

鲁东低山丘陵区黑松林适宜造林密度研究

李小倩, 杨吉华, 魏晓明

(山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室, 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018)

摘要:为选出鲁东低山丘陵区黑松林适宜的造林密度,以山东省乳山市海阳所镇杜家岛小流域栽植的9年生4种造林密度的黑松林为研究对象,采用野外调查与室内分析相结合的方法,系统分析了代表不同密度黑松林生态效益的枯落物蓄积量、林下灌草生物量、土壤物理性状、土壤水文效应、土壤侵蚀量、土壤养分状况等指标。结果表明:不同密度黑松林的生态效益各项指标均存在显著差异,其中除枯落物层蓄积量随造林密度的减小而减少,林下灌草植被生物量随造林密度的减小而增加之外,其余各项指标均为密度2 000株/hm²较好,1 660株/hm²的次之,2 500株/hm²和1 110株/hm²的较差。综合生态效益从大到小依次为2 000株/hm²>1 660株/hm²>2 500株/hm²>1 110株/hm²。因此在鲁东低山丘陵营造黑松林时,造林密度1 660~2 000株/hm²为宜。

关键词:鲁东低山丘陵; 黑松林; 适宜密度; 生态效益

中图分类号:S714.7; S725.6

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0379-05

Study on the Suitable Planting Density of Black Pine Forest in the Low Mountain and Hilly Area of Shandong Province

LI Xiaoqian, YANG Jihua, WEI Xiaoming

(Shandong Provincial Key Laboratory of Soil Erosion and Ecological Restoration, Collage of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: In order to select the stand density of black pine forest which is suitable for sandstone mountain area, we selected the 4 types of afforestation densities of 9 year old black pine forest which was located in Dujiadao small watershed in Haiyang town, Rushan City in Shandong Province as the research site. Methods of field investigation and laboratory experiment were used to analyze the mass of litter, the biomass of shrub and grass understory of forest, soil physical properties, soil erosion amount, soil hydrology effect, soil nutrient status and so on, and to explore the ecological benefits of black pine forest in different densities. The results showed that there were significant differences in the indexes of black pine forests; in addition to the decrease of litter layer volume with the decrease of planting density, the vegetation coverage and biomass increased with the decrease of planting density, the rest indexes were the density of 2 000 pines/hm² is the best, followed by the density of 1 660 pines /hm², and the density of 1 110 pines /hm² came next; the overall ecological benefits of different types of afforestation densities presented as the sequence: 2 000 pines /hm²>1 660 pines /hm²>2 500 pines /hm²>1 110 pines /hm². So when we plant the black pine in mountain of Shandong, the suitable planting density ranges from 1 500 to 2 500 pines /hm².

Keywords: low mountain and hilly area; black pine forest; suitable density; ecological benefit

黑松(*Pinus thunbergii* Parl.)为常绿乔木,生长较慢,寿命长,适生长于温暖湿润的海洋性气候区域,最适宜在土层深厚、土质疏松,且含有腐殖质的砂质土壤处生长,耐干旱瘠薄,不耐水涝,是荒山绿化的主要造林树种。鲁东低山丘陵区位于潍河、沭河以东,包括青岛、烟台、威海、日照的全部和潍坊、临沂的部分区域,具有温

暖湿润的海洋性气候特点^[1],特别适宜黑松的生长。但是经实地调研发现,过去在鲁东低山丘陵营造的黑松林由于林分密度过大,林下灌草植被稀少,透过冠层的雨水容易形成地表径流,造成一定程度的水土流失;并且对鲁东低山丘陵区黑松林适宜密度研究尚未见任何相关报道。基于此,本文在山东省乳山市海阳所镇杜家岛

小流域进行 4 种密度黑松林生态效益研究,分析不同密度黑松林所产生的生态效益,探索鲁东低山丘陵区黑松林适宜的造林密度,以期为鲁东低山丘陵区黑松林的栽植和密度管理提供数据参考和理论依据。

1 试验区概况

试验区位于山东省乳山市海阳所镇杜家岛村,地理位置 $36^{\circ}44'21''\text{N}$, $121^{\circ}33'00''\text{E}$,海拔高度为 50~221 m,属于鲁东砂石山低山丘陵区,土壤为棕壤,试验林位于山坡上部,土层厚度 15—30 cm,坡度 $>20^{\circ}$ 的区域。属暖温带亚季节型大陆性气候,四季变化和季风变化都比较明显。春季温差较大,夏季高温多雨,秋季凉爽干燥,冬季霜雪寒冷。据 2001—2010 年资料显示,该地多年平均降水量为 829.2 mm,多年平均气温为 12.97°C ^[2],极端最高气温 36.7°C ,极端最低气温 -20.3°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 $4\,094^{\circ}\text{C}$,平均空

