

朱甜甜,朱玉伟,张云,等.伊犁河谷农田防护林生物量及碳储量研究[J].江苏农业科学,2019,47(9):298-302.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.09.069

# 伊犁河谷农田防护林生物量及碳储量研究

朱甜甜<sup>1</sup>,朱玉伟<sup>2</sup>,张云<sup>1</sup>,桑巴叶<sup>2</sup>,王秀梅<sup>1</sup>

(1.新疆农业大学林学与园艺学院,新疆乌鲁木齐 830052; 2.新疆林业科学院造林治沙所,新疆乌鲁木齐 830063)

**摘要:**研究 3 种主要农田防护林树种杨树(*Populus* sp.)、榆树(*Ulmus pumila*)和沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)不同林龄的生物量、碳储量、碳密度及其分布规律,为今后估算新疆伊犁河谷农田防护林生态系统碳储空间提供基础。根据 2014 年新疆的森林资源二类调查数据,利用研究区三大树种的样本数据,估算各树种的生物量、碳储量及碳密度变化特征,讨论三大树种的固碳能力。结果表明,3 种主要农田防护林树种的面积以幼龄林和中龄林为主,占总面积的 82.72%,其中杨树占绝对优势,为总面积的 92%;各树种碳储量大小杨树( $3\,690.72 \times 10^3$  t) > 榆树( $382.68 \times 10^3$  t) > 沙枣( $261.49 \times 10^3$  t);各树种不同龄组的碳密度大小为幼龄林( $129.41$  t/hm<sup>2</sup>) < 中龄林( $388.16$  t/hm<sup>2</sup>) < 近熟林( $639.36$  t/hm<sup>2</sup>) < 成熟林( $2\,012.04$  t/hm<sup>2</sup>)。这说明伊犁河谷农田防护林的生长潜力和未来的固碳空间巨大,研究结果可为伊犁河谷农田防护林经营管理和碳汇功能评价提供参考。

**关键词:**农田防护林;林龄;生物量;碳储量;碳密度

**中图分类号:** S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)09-0298-05

如何解决温室气体不断积累造成的恶果已经成为近 30 年来国际上广泛关注的课题之一,各国积极签署气候变化协定(巴黎协定)也进一步表明人类应对气候变化的决心。研究学者曾在 2013 年政府间气候变化专门委员会(IPCC)报告中明确提出,若是不顾气候变化自由发展,它将对人类和生态系统造成严重、普遍和不可逆转的影响<sup>[1]</sup>,为此,各国都在积极寻求将温室气体浓度控制在安全水平内的途径。逐步扩大森林面积是近 50 年内各国公认的低成本“碳吸收”手段。随着我国国际影响力的日益增强,来自国际社会的“减排”压力也越来越大,经济发展与生态气候环境之间的平衡关系受到了更多限制。为实现可持续发展,我国除了严格控制工业的节能减排和开展清洁能源的利用外,更投入大量资金发展造

林和再造林产业,作为改善生态气候环境、扩大森林资源的有力手段,人工造林的成果也逐渐显现<sup>[2]</sup>。新疆维吾尔自治区是全国面积最大的干旱区域,生态自然环境较差,造林减排见效慢,伊犁河谷作为干旱区生态环境条件较好的“湿地”,是新疆绿洲的主要组成部分,其人工林碳汇能力的强弱直接影响着新疆森林生态系统碳储量的大小。

农田防护林是新疆人工林的主要组成部分,在保证农作物丰产、稳产的同时,在周围一定范围内形成的小气候对改善当地生态气候条件也起到了很大的促进作用,分析伊犁河谷农田防护林的生物量以及碳储量特征对今后进一步开展干旱区碳储量研究工作具有重大的意义<sup>[3-4]</sup>。生物量是反映森林生态功能高低最直观的表现,定量估算生物量的大小是进一步研究碳储量的基础。经过几十年的发展,已经有大量学者对不同气候环境、不同地域以及不同造林树种的各个器官的生物量和碳储量进行了大量的研究分析对比<sup>[5-10]</sup>,但是关于农田防护林方面的研究,学者们主要关注点在其生态服务价值以及其与农田关系方面<sup>[11-14]</sup>,而关于生物量与碳储量分布特征方面的研究报道还不够完善。本研究以伊犁河谷主要农田防护林树种杨树(*Populus* sp.)、榆树(*Ulmus pumila* L.)、沙

