

网络出版时间:2012-12-21 17:30

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20121221.1730.030.html>

陕西省宜君县森林碳密度及空间分布格局研究

任德智¹, 葛立雯¹, 同延玲², 丁福斌², 潘刚¹

(1 西藏农牧学院 高原生态研究所, 西藏 林芝 860000; 2 宜君县林业局, 陕西 宜君 727200)

[摘要] **【目的】**对宜君县森林碳储量、碳密度及空间分布格局进行研究, 为宜君县森林价值及服务功能估算等提供参考。**【方法】**以宜君县第 7 次二类森林资源清查资料为数据源, 运用材积源生物量法和平均生物量法进行生物量估算, 结合不同树种的分子式含碳率, 进行宜君县森林碳储量和碳密度的估算, 并结合 GIS 软件进行数据的空间分析, 探讨碳储量和碳密度的空间分布格局。**【结果】**宜君县森林碳储量为 1 093 721.91 t, 森林平均碳密度为 15.20 t/hm², 总体呈自西向东递减的趋势, 西部碳储量和碳密度明显高于东部。林分和灌木碳储量占森林碳储量的 94.97%, 林分平均碳密度为 18.42 t/hm², 天然林的碳密度均高于人工林。乡镇与国有林场森林在碳密度结构上存在差异性, 国有林场森林碳密度呈自西向东递减的趋势, 而乡镇森林碳密度呈自西南向东北递减的趋势。**【结论】**宜君县林分的碳密度低于陕西省林分的平均碳密度, 也低于全国平均水平。

[关键词] 陕西省宜君县; 碳储量; 碳密度; 空间分布

[中图分类号] S718.55⁺4; Q948.1

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)01-0155-08

Carbon density and spatial distribution pattern of forests in Yijun County, Shaanxi Province

REN De-zhi¹, GE Li-wen¹, TONG Yan-ling², DING Fu-bin², PAN Gang¹

(1 Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi, Tibet 860000, China;

2 Forest Development Center of Yijun, Yijun, Shaanxi 727200, China)

Abstract: **【Objective】**The major goal of this research is to investigate the carbon storage and its spatial distribution pattern and determine the value and service function of forests in Yijun County. **【Method】**According to the data of 7th Second Class Forest Resource Investigation in Yijun County, volume source biomass method and average-biomass computing method were used to calculate the biomass. Combining with the carbon contents in molecular formulas of different trees, the carbon storage and average carbon density of forests were estimated as well. Furthermore, spatial distribution patterns of carbon storage and average carbon density were discussed based on spatial analysis using Geographical Information System GIS. **【Result】**The calculated carbon storage of forests in Yijun County was 1 093 721.91 t with an average carbon density of 15.20 t/hm². The carbon storage in west part was the highest with a general decreasing trend from west to east. Carbon storage of forests and shrubs accounted for 94.97% of the total carbon storage. Average carbon density of standing forests was 18.42 t/hm², as natural forests carbon density was higher than that of man-made forests. The spatial distribution of town forests and state forest farms were different. The density of carbon storage in state forest farms was decreasing from west to east while that of town forests was decreasing from southwest to northeast. **【Conclusion】**Standing forests density of Yijun County

[收稿日期] 2012-04-19

[基金项目] 国家自然科学基金项目(31160120)

[作者简介] 任德智(1977—), 男, 四川绵阳人, 讲师, 硕士, 主要从事 GIS 和森林经理学研究。E-mail: rdz177@sohu.com

[通信作者] 潘刚(1968—), 男, 重庆人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事环境生态学研究。E-mail: 445944953@qq.com

was lower than the average of Shaanxi Province, as well as the national average.

Key words: Yijun County, Shaanxi Province; carbon storage; carbon density; spatial distribution pattern

森林作为陆地生态系统中最大的碳库,不仅维护着区域和全球生态环境系统的稳定,而且在全球碳循环中起着重要作用。森林本身维持着巨大的碳库(约占全球植被碳库的 86% 以上),同时也维持着巨大的土壤碳库(约占全球土壤碳库的 73%)。与其他陆地生态系统相比,森林生态系统具有较高的生产力,每年固定的碳约占整个陆地生态系统的 2/3,在调节全球碳平衡、减缓大气 CO₂ 等温室气体浓度上升以及维护全球气候稳定等方面具有不可替代的作用^[1-2]。

近年来,利用森林资源清查资料提取碳储量信息的报道很多^[1]。根据研究区域尺度的不同,可分为大、中、小 3 种尺度,大尺度主要指国家及以上层面,中尺度主要指省、市一级或区域等层面,小尺度主要是指县、小流域等较小的范围。综观目前的研究成果,主要是针对大、中尺度^[1,3-10]的研究,在小尺度上的研究相对较少^[11]。本研究以陕西省宜君县第 7 次二类森林资源清查资料为数据源(县级是我国二类资源清查数据的基本单元),估算该县森林植被的碳储量和碳密度,并探讨其空间分布格局。旨在丰富我国小尺度碳储量研究内容,为我国大、中尺度碳储量和碳密度的准确估算提供参考,同时为宜君县的森林价值及服务功能估算等奠定基础。