气相对湿度 72%,历年平均日照时数 2 669 h,年平均无霜期为 204 d,冰冻期为 70 d。

2 材料与方法

2.1 试验材料

2007 年 3 月进行长、宽、深为 $0.4\text{ m}\times 0.4\text{ m}\times 0.3\text{ m}$ 的穴状整地,2007 年 8 月采用 1.5 年生黑松容器苗(苗高 $>0.5\text{ m}$,根茎 $>1.0\text{ cm}$)植苗造林,栽植的 4 种密度黑松林分别为 2 500,2 000,1 660,1 110 株/ hm^2 ,株行距分别为 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$, $2\text{ m}\times 2.5\text{ m}$, $2\text{ m}\times 3\text{ m}$, $3\text{ m}\times 3\text{ m}$,每种密度黑松林为一个试验小区,每个小区面积 $30\text{ m}\times 30\text{ m}=900\text{ m}^2$,每种密度重复 3 次,共计 12 个小区,试验林面积 $10\,800\text{ m}^2$,以无栽植树木的荒坡作为对照。造林后采取封育措施,禁止人为割草、砍灌、搂树叶和放牧等活动,2015 年 12 月调查每种密度黑松林的林木生长量,调查结果见表 1。

表 1 不同密度黑松林的林木生长量调查表

林分类型	林龄/a	密度/ hm^2	坡位	坡向	坡度/ $(^{\circ})$	树高/m	胸径/cm	冠幅/ m^2	枝下高/m	郁闭度
黑松林 1	9	2500	上部	南坡	22	7.45	10.18	3.12	3.16	0.75
黑松林 2	9	2000	上部	南坡	22	7.62	10.35	3.69	3.04	0.70
黑松林 3	9	1660	上部	南坡	22	7.83	10.46	3.95	2.98	0.65
黑松林 4	9	1110	上部	南坡	22	7.92	10.85	4.06	2.83	0.46

2.2 研究方法

(1) 郁闭度的测定。郁闭度采用树冠投影法测定。先将林木定位,然后从几个方位测量各株树的树冠边缘到树干的水平距离,按一定比例将树冠投影标绘在图纸上,最后从图纸上计算树冠投影总面积与林地面积的比值得到郁闭度^[3]。(2) 枯落物蓄积量的测定。2015 年 10 月在每个试验小区内均匀布设 3 个 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 的样方,每种密度布设 9 个样方,测量枯落物的总厚度,未分解层、半分解层和已分解层厚度,收取枯落物样品用烘箱烘干称重求平均值,计算蓄积量。(3) 林下灌草植被生物量测定。在每个试验小区内布设 3 个 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 的样方,收取灌木和草本植物地上部枝叶,挖出根系,用烘箱烘干称重求平均值,计算生物量^[4]。(4) 土壤物理性质和水文效应的测定。在每个试验小区内选取 3 个样点采集 0—30 cm 土层内土壤样品,土壤含水量采用铝盒烘干法测定;土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度采用环刀浸水法测定,同时计算土壤最大持水率、土壤毛管最大持水量、现有土壤贮水量、土壤饱和贮水量等指标,采用林地土壤饱和贮水量减去对照区的土壤饱和贮水量得出林地增加的土壤饱和贮水量^[5]。(5) 土壤养分的测定。在各小区内采集土壤样品,有机质采用硫酸重铬酸钾氧化法测定;全氮采用硫酸

钾、硫酸铜、硒粉消煮后定氮仪自动分析法测定;水解氮采用碱解扩散法测定;全磷采用硫酸、高氯酸消煮后钼锑抗比色法测定;有效磷采用双酸浸提后钼锑抗比色法测定;全钾采用氢氟酸、高氯酸消煮后火焰光度计法测定;速效钾采用中性乙酸铵提取后火焰光度计法测定。(6) 土壤侵蚀量的测定。2013 年 2 月分别在 4 种密度黑松林和荒坡的试验小区内各插入 600 个标尺,于 2013 年 12 月、2014 年 12 月和 2015 年 12 月分别测定经过 1 a 的径流冲刷而使标尺裸露的高度,求平均值为土壤侵蚀深度(mm)再乘以土壤容重,即为土壤侵蚀模数,采用荒坡的土壤侵蚀模数减去林地土壤侵蚀模数得出林地减蚀量。