收稿日期:2018-01-02

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0600403)。

作者简介:朱甜甜(1992—),女,新疆吐鲁番人,硕士研究生,研究方向为森林培育。E-mail:536552081@qq.com。

通信作者:朱玉伟,研究员,主要从事森林培育和防护林方面的研究。E-mail:1339674472@qq.com。

- [24] Wang H, Gao B, Wang S, et al. Removal of Pb(II), Cu(II), and Cd(II) from aqueous solutions by biochar derived from KMnO<sub>4</sub> treated hickory wood[J]. Bioresource Technology, 2015, 197: 356-362.
- [25] Ye X, Kang S, Wang H, et al. Modified natural diatomite and its enhanced immobilization of lead, copper and cadmium in simulated contaminated soils[J]. Journal of Hazardous Materials, 2015, 289: 210-218.
- [26] Salman T, Temel F A, Turan N G, et al. Adsorption of lead(II) ions onto diatomite from aqueous solutions: mechanism, isotherm and kinetic studies[J]. Global Nest Journal, 2016, 18(1): 1-10.

- [27] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 257-263.
- [28] 孙卫玲, 倪晋仁. 兰格缪尔等温式的适用性分析——以黄土吸附 Cu 离子为例[J]. 环境化学, 2002, 21(1): 37-44.
- [29] 侯艳伟, 曾月芬, 安增莉. 生物炭施用对污染红壤中重金属化学形态的影响[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2011, 42(4): 460-466.
- [30] 杨璋梅, 方战强. 生物炭修复 Cd、Pb 污染土壤的研究进展[J]. 化工环保, 2014, 34(6): 525-531.
- [31] 赵芳玉, 薛洪海, 李哲, 等. 低品位硅藻土吸附重金属的研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(12): 2978-2981.

枣(*Elaeagnus angustifolia*)为对象,根据各树种实测的数据,分析评价其生物量、碳密度和碳储量特征以及不同器官生物量、碳储量、碳密度随林龄的变化规律。探讨不同林龄的固碳能力,为今后伊犁河谷的人工林和农田防护林更好的发挥碳储功能提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

1.1.1 环境概况 伊犁河谷坐落于天山西部(80°09′42″~91°01′45″ E, 40°14′16″~49°10′45″ N)。年平均气温为 10.5 ℃,1 月最冷,7 月最热,年日照 2724.8 h,无霜期 149 d。年降水量从西向东 205.8~590.0 mm,年蒸发量 1 800~1 250 mm,降水在季节间分配不均,冬、春降水少,夏、秋降水多,夏秋两季雨量占总雨量的 80%,日照资源丰富、自然条件得天独厚,是全球难得的生态地带和农业产业带。土壤分布主要有黑褐土、栗钙土、灰钙土、黄土、沙土、沼泽土和河谷草甸土等。

表 1 研究样地林分概况

树种	龄级	样地数 (个)	林龄 (年)	郁闭度	土壤类型	土层厚度 (cm)	平均胸径 (cm)	平均树高 (m)	株行距 (m×m)
杨树	幼龄林	2	5	0.5	壤土	>50	6.9	8.9	1.5×2.0
	中龄林	2	13	0.6	壤土	>50	15.4	19.1	1.5×2.0
	近熟林	2	18	0.75	壤土	>50	21.4	21.6	1.5×2.0
	成熟林	2	22	0.8	壤土	>50	27.2	24.1	1.5×2.0
榆树	幼龄林	2	11	0.5	壤土	>50	8.3	7.4	1.5×2.0
	中龄林	2	21	0.7	壤土	>50	16.3	8.9	1.5×2.0
	近熟林	2	33	0.8	壤土	>50	22.8	11.3	1.5×2.0
	成熟林	2	43	0.85	壤土	>50	47.1	21	1.5×2.0
沙枣	幼龄林	2	11	0.3	壤土	>50	7.1	5.3	1.5×2.0
	中龄林	2	21	0.4	壤土	>50	15.7	7.7	1.5×2.0
	近熟林	2	41	0.55	壤土	>50	31.3	10.3	1.5×2.0
	成熟林	2	51	0.7	壤土	>50	32.1	10.6	1.5×2.0

