉种群的濒危机理, 为保护和恢复东北红豆杉资源, 提供重要的理论依据, 对于其所处群落的生物多样性的研究具有非常重要的意义, 为进一步指导本地区森林资源保护管理工作起到重要的作用。

参考文献

- 1 Wu B H, Qi J Z. Study on phytogeography of *Taxus cuspidata* (in Chinese). *Chin J Appl Environ Biol*, 1995, 3: 219–225 [吴榜华, 戚继忠. 东北红豆杉植物地理学研究. 应用与环境生物学报, 1995, 3: 219–225]
- 2 Yang Y L, Song X D, Dong J X, et al. Resources and distribution of *Taxus* (in Chinese). *Forest Eng*, 2009, 25: 5–10 [杨玉林, 宋学东, 董京祥, 等. 红豆杉属植物资源及其世界分布概况. 森林工程, 2009, 25: 5–10]
- 3 Wu B H, Zang R G, Zhang Q C, et al. Analysis on population structure and distribution pattern of *Taxus cuspidata* (in Chinese). *J Jilin Forest Inst*, 1993, 9: 1–6 [吴榜华, 臧润国, 张启昌, 等. 东北红豆杉种群结构与空间分布型的分析. 吉林林学院学报, 1993, 9: 1–6]
- 4 Zu Y G, Chen H F, Wang W J, et al. Population structure and distribution pattern of *Taxus cuspidata* in Muling region of Heilongjiang Province, China. *J For Res*, 2006, 17: 80–82
- 5 Liu T, Zhou Z Q. Characteristics of natural Japanese yew population in Muling Nature Reserve of Heilongjiang Province, China. *J For Res*, 2006, 17: 132–134
- 6 Liu T, Li Y L, Zhou Z Q, et al. Intraspecific and interspecific competition of Japanese yew (*Taxus cuspidata*) (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 2007, 27: 924–929 [刘彤, 李云灵, 周志强, 等. 天然东北红豆杉(*Taxus cuspidata*)种内和种间竞争. 生态学报, 2007, 27: 924–929]
- 7 Zhou Z Q, Hu D, Liu T. Fecundity and characteristics of flowering and fruiting of natural *Taxus cuspidata* population (in Chinese). *Sci Sil Sin*, 2009, 45: 80–86 [周志强, 胡丹, 刘彤. 天然东北红豆杉种群生殖力与开花结实特性. 林业科学, 2009, 45: 80–86]
- 8 Li Y L. Interspecific Relationship of the *Taxus cuspidata* (in Chinese). Dissertation for Master's Degree. Changchun: Northeast Forestry University, 2008 [李云灵. 东北红豆杉种间关系研究. 硕士学位论文. 长春: 东北林业大学, 2008]
- 9 Wu C Z, Hong W, Xie J S, et al. Life table analysis of *Tsuga longibracteata* population (in Chinese). *Chin J App Ecol*, 2000, 11: 333–336 [吴承祯, 洪伟, 谢金寿, 等. 珍稀濒危植物长苞铁杉种群生命表分析. 应用生态学报, 2000, 11: 333–336]
- 10 Jiang H. Population Ecology of Spruce (*Picea asperata*) (in Chinese). Beijing: Chinese Forestry Press, 1992. [江洪. 云杉种群生态学. 北京: 中

国林业出版社, 1992]

