

淳化县人工油松林林分结构及林下植物多样性研究

李 苗¹, 李凯荣², 杨晓毅¹, 刘雪凤¹

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:通过对油松林分结构和林下植物的调查, 获得林分和林下植物的各种信息, 总结林分结构和林下植物分布规律, 为油松林的经营管理提供依据。采用标准样地调查的方法, 研究和分析了不同密度和立地条件下的油松林分结构及林下植物多样性。结果表明: 密度为 2 475 株/hm² 的中龄油松林平均直径较大而且径阶分布接近正态分布; 密度较小的成熟林径阶分布负偏, 密度较大的径阶分布正偏。较小的林分密度有利于油松胸径生长, 较大的林分密度能促进树高生长。中龄林下的物种多样性多于成熟林。林分密度大不利于林下植物生长。

关键词: 油松; 径阶分布; 树高分布; 多样性

中图分类号: S791. 253; Q948. 1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0142-06

Study on Structure and Plant Diversity of *Pinus Tabulaeformis* Stands in Chunhua County

LI Miao¹, LI Kai-rong², YANG Xiao-yi¹, LIU Xue-feng¹

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: According to the investigation of the structure and plant diversity of *Pinus tabulaeformis* stands, we got information on them and then summarized some basic rules which could promote the forest management. On the base of sample investigation in standard plots in the Chunhua county on the Loess Plateau, different density and site conditions of *Pinus tabulaeformis* stand and undergrowth plant diversity were compared and analyzed. The results showed that in the density of 2 475 trees/hm² of half-mature forest, the average diameter was larger and the diameter distribution was close to normal distribution; the diameter distribution was negatively skewed in the smaller density of mature forest and positively skewed in the larger ones. The small density of forest stand was useful for the *Pinus tabulaeformis*' diameter growth and the large could promote the height growth. The diversity of species in half-mature forest was more than mature ones. The large stand density was not good for the growth of the understory plant.

Key words: *Pinus tabulaeformis*; breast diameter distribution; tree height distribution; diversity

油松 (*Pinus tabulaeformis*) 是黄土高原区造林的主要树种之一, 它适应性强, 根系发达, 生长迅速, 枝叶茂盛, 有良好的保持水土和涵养水源效应。目前对油松林病虫害防治、林地造林技术、林地抗旱性等研究比较多^[1-6], 但有关油松林分结构和林下植物多样性的报道甚少。本研究在调查淳化县不同立地条件下油松林林分结构及林下植物分布状况的基础上, 分析了油松林分结构及林下植物多样性的变化规律, 以期为人工油松林建设和植被恢复提供科学依据。

1 研究区概况

试验地点位于淳化县, 地处东经 108° 18' - 108° 50', 北纬 34° 43' - 35° 03', 海拔 630~ 1 809 m, 年平均气温 9.8℃, 1 月平均气温 - 4.3℃, 7 月平均气温 23.1℃。平均无霜期 183 d, 最长 218 d, 最短 127 d。年平均降水量 610.7 mm, 多集中于 7- 9 月, 占全年降水的 53%, 而且多以暴雨为主。干燥度介于 1.10~ 1.38 之间。该县属于暖温带半湿润气候区。样地设在该县安

收稿日期: 2010-02-02

资助项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD03A0205)

作者简介: 李苗(1986-), 女, 陕西泾阳县人, 硕士, 主要从事森林生态学研究。E-mail: limei19861212@126.com

通信作者: 李凯荣(1955-), 男, 陕西扶风县人, 教授, 主要从事生态工程和水土保持研究。E-mail: lkr.888@163.com

子哇、县城南关、祁家沟、爷台山等地。从 20 世纪 50 年代以来,黄土高原区开始进行生态恢复和植被建设,以刺槐、油松为主的人工建设得到了快速发展,成为该区除灌木草地之外的主要植被类型^[7]。