1.2.2 标准木选取 根据样地调查数据结合二类资源清查数据,确定伊犁河谷农田防护林各树种不同龄级的平均树高和胸径,选择平均标准木作为测定生物量的标准样木,各树种每个龄级选择标准木 2 株。

1.2.3 生物量的测定 采用解析木法测定树干生物量。将解析木树干分段并截取圆盘记录测定各部分鲜质量。将圆盘置于烘箱(80 ℃)中烘干,记录干质量,计算树干生物量;采用分层标准枝法测定枝、叶的生物量,选取 3 个标准枝称其带叶枝的鲜质量并带回各样品烘干(80 ℃)称质量,最终计算枝、叶生物量;采用分层分段挖掘法测定根生物量,以伐木根中心点为中心,分层挖取树木全部根系,清洁根系表面,再分层分类称质量,随机取定量样品,带回实验室烘干(80 ℃)称质量,计算根系生物量。

1.2.4 有机碳密度的测定 选取标准木根、枝、叶、树干的样品各 1 份,放入烘箱(80 ℃)烘干并称质量,采用重铬酸钾-硫酸容量法测定有机碳含量。即碳储量=生物量×含碳率,各树种碳储量为各树种各器官碳储量之和。

1.2.5 数据分析 本研究采用 Excel 2010 进行数据整理、分析,并利用 SPSS 22.0 进行显著性和相关性分析。

1.1.2 样地概况 伊犁河谷农田防护林对保护当地农田耕地以及保障农产品稳产和增产发挥了很大的作用,以杨树为主的农田防护林面积占比达 80% 以上,其次有榆树和沙枣,其他一些如小叶白蜡、山桃和水曲柳等硬阔叶树种和软阔叶树种由于面积较少,本研究将其中的硬阔叶树种并入榆树,软阔叶树种并入杨树中计算。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 本研究选取伊犁河谷地区 3 个主要农田防护林树种的幼龄、中龄、近熟林、成熟林和过熟林,近几年随着更新的加快,过熟林面积很少,因此,本研究中过熟林生物量按成熟林计算。经过实地踏查,于 2014 年 4—10 月在伊犁河谷地区的察布查尔县和新源县选取 3 个主要农田防护林树种(杨树、榆树、沙枣),选择长 100 m、宽度据林带宽度而定的不同龄级的样地,每个林龄 2 个重复的样地,共 24 个样地,保证其生境等环境条件与营林措施相同。对选定样地进行调查记录,具体见表 1。

2 结果与分析

2.1 主要树种不同林龄各器官的生物量及其分配

2.1.1 主要树种面积 由表 2 的各树种面积看,杨树占有绝对优势,其面积占总面积的 92%,榆树和沙枣面积占总面积的 8%;从各树种的林龄面积可以看出,杨树和榆树主要以幼龄林和中龄林为主,其中杨树幼龄林和中龄林面积占到总面积的 85%,榆树幼龄林和中龄林面积占到总面积的 81%,而沙枣的面积主要以近熟林和成熟林为主,占到总面积的 75%,造成这一现象的主要原因是由于近年来伊犁河谷更新造林主要以杨树为主,导致沙枣幼龄林和中龄林面积较少。伊犁河谷农田防护林树种主要为杨树,所占面积较大的龄级为幼龄林和中龄林,由于杨树和榆树过熟林面积过小,占总面积不到 1%,因此将其纳入成熟林面积中计算。

2.1.2 主要树种不同林龄各器官生物量分配 由表 3、图 1 可以看出,沙枣、杨树和榆树的不同林龄以及不同器官的生物量不同。沙枣各林龄的生物量大小为近熟林>成熟林>中龄林>幼龄林;榆树和杨树各林龄的生物量大小为成熟林>近熟林>中龄林>幼龄林。沙枣为新疆防风固沙历史悠久树