1 研究区概况

宜君县地处陕北黄土高原南缘,属于子午岭桥山山系,地理坐标为东经 108°54′37″~109°28′46″、北纬 35°07′58″~35°34′58″,东西长约 51.9 km,南北宽约 50.3 km,总土地面积 1 506.74 km²,其中林业用地面积 1 019.26 km²,占土地总面积的 67.6%。在林业用地中,有林地面积 39 150.5 hm²,占林业用地的 38.4%;疏林地 431.3 hm²,占 0.4%;灌木林地 32 467.4 hm²,占 31.9%,活立木总蓄积量 166.78 万 m³。全县乔木林中,有针叶林 5 706.8 hm²,阔叶林 29 876.3 hm²,针阔混交林 3 567.4 hm²,分别占乔木林面积的 14.6%,76.3%和 9.1%。

宜君县位于我国东部季风湿润区与内陆干旱区的过渡地带,属大陆性季风气候区,四季分明,年平均气温 8.9℃,年均降水量 709.3 mm,县境内东西部气候有较明显差异。

研究区森林植被属暖温带森林草原植被带,呈

明显的水平地带性分布,该区总的地势呈东北低、西南高,地貌分为以草灌为天然植被的东部残塬沟壑区、以中部灌丛草原和灌木草原为主要植被的黄土梁峁丘陵区及分布有大面积森林植被的西部及南部土石中山丘陵区 3 种类型。该区森林覆盖率 25.98%,全县共有高等植物 101 科 800 多种,主要乔木树种有油松、辽东栎、槲栎、麻栎、侧柏、杜松、杨类、白桦、泡桐、刺槐、椴树、旱柳、楸树、漆树、中槐、臭椿、香椿、杜梨等;主要灌木树种有黄蔷薇、白刺花(狼牙刺)、胡颓子等。

2 材料与方法

2.1 材 料

本研究所采用的数据为宜君县第 7 次二类森林资源清查数据,由宜君县林业局和宜君县林业开发中心提供。

2.2 研究方法

目前,我国对森林碳储量的估算,普遍采用直接或间接测定森林植被的生物现存量,再乘以转换比率,即由干物质中碳的比重计算得来^[3]。森林生物量及组成树种的含碳量是研究森林碳储量的 2 个关键因子,对其准确测定及估计是估算森林碳储量的基础。

2.2.1 生物量的计算 对森林资源清查数据而言,森林蓄积量为已知量,因此,目前一般采用生物量模型法求算森林生物量。樊登星等^[10]的研究指出,材积源生物量法因在不同林分类型生物量与蓄积量之间均存在着良好的回归关系,还能够减少平均生物量等方法所带来的一些人为误差,能较好地体现实地情况,因而成为目前估测森林生物量的常用方法之一。方精云等^[12-13]在收集全国各地 758 组生物量和生产力研究数据的基础上,建立了生物量与蓄积量的回归方程及 21 个优势树种的计算参数;刘国华等^[8]通过充实和完善,对上述计算参数又进行了修订,进一步为材积源生物量法的应用和推广奠定了基础。

本研究采用材积源生物量法,以方精云等^[12]建立的回归模型进行了宜君县二类森林资源清查蓄积量到生物量的转换。在分树种计算过程中,对于部分无确切参数的树种(或类型)采用近似树种参数替代法确定参数,如硬阔类和软阔类分别参照栎类和

杨树的计算参数,刺槐参照杂木的计算参数;散生木采用针阔混交林的方程计算参数,“四旁”树采用阔叶混交林的方程计算参数,疏林、灌木林和经济林按目前普遍采用的平均生物量法计算参数,确定其参数分别为 19.76,19.76 和 23.7 t/hm²^[10-11]。本研究采用的回归方程为:

表 1 不同树种的生物量回归方程及含碳率

Table 1 Biomass regression equation and carbon ratios of different tree species

树种 Tree species	生物量回归方程 Biomass estimation models	含碳率 Carbon content rate
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	$B=0.755\ 4V+5.092\ 8$	0.499\ 7
柏类 <i>Cupressus</i>	$B=0.612\ 9V+46.145\ 1$	0.503\ 4
栎类/硬阔 <i>Quercus</i> /Hard broad leaf	$B=1.145\ 3V+8.547\ 3$	0.500\ 4/0.483\ 4
桦类 <i>Betula</i>	$B=1.068\ 7V+10.237\ 0$	0.491\ 4
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	$B=0.756\ 4V+8.310\ 3$	0.483\ 4
杨类/软阔 <i>Populus</i> /Soft broad leaf	$B=0.475\ 4V+30.603\ 4$	0.495\ 6
经济林 Economic fores	$B=23.7S$	0.500\ 0
疏林/灌木林 Open forest/Shrubbery forest	$B=19.76S$	0.500\ 0
散生木 Scattered trees	$B=0.813\ 6V+18.466\ 0$	0.497\ 8
四旁树 Four-side tree	$B=0.625\ 5V+91.001\ 3$	0.490\ 0