2 研究方法

2.1 样地调查

采取随机取样法进行调查,在不同立地条件和密度的油松林中设置标准地,面积为 20 m×20 m,在标准地内设 5 个灌木样方(5 m×5 m)和 10 个草本植物样方(1 m×1 m)。乔木层逐株调查,内容包括植物组成、胸径、树高、株数、冠幅;灌木层调查植物组成、株数、高度、盖度、冠幅;草本层调查植物组成、高度、盖

度、冠幅。根据调查内容分析样地内各种植被的丰富度、多样性和均匀度等。标准地基本情况见表 1。

2.2 指标计算

2.2.1 物种多样性指数的测定 采用已被证明较为有效的 2 个 α 多样性指标,即 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 指数(均匀度指数)测定群落内的物种多样性^[8-9]。

S = 出现在样地内的物种数

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \tag{1}$$

$$E = H / \ln S \tag{2}$$

式中: S ——物种丰富度; P_i ——第 i 种植物的个体数占全部植物种个体数的百分比; H ——Shannon-Wiener 多样性指数; E ——Pielou 指数。

表 1 油松林各标准地基本情况

样地号	林龄	树高/ m	平均冠幅/ m		密度/ (株·hm ⁻²)	郁闭度	坡度	坡位	坡向	海拔/ m
			东西	南北						
1	中龄林	8.4	2.9	2.3	2475	0.72	缓坡	下坡	半阳	1475
2		6.2	4.4	3.8	1325	0.51	斜坡	上坡	阳	1510
3		7.8	2.3	2.1	3125	0.86	缓坡	下坡	阴	1470
4		5.8	2.7	2.3	2800	0.64	缓坡	下坡	阴	940
5		5.7	3.0	2.4	3600	0.72	缓坡	上坡	阴	950
6	成熟林	8.0	4.6	3.7	1250	0.66	缓坡	上坡	阴	1480
7		10.3	4.2	3.2	1775	0.59	斜坡	上坡	阴	880
8		5.8	3.1	2.6	1800	0.70	缓坡	上坡	阳	1255
9		5.8	3.0	2.5	2450	0.75	缓坡	上坡	阳	1263

注: 中龄林为 21~ 30 a,成熟林为 30 a 以上。

2.2.2 偏斜度和峰值的计算 偏斜度描述了随机变量分布相对其均值的不对称程度。峰度反映了与正态分布相比,随机变量分布的尖锐度或平坦度。

$$g'_{1} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum (\frac{x_i - \bar{x}}{s})^3 \tag{3}$$

$$g'_{2} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum (\frac{x_i - \bar{x}}{s})^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \tag{4}$$

式中: g'_{1} ——偏斜度; g'_{2} ——峰值; n ——样本观察值的个数; x_i ——第 i 个观察值; \bar{x} ——样本均值; s ——样本的标准差。

2.2.3 径阶大小结构划分 用胸径尺逐株测量样地内的林木,林木径阶大小划分按国家标准进行划分,林分平均直径大于 12 cm 时,以 4 cm 为一个径阶,6 ~ 12 cm 时,以 2 cm 为一个径阶,林分平均直径小于 6 cm 时,可采用 1 cm 为一个径阶。为统一起见,在林分调查中划分径阶时,采用上限排除法。