表 2 农田防护林主要树种不同林龄面积

树种	不同林龄的面积( ×10 <sup>2</sup> hm <sup>2</sup> )					合计
	幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林	过熟林	
杨树	259.58	131.70	45.98	18.00	2.59	457.85
榆树	11.83	2.30	1.32	1.76	0.30	17.51
沙枣	0.23	5.02	9.29	6.54	0.00	21.08
合计	271.64	139.02	56.59	26.30	2.89	496.44

表 3 农田防护林主要树种单株各器官生物量

树种	组分	生物量(kg/株)			
		幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林
沙枣	叶	8.92a	7.85a	9.42a	8.64a
	枝	10.37b	21.72a	26.07a	23.89b
	树干	0.35a	1.45a	1.74a	1.59a
	根	9.28c	34.61b	41.52a	38.07ab
	合计	28.92	65.63	78.75	72.19
杨树	叶	1.62c	3.84bc	6.37ab	8.30a
	枝	3.35b	13.66b	26.25b	69.47b
	树干	14.4b	70.70b	121.85ab	228.5a
	根	2.85a	10.84a	13.82a	18.43a
	合计	22.22	99.04	168.29	324.70
榆树	叶	2.71c	10.32b	9.82b	26.07a
	枝	3.39c	32.15b	31.20b	326.32a
	树干	8.32d	40.74c	100.00b	402.34a
	根	7.46c	21.00c	76.34b	276.12a
	合计	21.88	104.21	217.36	1 030.85

注:同列数据后不同小写字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。表 4 同。

种,其长大后根系庞大,所占生物量也最大,除幼龄林外各器官生物量为根>枝>叶>树干,由于沙枣侧枝发达,主干不明显,幼龄林处于生长初期,根系尚未完全发育成熟,因此幼龄林根系生物量较少,枝的生物量较大。杨树为伊犁河谷面积最大的速生树种,树干生长速度快,主干发达,树干生物量所占比例为杨树总生物量的 71%,各器官生物量大小为树干>枝>根>叶;榆树树干生物量最大,根和枝的生物量相差不多,叶的生物量最小。

除沙枣外,各农田防护林树种树干的生物量积累最多,但占总生物量比例不同。榆树树干生物量占总生物量的 40%,杨树树干生物量占总生物量的 70%。杨树树干成熟林生物量分别是幼龄林、中龄林和近熟林的 15.87、3.23 和 1.88 倍,其成熟林叶和枝的生物量也是随着林龄不断增多,分别是幼龄林、中龄林和近熟林的 1.3~20.73 倍,生物量的迅速积累符合杨树作为速生树种的特性<sup>[15-16]</sup>。伊犁河谷地区雨水较多,自然条件较好,杨树生长良好。榆树成熟林树干生物量分别是幼龄林、中龄林和近熟林的 48.36、9.88 和 4.02 倍,成熟林的树枝和叶是幼龄林、中龄林和近熟林的 96.26~2.65 倍,榆树生长缓慢,其树龄最高可达几百年之久,从幼龄林到成熟林生物量积累幅度较大,是三大树种中生物量积累幅度最大的树种<sup>[17]</sup>。沙枣的生物量在近熟林达到最多,约是幼龄林的 2.7 倍,随着林龄的增加,其生物量趋于平稳,近熟林和成熟林的生物量相差不大。沙枣树叶与树干的生物量增长趋势不明显,树根的生物量随着林龄的增加而大量积累,约为树干生物量的 24 倍,占林分总生物量的 50%,这与沙枣的生物、生态学习性密不可分,作为干旱区防风固沙的首选树种,沙枣