2.3 数据处理

利用 Excel 2013 对测定试验数据进行处理与表格制作,利用 SPSS 19.0 对试验数据进行方差分析、Duncan 法进行多重比较。

3 结果与分析

3.1 不同密度黑松林的枯落物蓄积量

林地枯落物层不仅能够吸持和拦截降水、促进径流下渗、减少林地蒸发量、改善土壤的理化性质,而且能减少径流冲刷^[6]。由于林分密度不同,林地内枯落物层的蓄积量也有所差异,研究结果见表 2。

表 2 不同密度黑松林的枯落物层蓄积量

林分类型	林龄/ a	密度/ hm ²	A ₁		A ₂		A ₃		枯落物层	
			蓄积量/	厚度/	蓄积量/	厚度/	蓄积量/	厚度/	蓄积量/	总厚度/
			(t·hm ⁻²)	cm	(t·hm ⁻²)	cm	(t·hm ⁻²)	cm	(t·hm ⁻²)	cm
黑松林 1	9	2500	1.68d	2.3	2.05d	1.6	1.48d	0.9	5.21d	4.8
黑松林 2	9	2000	1.57c	2.1	2.03c	1.4	1.34c	0.8	4.94c	4.3
黑松林 3	9	1660	1.47b	1.8	1.89b	1.3	1.25b	0.7	4.61b	3.8
黑松林 4	9	1110	1.41a	1.6	1.78a	1.2	1.17a	0.6	4.36a	3.4

注:A₁ 为枯落物未分解层;A₂ 为枯落物半分解层;A₃ 为枯落物已分解层。

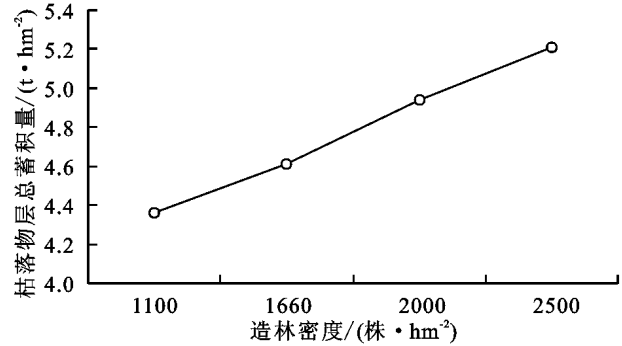


图 1 黑松造林密度与枯落物层蓄积量的关系

分别对 4 种密度黑松林枯枝落叶中未分解层、半分解层、已分解层和总蓄积量进行方差分析,结果均为 $p<0.05$,表明 4 种密度黑松林的枯枝落叶未分解层、半分解层、已分解层和总蓄积量均存在显著差异。

由图 1 可以经看出,黑松的造林密度与林内枯落物层蓄积量呈线性正相关,其中,2 500 株/hm² 的黑松林枯枝落叶层蓄积量最大,为 5.21 t/hm²,随林分密度减小,枯枝落叶层蓄积量也依次降低,密度为 1 110 株/hm² 的黑松林枯枝落叶层蓄积量最小,为 4.36 t/hm²。多重比较结果见表 1 中小写字母所示。

3.2 不同密度黑松林的林下灌草生物量

林下灌草植被处在林分中的下层,透过冠层的雨水在到达地表前,部分雨水被灌草进一步截留,从而进一步削减雨滴动能,防止地表溅蚀。同时茂密的灌草植被还能减小径流流速、拦蓄泥沙,其根系分布较浅而密集,可固结表层土壤从而提高土壤的抗冲性能^[7]。由于黑松林的林分密度不同,所以其林下灌草生物量也存在明显的差异。研究结果见表 3。

表 3 不同密度黑松林的林下灌草生物量

林分类型	林龄/ a	林分密度/ (株·hm ⁻²)	灌木密度/ (株·hm ⁻²)	灌草 盖度	灌木生物量/(t·hm ⁻²)				草本生物量/(t·hm ⁻²)			灌草生物量/ (t·hm ⁻²)
					叶	枝干	根	总生物量	茎叶	根系	总生物量	
黑松林 1	9	2500	3640	0.60	0.15	0.21	0.35	0.71a	1.29	1.12	2.41a	3.12a
黑松林 2	9	2000	3590	0.64	0.18	0.26	0.41	0.85b	1.31	1.15	2.46b	3.31b
黑松林 3	9	1660	3860	0.70	0.22	0.28	0.44	0.94c	1.35	1.21	2.56c	3.50c
黑松林 4	9	1110	4170	0.72	0.24	0.31	0.49	1.04d	1.37	1.23	2.60d	3.64d
对照	0	0	4780	0.75	0.25	0.33	0.51	1.09c	1.39	1.28	2.67e	3.76e