3 结果与分析

3.1 林分结构分析

人工油松林垂直结构有乔木层、灌木层和草本层

3 层,但是乔木层和灌木层都比较简单,前者为油松纯林,后者在有的样地中甚至消失。

3.1.1 林下植物组成 据调查统计,林下植物共有 55 种,隶属 20 个科。其中菊科(Compositae)植物 20 种,有铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)、牛尾蒿(*Artemisia dubia*)、野菊花(*Chrysanthemum indicum*)、茵陈蒿(*Artemisia capillaris*)、小白酒草(*Conyza canadensis*)、三脉紫菀(*Aster ageratoides*)、苦蕒菜(*Artemisia apiacea*)、华北风毛菊(*Saussurea mongolica*)、阿尔泰紫菀(*Heteropappus altaicus*)、小蓟(*Herba Cephalanoploris*)、草地风毛菊(*Saussurea amara*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)、魁蓟(*Cirsium leo*)、笔管草(*Equisetum debile*)、烟管头草(*Carpesium cernuum*)、鬼针草(*Bidens pilosa*),占林下植物种数的 37.73%;豆科(Leguminosae) 4 种,有狼牙刺(*Sophora viciifolia* Hance)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、黄芪(*Radix Astragali*),占林下植物种数的 7.55%;蔷薇科(Rosaceae) 5 种,有黄蔷薇(*Rosa hugonis*)、地榆(*Radix Sanguisorbae*)、白叶莓(*Rubus innominatus*)、多裂委陵菜(*Potentilla*

multifida)、蛇莓(*Herba Duchesneae*), 占林下植物总数的 9.26%; 禾本科(*Gramineae*) 5 种, 有马唐(*Digitaria sanguinalis*)、冰草(*Agropyron cristatum*)、荩草(*Arthraxon hispidus*)、早熟禾(*Poa annua*)、小颖羊茅(*Festuca parvigluma*), 占林下植物总数的9.26%。这 4 科植物占林下植物总种数的 67.57%, 因此, 它们在油松林下植物中占有重要地位。另外还有忍冬科(*Caprifoliaceae*) 的陕西荚蒾(*Viburnum schensianum*), 卫矛科(*Celastraceae*) 的南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*), 胡颓子科(*Elaeagnaceae*) 的牛奶子(*Elaeagnus umbellata*), 芸香科(*Rutaceae*) 的花椒(*Fructus Zanthoxyli*), 桦木科(*Betulaceae*) 的鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii*), 木犀科(*Oleaceae*) 的小叶丁香(*Syringa microphylla*), 堇菜科(*Violaceae*) 的紫花地丁(*Viola philippica*)、双花堇菜(*Viola biflora*)、犁头草(*Viola japonica*), 毛茛科(*Ranunculaceae*) 的白头翁(*Pulsatilla chinensis*) 和大火草(*Anemone tomentosa*), 莎草科(*Cyperaceae*) 的莎草(*Cyperus rotundus*), = 牛儿苗科(*Geraniaceae*) 的鼠掌老鹳草(*Geranium sibiricum*), 败酱科(*Valerianaceae*) 的岩败酱(*Patrinia rupestris*), 车前科(*Plantaginaceae*) 的车前草(*Plantago asiatica*), 桔梗科(*Campanulaceae*) 的石沙参(*Adenophora polyantha*), 石竹科(*Caryophyllaceae*) 的石竹(*Dianthus chinensis*), 伞形科(*Umbelliferae*) 的前胡(*Radix Peucedani*), 茜草科(*Rubiaceae*) 的茜草(*Rubia cordifolia*) 等 19 个科的 21 种植物, 占林下植物总数的 38.58%。