2.2.2 含碳率(含碳系数) 目前森林碳储量研究中采用的含碳率主要有平均含碳率、实测含碳率和由不同树种化学组成及化学成分分子式推算得到的含碳率(以下简称“分子式含碳率”)3类。平均含碳率由于忽略了种间和种内差异,精度较低,但测算简单,主要用于大、中尺度碳储量的估算;实测含碳率的准确度是目前最高的(其精度与采样和分析方法相关),可以分树种、分器官研究,但需要采样和实验室测定,工作量较大,测定结果仅在采样代表区域有较高的精度,在测区外精度无法保证,主要用于小尺度的精确测算。李海奎等^[14]以森林资源清查数据为基础,运用植物分子式确定不同树种的含碳量转化系数,既有理论依据、简单易行,又具有规范性、重复操作性。该方法考虑了种间差异对含碳率的影响,因此其测定精确度相对平均含碳率高^[15-16]。

综上所述,对比 3 类含碳率,实测含碳率由于需要进行实际采样测定,不适合作为以二类森林资源清查数据为基础的碳储量估算,因此,本研究采用精度较高的分子式含碳率进行碳储量估算。对部分无确切含碳率的树种或类型采用相似树种或类型的含碳率。如散生木采用针阔混交林的含碳率,“四旁”树采用阔叶混交林的含碳率,而经济林、疏林、灌木林采用平均含碳率 0.5^[10-11]。各树种具体含碳率见表 1。本研究中森林的碳储量仅指林木的活生物量,并未包括森林生态系统中的枯死木、下木层、草本层、枯枝落叶层以及森林土壤层等的碳库。

$$B_{林}=aV+b;B_{经}=23.7S;B_{疏灌}=23.7S。$$

式中: $B_{林}$ 为森林生物量(t), V 为森林蓄积量(m³), a 和 b 为参数; $B_{经}$ 为单位面积经济林的平均生物量(t/hm²), S 为经济林、疏林、灌木林相应的面积(hm²); $B_{疏灌}$ 为单位面积疏林、灌木林的平均生物量(t/hm²)。具体林分的生物量回归方程见表 1。

3 结果与分析

3.1 宜君县的森林碳密度

3.1.1 不同类型林分的碳密度 宜君县林分碳储量为 717 877.41 t,占森林总碳储量的 65.64%。宜君县林分针阔分明,以阔叶林为主,林分类型相对集中(阔叶林主要为栎类,针叶林主要为油松)。图 1 统计结果表明,宜君县林分平均碳密度为 18.42 t/hm²,各林分类型碳密度依次为:油松>桦类>栎类>刺槐>硬阔>软阔>柏类>杨类,其中最主要林分类型的栎类和油松的碳密度分别为 19.52 和 23.70 t/hm²,均高于全县林分平均碳密度,这对于全县森林生态系统的碳储存非常有利。

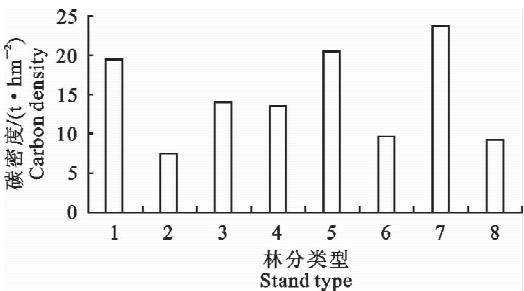


图 1 陕西省宜君县不同类型林分的碳密度

1. 栎类;2. 杨类;3. 刺槐;4. 硬阔;5. 桦类;6. 软阔;7. 油松;8. 柏类
- Fig.1 Carbon densities of different standing forests in Yijun County, Shaanxi Province
1. *Quercus*;2. *Populus*;3. *Robinia pseudoacacia*;4. Hard broad leaf;5. *Betula*;6. Soft broad leaf;7. *Pinus tabulaeformis*;8. *Cupressus*

森林的碳储量与其年龄组成密切相关^[17],而碳密度是单位面积上的碳储量。从表 2 可知,宜君县不同类型林分的碳密度以近熟林最高,平均为25.04 t/hm²;幼龄林最小,平均只有 5.81 t/hm²,与树木的生长规律一致。综合龄组和林分类型分析可以看