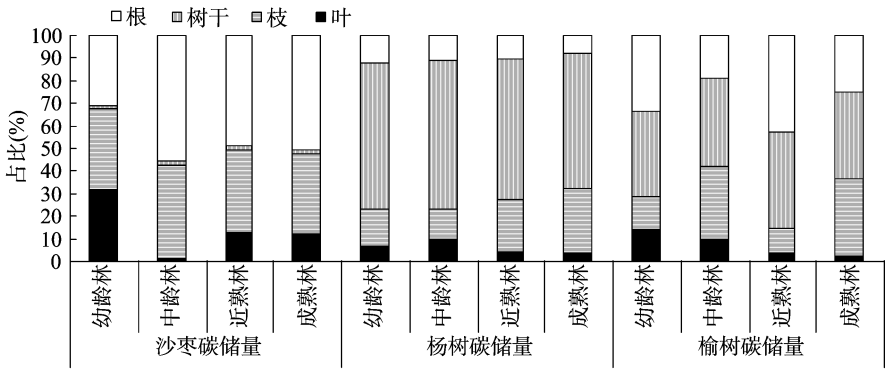


图1 防护林不同林龄树种各组分生物量垂直变化规律

生长缓慢,地下部分发达是造成这一结果的主要原因。

2.2 主要树种不同龄组的碳储量和碳密度

2.2.1 主要树种不同龄组的碳储量 从伊犁河谷主要农田防护林林龄结构上看,3 种主要农田防护林树种的幼龄林和中龄林面积最大,从幼龄林到成熟林各树种面积逐渐减少,幼龄林和中龄林的面积占总面积的 83%,相较于更高的龄级,生长快速的幼龄林对氮的需求量更大,碳的存储速率也更快。由于伊犁河谷主要农田防护林树种大多都处于幼、中龄林阶段,随着各树种的正常生长会不断向成熟林过度,因而未来固碳空间潜力巨大。由实际测定的主要树种不同林龄各器官的含碳率(表 4)可计算出其不同林龄各器官的碳储量(表 5)。杨树的碳储量最大,榆树比沙枣略高,这是因为伊犁河谷地区的农田防护林树种杨树的面积最大,其面积占农田防护林总

面积的 92%,而榆树和沙枣的面积较少。其中沙枣各器官的碳储量大小为根>枝>叶>树干,杨树和榆树各器官碳储量大小为树干>枝>根>叶,不难看出,沙枣的主要碳储器官为根,榆树和杨树的主要储碳器官为树干。不同树种的各林龄结构的碳储量也不尽相同,杨树各龄级的碳储量大小为中龄林( $1\,731.46 \times 10^3\text{ t}$ )>幼龄林( $699.35 \times 10^3\text{ t}$ )>近熟林( $659.22 \times 10^3\text{ t}$ )>成熟林( $600.69 \times 10^3\text{ t}$ ),分别占总碳储量的 46.91%、18.95%、17.86%、16.28%,其中中龄林碳储量占比最大,碳储量的大小取决于生物量和含碳率以及各龄级所占面积,虽然成熟林的单株生物量为中龄林的 3.28 倍,可是其面积却只占中龄林的 20%,幼龄林、近熟林和成熟林的碳储量相差不明显,其原因是幼龄林面积占杨树总面积的 54.71%,但其单株生物量较小;成熟林单株生物量是近熟林

表 4 主要树种不同林龄各器官含碳率

树种	器官	含碳率(%)			
		幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林
沙枣	叶	47.36 ± 1.36a	48.09 ± 0.79a	49.52 ± 0.81ab	51.01 ± 0.83b
	枝	46.40 ± 2.48a	51.19 ± 2.38a	52.73 ± 2.46a	54.31 ± 2.53a
	树干	46.04 ± 1.46b	47.28 ± 0.46ab	48.71 ± 0.48ab	50.16 ± 0.49a
	根	44.35 ± 0.54a	42.58 ± 0.21c	43.86 ± 0.22bc	45.18 ± 0.22a
杨树	叶	34.93 ± 0.83a	35.24 ± 0.86a	29.63 ± 0.16b	36.55 ± 1.11a
	枝	39.02 ± 0.26a	37.43 ± 4.38a	38.67 ± 4.57a	36.28 ± 0.12a
	树干	35.99 ± 0.62a	37.08 ± 2.51a	33.26 ± 1.47a	36.14 ± 0.36a
	根	34.03 ± 2.96a	38.28 ± 2.31a	31.49 ± 0.00a	35.59 ± 2.31a
榆树	叶	44.77 ± 5.93a	36.25 ± 1.81ab	30.93 ± 0.00ab	35.29 ± 0.00b
	枝	37.54 ± 5.17a	35.79 ± 1.53ab	31.47 ± 0.00b	43.88 ± 0.00a
	树干	41.18 ± 5.41a	35.15 ± 0.14a	36.81 ± 0.00a	38.93 ± 0.00a
	根	41.22 ± 5.12a	33.41 ± 2.92b	48.06 ± 0.00a	37.63 ± 0.00ab