油松林下植物中菊科植物最多。由表 2 可看出,

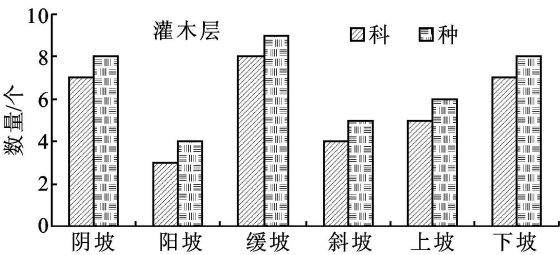


图 1 不同立地条件油松林下草本层植物物种组成结构

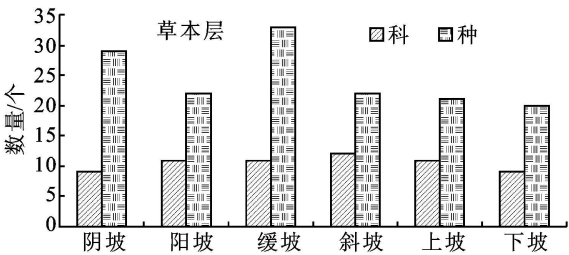
从图 1 中可看出, 灌木层和草本层植物都遵从这样的规律: 林下植物所隶属的科阴坡多于阳坡, 缓坡多于斜坡。林下灌木层植物所隶属的科上坡多于在下坡, 而草本层植物所隶属的科上坡多于下坡。缓坡上灌木层植物隶属的科最多, 物种也最多, 其次是阴坡、下坡, 阳坡所隶属的科最少, 物种也最少。斜坡上林下草本层植物所隶属的科最多, 而缓坡上林下草本层所包括的物种最多, 阴坡其次。从而得出, 缓坡、阴

坡、下坡有利于油松林下植物生长。

中龄油松林下灌木层和草本层物种分别多于成熟林, 中龄林下环境更有利于林下植物生长。油松林灌木层物种较少, 草本层物种较为丰富。中龄林灌木层植物以蔷薇科和豆科为主, 草本层以菊科、蔷薇科、禾本科和豆科为主, 成熟林灌木层植物较少, 草本层以菊科、蔷薇科和禾本科为主。

表 2 不同林龄油松林下草本层植物物种组成结构

林下层次	科	中龄林		成熟林	
		种数	占总种数/%	种数	占总种数/%
灌木层	蔷薇科	2	3.64	1	1.82
	豆科	2	3.64	1	1.82
	忍冬科	1	1.82	1	1.82
	木犀科	1	1.82	1	1.82
	桦木科	1	1.82	0	0
	芸香科	1	1.82	0	0
	葡萄科	1	1.82	0	0
	胡颓子科	1	1.83	0	0
	卫矛科	0	0	1	1.82
草本层	菊科	14	25.46	9	16.36
	蔷薇科	3	5.46	4	7.27
	禾本科	4	7.27	3	5.46
	豆科	2	3.64	1	1.82
	堇菜科	2	3.64	1	1.82
	莎草科	1	1.82	1	1.82
	毛茛科	2	3.64	0	0
	= 牛儿苗科	1	1.82	1	1.82
	败酱科	1	1.82	0	0
	车前科	1	1.82	0	0
	桔梗科	1	1.82	1	1.82
	石竹科	1	1.82	0	0
	伞形科	1	1.82	1	1.8
	茜草科	0	0	1	1.82
总计	20	44	80.00	28	50.91



从总体上看, 灌木层植物以蔷薇科、豆科、忍冬科和葡萄科为主, 草本层以菊科、蔷薇科、禾本科和豆科为主。由图 2 得出, 灌木层蔷薇科植物最多, 其次是豆科。草本层阴坡以菊科、蔷薇科、禾本科为主, 阳坡以菊科、蔷薇科和豆科为主; 缓坡上以菊科、蔷薇科和禾本科为主, 斜坡以菊科、蔷薇科为主; 上坡以菊科和豆科为主, 下坡以菊科、蔷薇科、禾本科和豆科为主。