出,各林分类型碳密度除刺槐外均以近熟林为转折点呈现先增后减的趋势。在全县森林中占主体地位的栎类和油松,其所有龄级的碳密度均较高,这对于保证全县的碳储量非常有利。

表 2 陕西省宜君县不同龄组林分的碳密度

Table 2 Carbon densities of standing forests with different age in Yijun County, Shaanxi Province t/hm ²				
林分类型 Stand type	幼龄林 Young plantation	中龄林 Middle-aged plantation	近熟林 Near-mature plantation	成熟林 Mature-plantation
栎类 <i>Quercus</i>	6.26	21.07	26.27	22.39
杨类 <i>Populus</i>	3.27	8.47	9.63	
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	5.72	14.84	16.03	17.63
硬阔 Hard broad leaf	3.64	15.11		
桦类 <i>Betula</i>	10.23	20.30	28.70	
软阔 Soft broad leaf		10.86		
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	7.43	22.87	26.31	25.29
柏类 <i>Cupressus</i>	3.70	9.20	12.48	

注:软阔类幼龄林面积有 0.6 hm²,清查时未统计蓄积量,因而未计算其幼龄林碳密度。
Note:For the young growth stand(the area is 0.6 hm²)has not been calculated in resource investigation,its carbon density is disregarded.

3.1.2 不同起源林分的碳密度 从表 3 可以明显看出,天然林碳储量占林分总碳储量的 90.36%,是宜君县森林碳储量的主要贡献者。天然林以栎类和油松为主,其中栎类全部为天然林,油松天然林碳储量也远高于人工林;人工林不仅碳储量小,仅占林分总碳储量的 9.64%,而且林分类型也较少,以刺槐和油松等用材林为主,其中刺槐因对立地条件要求低、易成活、根蘖能力强、生长较快等优势,成为当地主要的用材树种之一,且全为人工林,其碳储量占人工林的 76.31%。

成为全县生产力最高的林分,其碳密度也最高,但由于分布面积较小,所以总碳储量并不高。栎类不仅是全县碳储量的最大贡献者,而且全为生态系统稳定性较高的天然林,这使得全县林分的碳储量具有较高的稳定性。但从目前宜君县域内栎类天然林的生存现状看,因长期受人为活动的影响,林分大多演化为多代萌生林,林相不整齐,生产力低,最终造成碳密度相对偏低。这也说明,宜君县的天然林碳储量还有提升的空间,如在一些立地条件较好的区域增加必要的人工抚育等干预措施,提高栎林生产力,以最终提高碳储量和碳密度。

表 3 显示,天然林的碳密度均较人工林高。油松天然林由于群落外貌比较整齐,生长发育良好,而

表 3 陕西省宜君县不同起源林分的碳储量和碳密度

Table 3 Carbon storages and carbon densities of natural artificial forests in Yijun County, Shaanxi Province				
林分类型 Stand type	碳储量/(10 ⁴ t) Carbon storage		碳密度/(t·hm ⁻²) Carbon density	
	天然林	人工林	天然林	人工林
	Natural forest	Artificial forest	Natural forest	Artificial forest
栎类 <i>Quercus</i>	45.72		19.52	
杨类 <i>Populus</i>	2.86	0.02	7.53	7.17
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>		5.25		14.04
硬阔 Hard broad leaf	0.10		13.51	
桦类 <i>Betula</i>	0.04		20.42	
软阔 Soft broad leaf	0.003 6	0.003 4	14.03	10.99
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	15.61	1.61	24.40	18.55
柏类 <i>Cupressus</i>	0.58		9.16	

3.1.3 不同植被类型的碳储量 整个宜君县森林的总碳储量为 1 093 721.91 t。从图 2 可以看出,不同植被类型的碳储量依次为林分>灌木林>“四旁”树>散生木>疏林>经济林,其中林分和灌木林碳

储量占全县碳储量的 94.97%。统计表明,占全县森林面积 54.18%的林分,其碳储量占到森林碳储量的 65.64%,而占森林面积 45.13%的灌木林,其碳储量仅占 29.33%。由此可以看出,乔木林固碳

能力远大于灌木林,其在固定二氧化碳、释放氧气、维护区域碳氧平衡方面起着更重要的作用。对分布于宜君县中东部的大面积灌木林地,可因地制宜选择立地条件较好的区域进行植被重建,以提高全县森林总体质量和碳储量。

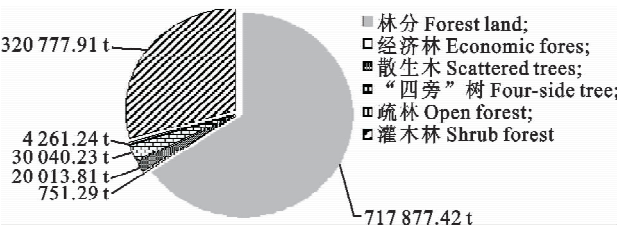


图 2 陕西省宜君县不同植被类型的碳储量
Fig. 2 Carbon storages of different vegetations in Yijun County, Shaanxi Province