林分密度影响林内光、气、水、热等条件,因此不同密度黑松林的灌草生物量之间存在一定差异,分别对 4 种密度黑松林及对照的灌木总生物量、草本植物总生物量和灌草生物总量进行方差分析,结果均为 $p<0.05$,表明不同密度黑松林及对照相互之间差异显著。其中 1 110 株/hm² 黑松林的灌草总生物量显著大于其他密度,1 660 株/hm² 和 2 000 株/hm² 的次

之,2 500 株/hm² 的最小。多重比较结果见表 3 中小写字母所示。

3.3 不同密度黑松林的土壤物理性状

土壤物理性状主要包括土壤容重和孔隙度,其优劣直接影响到土壤的持水能力和渗透能力,且物理性状优良的土壤对于减少地表径流、涵养水源、保持水土具有重要的作用^[8],研究结果见表 4。

表 4 不同密度黑松林的土壤物理性状

林分类型	林龄/ a	密度/ (株·hm ⁻²)	土层 厚度/cm	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	总孔隙度/ %	非毛管 孔隙度/%	毛管 孔隙度/%
黑松林 1	9	2500	30	1.31c	46.53c	7.39c	39.14b
黑松林 2	9	2000	30	1.29a	47.38e	8.02e	39.36c
黑松林 3	9	1660	30	1.30b	47.24d	7.91d	39.33d
黑松林 4	9	1110	30	1.31c	46.28b	7.34b	38.94e
对照	0	0	30	1.42d	42.18a	5.86a	36.32a

对不同密度黑松林及对照的土壤容重进行方差分析,除 2 500 株/hm²、1 110 株/hm² 的黑松林土

壤容重无明显差异外($p>0.05$),其余均存在显著性差异($p<0.05$)。其中 2 000 株/hm² 的黑松林土壤

容重最小,1 660 株/hm² 的次之,1 110 株/hm² 和 2 500 株/hm² 的较大。分别对 4 种密度黑松林及对照的土壤的总孔隙度、非毛管孔隙度和毛管孔隙度进行方差分析,4 种密度黑松林与对照均存在显著性差异($p<0.05$),从优到差顺序依次为:2 000>1 660>2 500>1 110 株/hm²>对照。不同密度黑松林中 2 000 株/hm² 和 1 660 株/hm² 的改善土壤物理状况较为优良,2 500 株/hm² 的次之,1 110 株/hm² 的较差。

表 5 不同密度黑松林的土壤水文效应

林分类型	林龄/ a	土层 厚度/cm	造林密度/ (株·hm ⁻²)	土壤含 水量/%	土壤最大 持水率/%	土壤毛管最大 持水率/%	现有土壤贮水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	土壤饱和贮水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	增加的土壤饱和贮水量/ (m ³ ·hm ⁻²)
黑松林 1	9	30	2500	9.16	35.52	29.88	274.8	1395.9c	230.5b
黑松林 2	9	30	2000	9.48	36.73	30.51	284.4	1421.4e	256.0d
黑松林 3	9	30	1660	9.35	36.34	30.25	280.5	1417.2d	251.8c
黑松林 4	9	30	1110	9.03	35.33	29.73	270.9	1388.4b	223.0a
对照	0	30	0	7.42	29.70	25.58	222.6	1165.4a	0e

对土壤饱和贮水量和增加的土壤饱和贮水量进行方差分析,结果为 $p<0.05$,表明不同密度黑松林以及对照之间存在显著差异,且 4 种密度的黑松林均对土壤水文效应有一定的提高,其提高效果从优到差依次为:2 000>1 660>2 500>1 110 株/hm²。林地增加的土壤饱和贮水量呈现出相同的规律,多重比较结果见表 5 中小写字母所示。