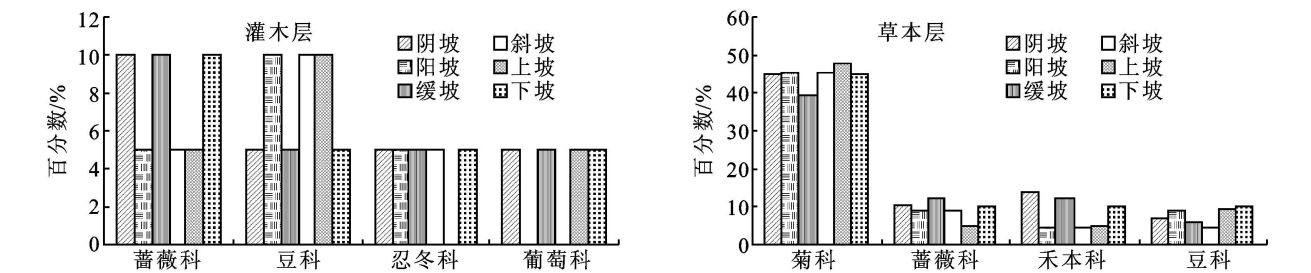
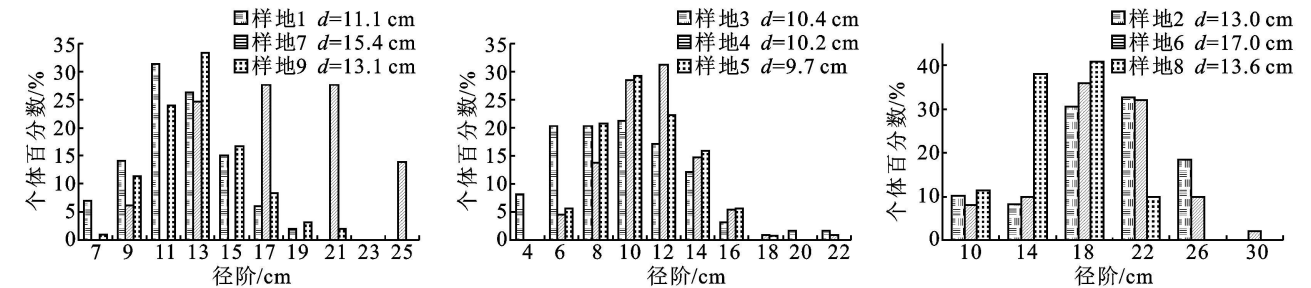


图 2 不同立地条件油松林下主要植物分科情况

表 3 各样地径阶分布的峰值和偏斜度

样地号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
峰值	0.02	- 0.59	1.06	1.67	0.45	1.11	- 0.73	- 0.24	0.56
偏斜度	0.34	- 0.53	0.79	0.69	0.22	- 0.25	0.02	- 0.14	1.81



d 为平均直径

图 3 不同立地条件下油松林径阶结构分布

3.1.2 径阶结构

(1) 径阶分布。径阶分布图可以较好地反映林分生长发育的情况^[10]。在不同立地条件和人类活动的干扰(砍伐、管理等)程度下,相同林龄不同密度的人工油松林的径阶分布存在着差异。由图 3 和表 3 可看出,中龄林密度较小的 2 号样地径阶分布为负偏,峰值为负,与正态分布相比,其分布相对平坦。密度较大的 3, 4, 5 号样地径阶分布的峰值为正,都为正偏,与正态分布相比,径阶分布相对尖锐。1 号样地的峰值和偏斜度都接近于 0,因此径阶分布接近于正态分布。成熟油松林的平均直径随着密度的变大而逐渐变小,其中 6 号样地由于密度最小,径阶分布负偏。7, 8 号样地的峰值和偏斜度都接近于 0,因此径阶分布趋于正态分布。密度较大的 9 号样地径阶分布正偏。正态分布的径阶结构比正偏的径阶结构要好。