表 5 主要树种不同林龄各器官碳储量

树种	器官	碳储量( × 10 <sup>3</sup> t)				
		幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林	合计
沙枣	叶	0.33	6.31	14.45	11.52	32.61
	枝	0.37	18.53	42.43	33.83	95.16
	树干	0.01	0.80	1.84	1.47	4.12
	根	0.32	24.63	56.39	48.26	129.60
	合计	1.03	50.27	115.11	95.08	261.49
杨树	叶	48.70	169.62	28.95	20.89	268.16
	枝	112.83	226.94	153.87	172.95	666.59
	树干	451.89	1 148.04	409.75	360.37	2 370.05
	根	85.93	186.86	66.65	46.48	385.92
	合计	699.35	1 731.46	659.22	600.69	3 690.72
榆树	叶	4.58	2.85	1.34	6.32	15.09
	枝	4.86	8.89	4.33	98.34	116.42
	树干	12.52	10.97	16.25	107.57	147.31
	根	11.08	5.24	16.19	71.35	103.86
	合计	33.04	27.95	38.11	283.58	382.68
合计		733.42	1 809.68	812.44	979.35	4 334.89

的 1.93 倍,其面积约是近熟林的 52%。榆树各龄级的碳储量大小为成熟林(283.58 × 10<sup>3</sup> t) > 近熟林(38.11 × 10<sup>3</sup> t) > 幼龄林(33.04 × 10<sup>3</sup> t) > 中龄林(27.95 × 10<sup>3</sup> t),分别占总碳储量的 74.1%、9.96%、8.63% 和 7.3%,榆树成熟林和中龄林的面积相差不大(成熟林为 2.06 × 10<sup>2</sup> hm<sup>2</sup>,中龄林为 2.30 × 10<sup>2</sup> hm<sup>2</sup>),可是成熟林的单株生物量却是中龄林的 9.89 倍(成熟林为 1 030.85 kg/株,中龄林为 104.21 kg/株),表明榆树碳储量主要以成熟林为主。沙枣各龄级碳储量的大小为近熟林(115.11 × 10<sup>3</sup> t) > 成熟林(95.08 × 10<sup>3</sup> t) > 中龄林(50.27 × 10<sup>3</sup> t) > 幼龄林(1.03 × 10<sup>3</sup> t),各龄级所占总碳储量的比例分别为 44.02%、36.36%、19.22%、3.94%,由此可见,沙枣碳储量主要是由近熟林、成熟林和中龄林起作用。

伊犁河谷农田防护林各林龄面积、平均碳密度以及各林龄生物量是造成不同龄级碳储量差异的主要因素,杨树不同龄级的碳密度相差较大,从幼龄林的 38.01 t/hm<sup>2</sup> 增长到成熟林的 483.18 t/hm<sup>2</sup>,除中龄林外,杨树各龄级的碳储量也在不断增加,中龄林和幼龄林的面积占有绝对优势,可是幼龄林的生物量却只有中龄林的 22.44%,因此中龄林的碳储量

最大。

2.2.2 主要树种不同龄组的碳密度 由表 6 可以看出,伊犁河谷农田防护林三大树种随着龄级的增加其碳密度也在不断增加,沙枣从幼龄林的 51.7 t/hm<sup>2</sup> 增加到成熟林的 151.23 t/hm<sup>2</sup>,增加了约 2 倍;杨树从幼龄林的 38.01 t/hm<sup>2</sup> 增加到成熟林的 483.18 t/hm<sup>2</sup>,增加了约 11.7 倍;榆树从幼龄林的 39.7 t/hm<sup>2</sup> 增加到成熟林的 1 377.63 t/hm<sup>2</sup>,增加了约 33.7 倍,增加幅度最大,这表明伊犁河谷农田防护林的碳密度随着各树种龄级的增加在不断积累。除沙枣外,榆树和杨树不同龄级各器官的碳密度大小为树干 > 枝 > 根 > 叶,说明树干为杨树和榆树碳密度最大的器官;沙枣主干不明显,侧枝发达,常形成稠密株丛,枝条被沙埋后,易生长不定根,因此其枝条以及地下部分的碳密度大于其他器官。