3.2 宜君县森林碳储量及碳密度的空间分布格局

3.2.1 国有林场中森林碳储量及碳密度的空间分布格局 国有林场是宜君县森林分布的主要区域,同时也是森林碳储量的主要部分,县域内5个林场

的森林碳储量占全县森林碳储量的 85.83%。由图 3 林场位置示意图并结合表 4 可知,林场森林碳储量的总体空间分布格局由西向东呈递减的趋势,表现为太安林场>哭泉林场>棋盘林场>阳湾林场>雷塬林场;结合表 5 可以看出,林分碳储量所占比重呈现从西北向东南递减的趋势,而这种趋势正好与灌木林相反;林分碳储量最大的栎类和油松,其空间分布格局也同样呈现出自西向东递减的趋势。这种空间分布格局主要是由县境内的地形地貌、气候、立地条件等差异形成的,与宜君县东部残塬沟壑区主要分布草灌、中部主要分布灌丛草原及灌木草原、西部及南部主要分布乔木的植被分布格局完全一致。以中龄林、成熟林为主的林分和以天然林起源为主的林分,其碳储量空间分布格局总体上均呈现自西向东递减的趋势(表 6)。从表 4 的森林平均碳密度可以看出,国有林场森林平均碳密度也总体呈现出自西向东递减的趋势,这说明宜君县西部的碳汇功能大于东部。

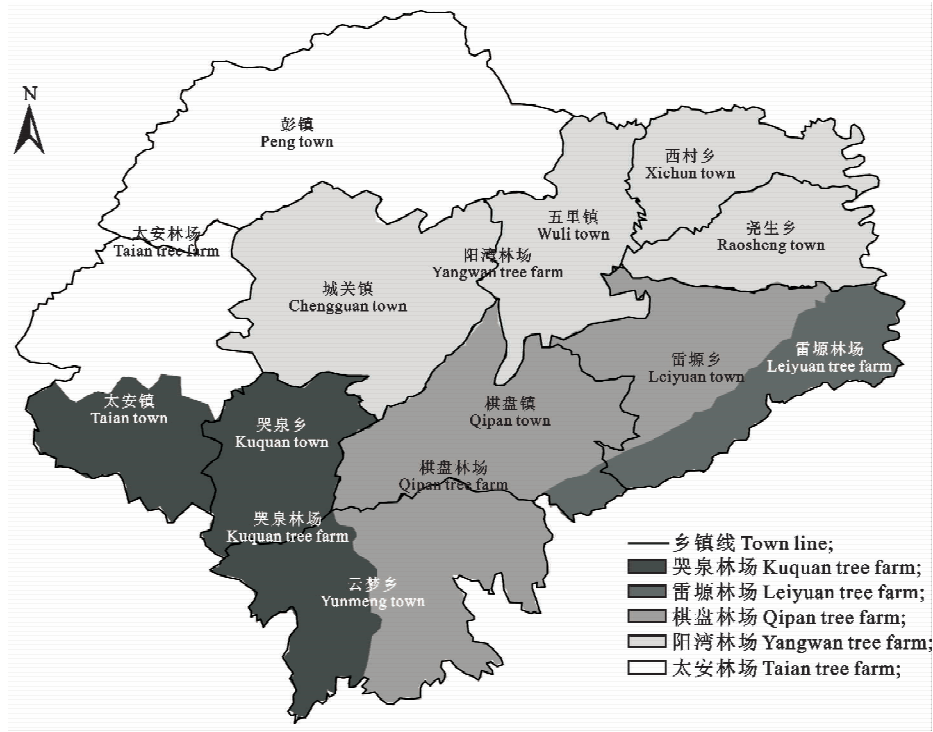


图 3 陕西省宜君县林场与乡镇位置示意图
Fig. 3 Location diagram of forest farms and towns in Yijun County, Shaanxi Province

3.2.2 乡镇森林碳储量及碳密度的空间分布格局 由表 4 中宜君县各乡镇和林场的碳储量统计结果可知,县域内的国有林场与乡镇的森林碳储量不仅在总量上有很大差别,而且在结构上也有较大差异,

乡镇森林碳储量以灌木和其他类型(“四旁”树和疏林)碳储量占有较高比重。各乡镇森林碳储量以彭镇最多,太安镇和哭泉乡较少,其余各乡镇差异不大,大体上呈现从东北向西南递减的趋势。由图 3