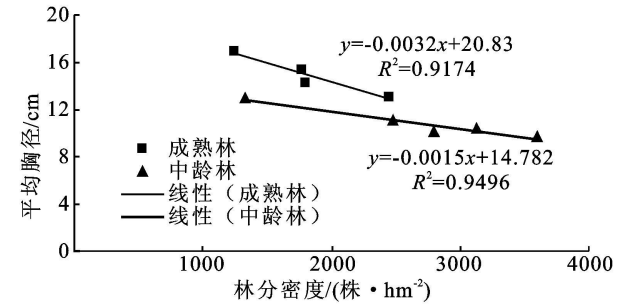


图 4 不同龄林平均胸径与林分密度关系

(2) 胸径与林分密度的关系。中龄林林分密度为 1 325 株/hm² 时,平均胸径为 13.0 cm,当密度增至 3 600株/hm² 时,平均胸径减少到 9.7 cm。成熟林林分密度为 1 250 株/hm² 时,平均胸径为 17.0 cm,当密度增至 2 450 株/hm⁻²时,平均胸径减少到 13.1 cm。从图 4 可看出,人工油松林中龄林和成熟林都随着密度的增大,胸径逐渐减小,其回归方程分别为 $y = - 0.0015x + 14.782$, $y = - 0.0032x + 20.83$, 相关系数分别为 $R = - 0.9745$ 和 $R = - 0.9578$, 规定显著水平 $\alpha = 0.05$, $t_{0.05} = 3.182$, 经显著性检验, $|t| = 7.5184 > t_{0.05}$, $|t| = 4.5142 > t_{0.05}$, 则 P 均小于 α , 表明在 0.05 水平上,平均胸径与密度相关关系显著。由此得出,密度小有利于油松直径生长。

3.1.3 树高结构

(1) 树高分布。从图 5 和表 4 可看出,中龄油松林 4, 5 号样地密度较大,树高分布为负偏,但由于海拔较低,所以树高主要分布在 6~ 7 m; 海拔相近的 1, 2, 3 号样地,其中 2 号样地峰值和偏斜度都接近于 0,趋于正态分布,但密度较小,树高主要分布在 7 m,密度较大的 1, 3 号样地树高为负偏,主要分布在 8~ 9 m。成熟林密度较小的 6, 7 号样地树高主要分布在 8~ 10 m,密度较大的 8, 9 号样地树高主要分布在 6~ 7 m。7 号、8 号样地密度相近,但是平均树高差异却很大,这是由于 7 号样地位于阴坡,而 8 号样地位于

阳坡,表明阴坡有利于树高生长。8 号和 9 号样地树高分布的峰值和偏斜度虽然都接近于 0,趋于正态分布,平均树高相同,但是较小,这是它们位于阳坡所引起的。阴坡和较大密度都有利于树高生长。

表 4 各样地树高分布的峰值和偏斜度

样地号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
峰值	1.00	0.08	1.72	8.74	0.07	2.10	- 1.17	0.12	- 0.42
偏斜度	- 0.96	0.21	- 1.37	- 2.30	- 0.37	0.17	- 0.11	0.36	- 0.00

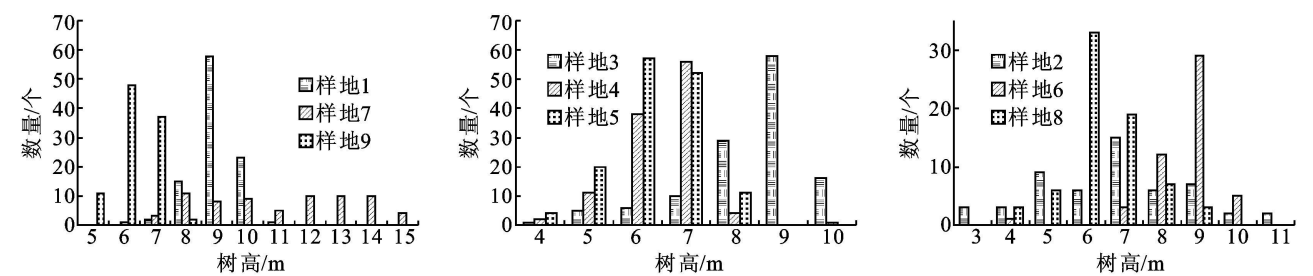


图 5 不同立地条件下油松林树高结构分布

(2) 树高与林分密度的关系。中龄林和成熟林树高与林分密度的相关系数分别为 0.048 0和0.456 9,查 r 值表,在 0.05 水平上,两者相关都不显著,因此回归也必然不显著^[11],表明树高与林分密度线性相关不显著。据图 6,从整体上看,中龄林随着密度的增大平均树高增大,当密度增大到 2 500 株/ hm^2 左右时平均树高最大,密度再增大时平均树高减小。成熟平均树高开始时随着林密度的增大而增高,当增大到 1 800 株/ hm^2 左右时平均树高最大,密度再增大时平均树高减小。