3.5 不同密度黑松林的减蚀量

减蚀量是指对照区的土壤侵蚀模数 $t/(hm^2 \cdot a)$

3.4 不同密度黑松林的土壤水文效应

土壤的水文效应主要取决于土壤的物理性状,土壤的总孔隙度决定着土壤蓄水量的大小;毛管孔隙是土壤中水分贮存和蒸发的孔道,是植物吸收水分的途径;非毛管孔隙间隙大,渗透到土壤中的水分在重力作用下逐渐下渗变为地下水。不同密度黑松林增加的土壤饱和贮水量是指林地土壤饱和贮水量减去对照的土壤饱和贮水量。密度不同,黑松林的各项土壤水文指标也不相同,研究结果见表 5。

减去林地土壤侵蚀模数 $t/(hm^2 \cdot a)$ 。营造不同密度的黑松林可减少土壤侵蚀量,研究结果见表 6。

对不同密度的黑松林与对照相比减少的土壤侵蚀量进行方差分析,结果表明,不同密度黑松林之间存在显著差异($p<0.05$)。其中 2 000 株/hm² 黑松林的减蚀量较大,为 29.76 $t/(hm^2 \cdot a)$;密度为 1 660 株/hm² 黑松林的减蚀量次之;为 29.04 $t/(hm^2 \cdot a)$,2 500 株/hm² 和 1 110 株/hm² 黑松林的减蚀量较小。多重比较结果见表 6 中小写字母所示。

表 6 不同密度黑松林的土壤侵蚀量

林分类型	林龄/ a	密度/ (株·hm ⁻²)	成土 母质	坡度/ (°)	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	侵蚀深度/ mm	土壤侵蚀模数/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)	减蚀量/ (t·hm ⁻² ·a ⁻¹)
黑松林 1	9	2500	片麻岩	22	1.31	0.81	10.61	28.70b
黑松林 2	9	2000	片麻岩	22	1.29	0.74	9.55	29.76d
黑松林 3	9	1660	片麻岩	22	1.30	0.79	10.27	29.04c
黑松林 4	9	1110	片麻岩	22	1.31	0.86	11.27	28.04a
对照	0	0	片麻岩	22	1.42	2.89	39.31	0 e

3.6 不同密度黑松林的土壤养分含量

土壤有机质是评价土壤质量的一个重要指标,它与土壤矿物质共同作为林木营养的来源,直接影响和

改变土壤的一系列物理化学性质。土壤 N,P,K 是植物生长发育的三大要素,其含量的大小直接关系到土壤肥力,是衡量土壤肥力的一个重要指标^[9]。

表 7 不同密度黑松林的土壤养分含量

林分类型	林龄/ a	密度株/ hm ²	成土 母质	有机质/ %	全氮/ %	全磷/ %	全钾/%	速效氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
黑松林 1	9	2500	片麻岩	0.64ab	0.046a	0.061b	0.072a	56.7b	5.9a	61.6b
黑松林 2	9	2000	片麻岩	0.69c	0.051b	0.065c	0.076b	57.4c	6.3b	62.9d
黑松林 3	9	1660	片麻岩	0.66b	0.049b	0.064c	0.075b	56.9b	6.2b	62.3c
黑松林 4	9	1110	片麻岩	0.62a	0.044a	0.058a	0.071a	55.3a	5.7a	59.8a
对照	0	0	片麻岩	0.47d	0.032c	0.049d	0.054c	42.9d	4.8c	50.3e

由表 7 可知,不同密度黑松林的土壤养分含量均有所差异,其中不同密度黑松林的有机质、全氮、全

磷、全钾、速效氮、速效磷和速效钾的含量均以密度为 2 000 株/hm² 黑松林的含量最大。对不同密度黑松

林及对照的有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷和速效钾进行方差分析,结果均为 $p<0.05$,表明不同密度黑松林及对照组土壤养分的各项指标均存在显著差异,多重比较结果见表 7 中小写字母所示。

3.7 不同密度黑松林的生态效益综合评价

选取不同密度黑松林的枯落物层蓄积量、林下灌草生物量、土壤总孔隙度、与对照相比增加的土壤饱和贮水量、与对照相比减少的土壤侵蚀量和土壤有机质含量等因子时,由于单位不统一,无法进行直接汇总,所以在完成数据整理后需对数据进行消除量纲处理,本研究采用均值化

法对数据进行无量纲处理,计算公式: $x=x_i/\sqrt{x_i}$

运用水保分析法对不同林分密度黑松林的生态效益进行分析,根据各项保土数量的无量纲化处理,按各项保土指标得分逐项相加得出生态效益。 $W=X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_6$;式中: W :生态效益; X_1 为量纲归一化的枯落物层蓄积量; X_2 为量纲归一化的灌草生物量; X_3 为量纲归一化的土壤总孔隙度; X_4 为量纲归一化的增加土壤贮水量; X_5 为量纲归一化的土壤减蚀量; X_6 为量纲归一化的土壤有机质含量。研究结果见表 8。