- 11 Wang D J, Wen G S, Tong Z K, et al. Analysis to the static life table of *Casuarina equisetifolia* populations on the Big Deer Island in Zhejiang (in Chinese). J Inner Mongolia Agric Univ, 2011, 32: 145–150 [王电杰, 温国胜, 童在康, 等. 浙江省大鹿岛木麻黄种群静态生命表分析. 内蒙古农业大学学报, 2011, 32: 145–150]
- 12 Begon M, Mortimer M. Population Ecology an Unifide Study of Animals and Plants. London: Blackwell Scientific Publication, 1981
- 13 Chen J Z. Study on quantitive dynamics of *Castanopsis carlesii* population in Wuyi Mountain (in Chinese). J Fujian Coll Fore. 1996, 16: 370–374 [陈建忠. 武夷山米槠种群数量动态研究. 福建林学院学报, 1996, 16: 370–374]
- 14 Silvertown J W. Introduction to Plant Population Ecology. 2nd ed. London: Longman Group United Kingdom, 1987
- 15 Zhu N, Zang R G. Population ecology of *Acanthopanax senticosus* I. Population structure (in Chinese). Chin J Appl Ecol, 1993, 4: 113–119 [祝宁, 臧润国. 刺五加种群生态学的研究 I. 刺五加的种群结构. 应用生态学报, 1993, 4: 113–119]
- 16 Zhu N, Zang R G. Population ecology or *Acanthopanax senticosus* II. Population statistics (in Chinese). Chin J Appl Ecol, 1994, 3: 237–240 [祝宁, 臧润国. 刺五加种群生态学的研究 II. 刺五加的种群统计. 应用生态学报, 1994, 3: 237–240]
- 17 Zhang J T. Analysis of spatial point pattern for plant species (in Chinese). Chin J Plant Ecol, 1998, 22: 57–62 [张金屯. 植物种群空间分布的点格局分析. 植物生态学报, 1998, 22: 57–62]
- 18 Diao Y F, Jin G Z, Tian S Y, et al. Species composition and community structure of a *Taxus cuspidata* forest in Muling Nature Reserve of Heilongjiang Province, China (in Chinese). Sci Silva Sin, 2016, 52: 26–36 [刁云飞, 金光泽, 田松岩, 等. 黑龙江省穆棱东北红豆杉林物种组成与群落结构. 林业科学, 2016, 52: 26–36]
- 19 Harper J L. Population Biology of Plants. New York: Academic Press, 1977
- 20 Wratten S D. Field and Laboratory Exercises in Ecology. London: Edward Arnold, 1980

Population structure characteristics of *Taxus cuspidata*

DIAO YunFei^{1,2}, LIU YanKun^{1,3}, LIU YuLong^{1,3} & TIAN SongYan^{1,2}

¹ Heilongjiang Forestry Engineering and Environment Institute, Harbin 150081, China;

² Mudanjiang Forest Ecosystem Research Station, Mudanjiang 157500, China;

³ Key Laboratory of Forest Ecology and Forestry Ecological Engineering of Heilongjiang Province, Harbin 150081, China

Taxus cuspidata is part of the precious trees left over from the Tertiary Period. The present study aimed to provide a scientific basis for understanding the mechanism of the endangered *Taxus cuspidata* population and its protection as well as to provide a theoretical basis for its population restoration and reconstruction. To investigate the current situation and development trends of natural succession of *Taxus cuspidata*, the present study was conducted within 25 hectares of fixed monitoring sample plots in the National Natural Reserve of *Taxus cuspidata*. The population of *Taxus cuspidata* was surveyed per tree, and the static life table was compiled using the method of “space instead of time.” The population structure, quantitative characteristics, and spatial distribution pattern of *Taxus cuspidata* were analyzed to determine the current situation and trends in development. The results revealed the following: the diameter class structure was the inverted “J” type, and the number of seedlings, saplings, and adult trees was similar. The population quantity also showed a stable trend. However, for the age class, the population of *Taxus cuspidata* was found to be unstable in the early stage. The survival curve of *Taxus cuspidata* showed that age classes I and II are Deevey-III curves, and age class III and latter are closer to a Deevey-II curve. This shows that the growth of the *Taxus cuspidata* population when they are young is very unstable, whereas their growth during middle age and at maturation is relatively stable and subsequently gradually declines. The results also show that *Taxus cuspidata* population has a very high early mortality rate; therefore, their numbers are significantly less after age class III. The age classes of *Taxus cuspidata* showed an aggregation distribution pattern on different scales.

***Taxus cuspidate*, static life table, population status, survival curve**

doi: 10.1360/N052018-00226