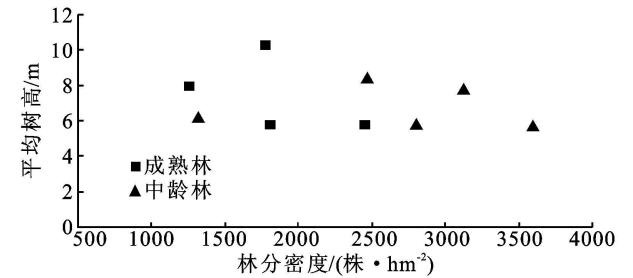


图 6 不同龄林平均树高与林分密度关系

3.2 林下植物多样性分析

物种水平的生物多样性即为物种多样性,指一个地区内物种的多样化,包括一个群落中物种的数目、各物种的个体数目及均匀程度^[12]。它影响着森林生态系统的结构与功能,决定着森林生态系统的稳定性,尤其对人工林生态系统更是如此^[13]。油松林灌层较为简单,物种较少,草本层物种较为丰富。

3.2.1 草本层植物多样性 中龄林林下草本植物物种丰富度、多样性指数和均匀度指数基本上是随着密度的增大而变小(见表 5)。均匀度表征的是在物种数一定时观察多样性与最大可能多样性之比,因此均匀度较低表明群落内少数种居于优势地位^[7]。1, 2 号样地均匀度指数都比较大,说明群落内优势种不明

显,多数种的竞争力相当。5 号样地由于离村庄比较近,受人为因素影响比较大,因此物种丰富度、多样性指数和均匀度指数都比较大。

表 5 油松林林下物种多样性变化

林龄	样地号	林下层次	物种 丰富度	多样性 指数	均匀度 指数
中 龄 林	2	灌木层	6	1.10	0.62
		草本层	21	1.74	0.57
		所有植物	27	2.84	1.19
	1	灌木层	4	0.24	0.17
		草本层	9	1.27	0.58
		所有植物	13	1.51	0.75
	4	灌木层	2	0.30	0.44
		草本层	8	0.97	0.47
		所有植物	10	1.27	0.91
	3	灌木层	8	0.91	0.44
		草本层	8	0.86	0.41
		所有植物	16	1.77	0.85
5	灌木层	2	0.45	0.65	
	草本层	16	1.33	0.48	
	所有植物	18	1.78	1.13	
成 熟 林	6	灌木层	3	0.53	0.48
		草本层	16	1.34	0.48
		所有植物	19	1.87	0.96
	7	灌木层	2	0.12	0.17
		草本层	9	0.97	0.44
		所有植物	11	1.09	0.61
	8	灌木层	2	0.43	0.62
		草本层	5	0.88	0.55
		所有植物	7	1.31	1.17
	9	灌木层	—	—	—
		草本层	2	0.69	0.99
		所有植物	2	0.69	0.99

成熟林随着林分密度的增大物种丰富度、多样性指数都逐渐变小;而除了 7 号样地外,均匀度指数随

着密度的增大而逐渐变大, 7 号样地均匀度指数较低, 说明该群落内少数种居于优势地位, 这是由于该样地处于斜坡, 可能因为雨水的冲刷程度比较大, 植物很难生长, 只有适应了这种环境的植物才能生存下来。由此得出, 密度小有利于林下植物生长。

3.2.2 灌木层植物多样性 油松林下灌木层物种丰富度比较小, 有的甚至没有灌木层。中龄林 3 号样地的物种丰富度最大, 是因为这块样地的林窗比较多, 有利于灌草生存; 其他样地随着林分密度的增大物种丰富度变小。成熟林也遵从这种规律, 但是物种丰富度更小。