表 8 不同密度黑松林消除量纲后的综合生态效益

林分类型	林龄/ a	枯落物 积蓄量	灌草 生物量	总孔 隙度	增加土 壤贮水量	减蚀量	有机质	生态 效益
黑松林 1	9	1.09	0.92	0.99	0.93	0.99	0.98	5.90b
黑松林 2	9	1.03	0.98	1.01	1.11	1.03	1.06	6.28d
黑松林 3	9	0.96	1.03	1.01	1.08	1.01	1.02	6.24c
黑松林 4	9	0.91	1.07	0.99	0.88	0.97	0.95	5.95a

对不同密度黑松林的综合生态效益进行方差分析,结果显示不同密度黑松林综合生态效益的显著性为 $p<0.05$,表明不同密度黑松林的综合生态效益差异显著。在方差分析显著的基础上对其进行多重比较,结果见表 8 中小写字母标记所示,不同密度黑松林的综合生态效益有显著差异,且两两之间差异显著。在 4 种密度黑松林中,2 000 株/hm² 黑松林的生态效益最大,1 660 株/hm² 次之,2 500 株/hm² 和 1 110 株/hm² 的较小。

株/hm² 和 1 110 株/hm² 的较小。

在鲁东低山丘陵区,不同密度黑松林的总体生态效益从大到小依次为 2 000 株/hm²>1 660 株/hm²>2 500 株/hm²>1 110 株/hm²。因此在该区域营造黑松林时,较为适宜的造林密度范围为 1 660~2 000 株/hm²。

参考文献:

[1] 王秀秀,王立本,苏秋实.基于生态足迹方法的鲁东丘陵区可持续发展分析[J].安徽农业科学,2008,36(34):15167-15169.

[2] 孙鹏鹏,周浩亮.乳山市大樱桃种植的气候适宜性分析[J].现代农业科技,2012(3):314-317.

[3] 李永宁,张宾兰,秦淑英,等.郁闭度及其测定方法研究与应用[J].世界林业研究,2008,21(1):40-46.

[4] 汪永文,王力,王丽丽,等.马尾松混交林林下植被结构及生物量特征研究[J].安徽农业大学学报,2010,37(2):312-316.

[5] 胡建朋,杨吉华,罗明达,等.山东砂石山区不同林分类型土壤的蓄水效益[J].中国水土保持科学,2011,9(5):67-72.

[6] 黄承标,吴仁宏,黎家春,等.三匹虎自然保护区森林枯枝落叶层及土壤层涵养水源功能分析[J].中国水土保持,2009(7):16-18.

[7] 段劼,马履一,张萍,等.不同立地侧柏林下植被与水源涵养能力的关系[J].湖北农业科学,2010,49(2):330-333.

[8] 罗明达,杨吉华,房用,等.沂源石灰岩山地不同植被类型土壤颗粒分形特征研究[J].水土保持研究,2010,17(3):17-21.

[9] 李小倩,杨吉华,魏晓明.鲁中南石灰岩山地针阔混交林土壤理化性状及水文效应[J].水土保持学报,2016,30(1):208-211.

4 结论

(1) 不同密度黑松林对枯落物蓄积量及林下灌草生物量有着直接的影响,且 4 种密度黑松林之间差异显著。密度为 2 500 株/hm² 的黑松林枯枝落叶层蓄积量较大,2 000 株/hm² 的次之,密度为 1 660 株/hm² 和 1 110 株/hm² 的黑松林枯枝落叶层蓄积量较小,林下灌草生物量呈相反趋势。

(2) 土壤物理性状、土壤蓄水性能以及土壤养分含量与不同密度黑松林的枯枝落叶层蓄积量、灌木叶片生物量和草本植物茎叶生物量密切相关。密度为 2 000 株/hm² 的黑松林枯枝落叶量、灌木叶片生物量、草本植物茎叶生物量总和最多,腐烂分解后改善土壤物理性状的效果较好,土壤的蓄水性能最佳,林分各项营养物质指标最好,1 660 株/hm² 的次之,2 500 株/hm² 和 1 110 株/hm² 的较差。

(3) 不同密度黑松林的与对照相比减少的土壤侵蚀量亦存在显著差异。其中 2 000 株/hm² 的黑松林减少土壤侵蚀量较大,1 660 株/hm² 的次之,2 500