结合表 4 可以看出,各乡镇林分碳储量呈现出以彭镇、城关镇、棋盘镇、云梦乡为中线向西南和东北递减的趋势;灌木林碳储量以东部所占比重最高,从东北向西南呈现递减趋势。各乡镇中不同林分类型碳储量均以栎类、杨类、刺槐林为主(表 5)。从表 6 可以看出,宜君县各乡镇中均没有成熟林的分布,尤其是尧生乡和雷塬乡仅有中、幼林,因此各乡镇的森林碳储量仍具有一定的增长潜力。从表 4 的森林平均碳密度可以看出,宜君县各乡镇森林平均碳密度呈现从西南向东北递减的趋势,这说明县域西面的林地生产力较东北部高。

表 4 陕西省宜君县各林场和乡镇不同植被类型的碳储量和森林平均碳密度

区域 Administrative area		碳储量/(10 ⁴ t) Carbon storage			森林平均碳密度/ (t·hm ⁻²) Forest carbon density
		林分	灌木林	其他	
		Forest land	Shrub forest	The others	
林场 Tree farm	阳湾林场 Yangwan tree farm	9.09	4.78	0.23	12.92
	太安林场 Taian tree farm	39.17	2.91	0.30	20.45
	哭泉林场 Kuquan tree farm	11.26	6.68	0.10	13.59
	棋盘林场 Qipan tree farm	6.07	10.76	0.20	11.53
	雷塬林场 Leiyuan tree farm	0.56	0.83	0.05	9.19
乡镇 Town	城关镇 Chengguan town	0.80	0.10	0.61	24.17
	彭镇 Peng town	1.10	1.62	0.66	13.41
	五里镇 Wuli town	0.45	0.76	0.32	13.31
	西村乡 Xichun town	0.17	1.34	0.18	10.83
	尧生乡 Raosheng town	0.08	1.55	0.16	10.53
	雷塬乡 Leiyuan town	0.77	0.53	0.20	12.60
	棋盘镇 Qipan town	0.94	0.08	0.46	19.05
	云梦乡 Yunmeng town	0.91	0.06	0.35	18.44
	太安镇 Taian town	0.14	0.03	0.31	28.81
	哭泉乡 Kuquan town	0.31	0.05	0.31	24.94

表 5 陕西省宜君县各林场和乡镇不同类型林分的碳储量

Table 5 Carbon storages of different stands in forest farms and towns in Yijun County, Shaanxi Province		10 ⁴ t							
区域 Administrative area		栎类 <i>Quercus</i>	杨类 <i>Populus</i>	刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	硬阔 Hard broad leaf	桦类 <i>Betula</i>	软阔 Soft broad leaf	油松 <i>Pinus tabulaeformi</i>	柏类 <i>Cupressus</i>
林场 Tree farm	阳湾林场 Yangwan tree farm	6.28	1.76	0.34	0.09		0.004	0.60	0.01
	太安林场 Taian tree farm	24.43	0.06	0.11	0.003	0.04		14.11	0.40
	哭泉林场 Kuquan tree farm	8.99	0.01	0.12				2.06	0.08
	棋盘林场 Qipan tree farm	4.87	0.48	0.39				0.26	0.07
	雷塬林场 Leiyuan tree farm	0.42	0.04	0.03				0.05	0.02
乡镇 Town	城关镇 Chengguan town	0.02	0.01	0.77					
	彭镇 Peng town	0.43	0.32	0.35	0.004		0.003		
	五里镇 Wuli town	0.03	0.09	0.33	0.002				
	西村乡 Xichun town	0.02	0.09	0.05	0.01				
	尧生乡 Raosheng town	0.05	0.004	0.02					
	雷塬乡 Leiyuan town	0.15	0.01	0.48				0.13	
	棋盘镇 Qipan town	0.03	0.01	0.93					
	云梦乡 Yunmeng town		0.002	0.88					
	太安镇 Taian town		0.003	0.14				0.003	
	哭泉乡 Kuquan town	0.001		0.31					