人工林油松林为纯林, 所以植物多样性主要地体现在灌木和草本植物的多样性上。由表 3 可知, 物种多样性、Shannon-wiener 指数、均匀度指数和物种丰富度变化趋势为草地群落> 灌木群落。

4 结论与讨论

(1) 油松林下出现物种 53 种, 隶属 20 个科, 中龄林下物种 34 种, 隶属 13 个科, 成熟林下物种 23 种, 隶属 10 个科。

(2) 中龄林的物种多样性大于成熟林, 密度较小的林分物种多样性大于密度较大的林分。阴坡、缓坡、坡下部均有利于油松林林下植物生长。一般在相同密度下, 中龄林的冠幅小于成熟林, 因此, 光照条件相对较好, 蒸腾作用较小, 有利于林下植物生长, 物种比较多。密度较小的林分, 水分、光照条件较充足, 比较适合植物生长; 密度较高的林分, 由于树木较强的蒸腾作用消耗了大量的水分, 使林下水分严重不足, 同时较高的郁闭度又使林下光照严重缺乏, 从而使林下植物生长发育受到严重影响, 物种相对较少。阴坡光照条件虽不及阳坡, 但水分条件比阳坡优越, 植物种类较阳坡多; 缓坡林下腐殖质较多, 更容易成为风媒、鸟媒等传播种子停留的场所, 而且养分也较充足, 从而缓坡林下植物种类可能比较多; 坡下部的水分条件一般优于坡上部, 相对有利于植物生长, 物种会比较多。

(3) 密度为 $2\ 475\ \text{株}/\text{hm}^2$ 的中龄油松林平均胸

径较大且径阶分布接近正态分布, 随着林分密度的增加林分胸径呈减小趋势, 在相同林龄下, 较小的林分密度有利于胸径生长, 而较大的林分密度则能促进树高生长。林分密度小, 树木有较大的生长空间, 光照、养分等资源比较充分, 有利于树木横向生长; 林分密度大, 树木生长空间较小, 光照、养分缺乏, 为了获得更多的光照就会向上生长, 从而促进树高生长。

参考文献:

- [1] 王云霞. 太原市油松小蠹虫及其综合防控技术研究[J]. 山西林业科技, 2009, 38(4): 27-29.
- [2] 云丽丽, 高国平, 栾庆书, 等. 辽西油松毛虫虫害的 TM 影像监测技术[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(1): 204-204.
- [3] 马文斌, 郭军. 西宁地区油松病害调查及防治初步研究[J]. 青海农业科技, 2010(1): 6-8.
- [4] 邬玉明. 半干旱地区培育油松容器移植苗造林技术[J]. 内蒙古林业科技, 2003(S1): 82-83.
- [5] 王琰, 狄晓艳, 马建平. 8 个油松种源抗旱性的比较研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(4): 46-50.
- [6] 李晓光. 华北山地油松抗旱造林试验[J]. 河北林业科技, 2009(4): 12-13.
- [7] 董强, 李凯荣, 崔宏安, 等. 淳化县不同植被类型群落特征和物种多样性研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(17): 5232-5234.
- [8] 王玉, 郭建斌. 黄土高原半干旱区侧柏人工林群落物种多样性研究[J]. 林业调查规划, 2007, 32(4): 22-26.
- [9] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995: 58-64.
- [10] 吴忠红, 杜新民, 张永清, 等. 晋南日光温室土壤微生物及土壤酶活性变化规律研究[J]. 土壤肥料科学, 2007, 23(1): 296-298.
- [11] 王宝山. 田间试验与统计方法[M]. 北京: 中国农业出版, 2005: 135-137.
- [12] 高昆, 张峰. 历山山核桃群落物种多样性特征[J]. 生态环境, 2008, 17(6): 2336-2340.
- [13] 张巍, 牟长城, 屈红军. 东北林区落叶松人工林群落植物多样性研究[J]. 牡丹江师范学院学报: 自然科学版, 2008(3): 1-4.