表 6 陕西省宜君县各林场和乡镇不同起源林分、不同龄组林分的碳储量

Table 6 Carbon storages of stands in forest farms and towns with different origins and ages in Yijun County, Shaanxi Province		10 ⁴ t					
区域 Administrative area		不同起源林分 Different types of natural forest and artificial forest		不同龄组林分 Different age groups of forest land			
		天然林 Natural forest	人工林 Artificial forest	幼龄林 Young plantation	中龄林 Middle-aged plantation	近熟林 Near-mature plantation	成熟林 Mature plantation
林场 Tree farm	阳湾林场 Yangwan tree farm	8.40	0.69	0.48	7.17	1.37	0.08
	太安林场 Taian tree farm	38.67	0.50	0.13	26.97	10.09	1.99
	哭泉林场 Kuquan tree farm	10.70	0.56	1.01	8.36	1.86	0.04
	棋盘林场 Qipan tree farm	5.42	0.65	0.58	4.31	1.18	0.01
	雷源林场 Lei yuan tree farm	0.48	0.08	0.22	0.33	0.03	
乡镇 Town	城关镇 Chengguan town	0.03	0.78	0.02	0.72	0.07	
	彭镇 Peng town	0.74	0.36	0.05	0.98	0.08	
	五里镇 Wuli town	0.12	0.33	0.03	0.36	0.07	
	西村乡 Xichun town	0.13	0.05	0.03	0.13	0.01	
	尧生乡 Raosheng town	0.05	0.02	0.05	0.02		
	雷源乡 Lei yuan town	0.16	0.61	0.16	0.61		
	棋盘镇 Qipan town		0.94	0.06	0.87		
	云梦乡 Yunmeng town	0.03	0.88	0.05	0.83	0.03	
	太安镇 Taian town	0.01	0.14	0.02	0.12	0.005	
	哭泉乡 Kuquan town	0.001	0.31	0.01	0.29	0.02	

4 结论与讨论

1)宜君县森林碳储量为 1 093 721.91 t,其中林分 and 灌木碳储量共占森林碳储量的 94.97%,林分碳储量占森林碳储量的 65.64%;林分针阔分明,以阔叶为主,主要集中在栎类和油松。从碳密度来看,森林平均碳密度为 15.20 t/hm²,而林分平均碳密度为 18.42 t/hm²,低于陕西省的林分平均碳密度^[18],也低于全国平均水平^[3-5,18]。陕西省内秦岭火地塘地区与本研究区林分类型差别太大,因此不具可比性^[19]。占林分碳储量最大的栎类和油松,其碳密度均高于全县林分平均碳密度,其中以油松的碳密度最高。从不同起源上看,天然林的碳密度均高于人工林。

2)碳储量和碳密度的空间分布格局分析表明,宜君县国有林场的森林碳储量占全县森林碳储量的 85.83%,森林碳储量总体呈自西向东递减的趋势。而林分碳储量所占比重呈现从西北向东南递减的趋势,这种趋势正好与灌木林相反。以中龄林和成熟林为主及以天然林起源为主的林分,其碳储量的空间分布格局总体上均呈现自西向东递减的趋势。从碳密度上看,国有林场碳密度也总体呈现自西向东递减的趋势,这说明宜君县西部地区的碳汇功能大

于东部。

宜君县乡镇与国有林场森林碳储量在结构上也有较大的差异,乡镇森林碳储量中灌木和其他类型林分碳储量占有较高比重,大体上呈现从东北向西南递减的趋势。林分碳储量呈现以彭镇、城关镇、棋盘镇、云梦乡为中线向西南和东北递减的趋势;灌木林碳储量以东部所占比重最高,从东北向西南呈现递减趋势。各林分类型、龄组、起源等方面由于总碳储量均较小,空间分布格局差异不明显。从宜君县森林碳密度来看,呈现出从西南向东北递减的趋势,说明县域西面的林地生产力较东北高。

3)宜君县森林植被碳储量区位分布不均,全县以西北部为碳汇的主要区域。全县森林以天然林为主,树种结构简单,针叶林所占比重很小,在长期人为活动影响下,形成大面积呈镶嵌性分布的次生林,林相不整齐,林分质量不高,林地生产力低,有林地单位面积蓄积量仅为全省平均水平的 66.5%,使全县森林碳储量总体水平不高,同时也说明因地制宜制定封禁、抚育管理、低产林改造等营林措施,可以大幅提高森林生产力,从而提高宜君县全县森林总碳储量。另外,统计还表明,全县仍有 14 856.8 hm²的宜林地及无立木林地,通过植树造林,还可以进一步增加全县森林覆盖度,提高总碳储量。

[参考文献]

- [1] 李 鑫,欧阳勋志,刘琪璟. 江西省 2001—2005 年森林植被碳储量及区域分布特征 [J]. 自然资源学报, 2011, 26(4): 655-665.
Li X, Ouyang X Z, Liu Q J. Carbon storage of forest vegetation and its geographical pattern in China's Jiangxi province during 2001—2005 [J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(4): 655-665. (in Chinese)
- [2] Turner D P, Koerper G J, Harmon M E, et al. A carbon budget for forests of the conterminous United State [J]. Ecological Application, 1995, 5(2): 421-436.
- [3] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳储量和碳平衡 [J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 518-522.
Zou Y R, Yu Z L, Zhao S D. Carbon storage and budget of major Chinese forest types [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2000, 24(5): 518-522. (in Chinese)
- [4] 赵 敏, 周广胜. 中国森林生态系统的植物碳贮量及其影响因素分析 [J]. 地理科学, 2004, 24(1): 50-54.
Zhao M, Zhou G S. Carbon storage of forest vegetation and its relationship with climatic factors [J]. Scientia Geographica Sinica, 2004, 24(1): 50-54. (in Chinese)
- [5] 徐新良, 曹明奎, 李克让. 中国森林生态系统植被碳储量时空动态变化研究 [J]. 地理科学进展, 2007, 26(6): 1-10.
Xu X L, Cao M K, Li K R. Temporal-spatial dynamics of carbon storage of forest vegetation in China [J]. Progress in Geography, 2007, 26(6): 1-10. (in Chinese)
- [6] 彭焕华, 姜红梅, 赵传燕. 甘肃省森林植被碳贮量及空间分布特征分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(7): 154-158.
Peng H H, Jiang H M, Zhao C Y. Carbon storage of forest vegetation and its spatial distribution in Gansu province [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2010, 24(7): 154-158. (in Chinese)
- [7] 刘西军, 徐小牛, 洪安东. 合肥市森林碳储量及碳密度研究 [J]. 水土保持学报, 2011, 25(4): 192-196.
Liu X J, Xu X N, Hong A D. Study on forest carbon storage and carbon density in Hefei city [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2011, 25(4): 192-196. (in Chinese)
- [8] 刘国华, 傅伯杰, 方精云. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献 [J]. 生态学报, 2000, 20(5): 733-740.
Liu G H, Fu B J, Fang J Y. Carbon dynamics of Chinese forests and its contribution to global carbon balance [J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(5): 733-740. (in Chinese)
- [9] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981—2000 年中国陆地植被碳汇的估算 [J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2007, 37(6): 804-812.
Fang J Y, Guo Z D, Piao S L, et al. Terrestrial vegetation carbon sinks in China, 1981—2000 [J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2007, 37(6): 804-812. (in Chinese)
- [10] 樊登星, 余新晓, 岳永杰, 等. 北京市森林碳储量及其动态变化 [J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(增刊 2): 117-120.
Fan D X, Yu X X, Yue Y J, et al. Forest carbon storage and its dynamics in Beijing [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2008, 30(S2): 117-120. (in Chinese)
- [11] 吴 丹, 邵全琴, 刘纪远, 等. 1985—2030 年江西泰和县森林植被碳储量的时空动态 [J]. 应用生态学报, 2011, 22(1): 41-46.
Wu D, Shao Q Q, Liu J Y, et al. Spatiotemporal dynamics of forest carbon storage in Taihe county of Jiangxi province in 1985—2030 [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(1): 41-46. (in Chinese)
- [12] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量 [J]. 生态学报, 1996, 16(5): 497-508.
Fang J Y, Liu G H, Xu S L. Biomass and net production of forest vegetation in China [J]. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(5): 497-508. (in Chinese)
- [13] Fang J Y, Chen A P, Peng C H, et al. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998 [J]. Science, 2001, 292: 2320-2323.
- [14] 李海奎, 雷渊才. 中国森林植被生物量和碳储量评估 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2010: 30-31.
Li H K, Lei Y C. Estimation and evaluation of forest biomass carbon storage in China [M]. Beijing: China's Forestry Press, 2010: 30-31. (in Chinese)
- [15] 顾凯平, 张 坤, 张丽霞. 森林碳汇计量方法的研究 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2008, 32(5): 105-109.
Gu K P, Zhang K, Zhang L X. Researches on estimation method of forest carbon sequestration [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2008, 32(5): 105-109. (in Chinese)
- [16] 李海奎, 雷渊才, 曾伟生. 基于森林清查资料的中国森林植被碳储量 [J]. 林业科学, 2011, 47(7): 7-12.
Li H K, Lei Y C, Zeng W S. Forest carbon storage in China estimated using forestry inventory data [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2011, 47(7): 7-12. (in Chinese)
- [17] 王 磊, 丁晶晶, 季永华, 等. 江苏省森林碳储量动态变化及其经济价值评价 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2010, 34(2): 1-5.
Wang L, Ding J J, Ji Y H, et al. The dynamic carbon storage and economic value assessment of forest in Jiangsu province [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2010, 34(2): 1-5. (in Chinese)
- [18] 李海奎, 雷渊才. 中国森林植被生物量和碳储量评估 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2010: 42-44.
Li H K, Lei Y C. Estimation and evaluation of forest biomass carbon storage in China [M]. Beijing: China's Forestry Press, 2010: 42-44. (in Chinese)
- [19] 刘 华, 雷瑞德, 侯 琳, 等. 秦岭火地塘林区主要森林类型的碳储量和碳密度 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(3): 134-140.
Liu H, Lei R D, Hou L, et al. Research on carbon storage and carbon density of main forest types at Huoditang forestry region in the Qinling Mountains [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2009, 37(3): 134-140. (in Chinese)