2.3 主要树种的碳储量和碳密度

伊犁河谷三大农田防护林的碳储量和碳密度都不相同,主要取决于各个树种不同林龄结构的面积、生物量以及不同器官的含碳率,三大农田防护林树种中,杨树碳储量最大,为 3 690.72 × 10<sup>3</sup> t;其次是榆树,为 382.68 × 10<sup>3</sup> t,沙枣碳储量最小为 261.49 × 10<sup>3</sup> t,造成这一差异的主要因素为各树种的

表 6 主要树种不同林龄各器官的碳密度

树种	器官	碳密度(t/hm <sup>2</sup> )			
		幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林
沙枣	叶	16.87	13.02	16.09	18.23
	枝	18.42	37.43	46.27	52.42
	树干	0.72	2.06	2.55	2.88
	根	15.69	49.94	61.73	77.70
	合计	51.7	102.45	126.64	151.23
杨树	叶	2.20	4.90	7.83	11.00
	枝	5.70	20.86	34.3	98.55
	树干	25.62	89.66	165.00	338.78
	根	4.49	19.31	17.00	34.85
	合计	38.01	134.73	224.13	483.18
榆树	叶	4.63	13.05	10.12	30.87
	枝	4.44	49.24	32.93	477.76
	树干	15.45	61.36	122.71	522.54
	根	15.18	27.33	122.83	346.46
	合计	39.7	150.98	288.59	1 377.63
合计		129.41	388.16	639.36	2 012.04

面积大小不同。

三大树种平均碳密度含量大小为榆树(1 377.63 t/hm<sup>2</sup>) > 杨树(483.18 t/hm<sup>2</sup>) > 沙枣(151.23 t/hm<sup>2</sup>),各林龄的碳密度为成熟林(2 012.04 t/hm<sup>2</sup>) > 近熟林(639.36 t/hm<sup>2</sup>) > 中龄林(388.16 t/hm<sup>2</sup>) > 幼龄林(129.41 t/hm<sup>2</sup>)。

3 讨论

由研究结果可知,3 种主要农田防护林树种在增加伊犁河谷森林碳储量上发挥了显著作用,伊犁河谷农田防护林 3 种主要树种以幼龄林和中龄林为主,二者共占农田防护林总面积的 82.72%,由此可见,农田防护林的固碳能力有很大的发展空间,建议加强现有农田防护林的人工管理,提高林木质量,当现有的幼龄林和中龄林逐渐生长为近、成熟林,将对伊犁河谷森林生态系统的碳汇产生深远的影响。在后续进行造林工作时应选择多种适宜性强的造林树种,以解决当地农田防护林树种单一的问题,同时建立起有效的经营管理措施体制以及利用现有数据制定合理的预测模型都是提高固碳能力的有力措施<sup>[18-19]</sup>。杨树以中龄林的碳储量最大,其次是幼龄林,这与伊犁河谷地区杨树面积和林龄有关,与桑巴叶林龄是影响林分碳储量积累的主导因子之一的研究结果<sup>[17]</sup> 相同;农田防护林三大树种随着林龄的增加各龄级的碳密度呈现显著正相关关系,这一结果与李平等的结论<sup>[20]</sup> 一致。土壤是自然界的天然碳库,本研究并未涉及到各树种不同林龄下土壤积累的含碳量研究,存在不足之处。

4 结论

伊犁河谷农田防护林三大主要树种为杨树、榆树和沙枣,其中杨树面积最大,为农田防护林的优势树种,其占总面积的 92%,防护林树种的面积以幼龄林和中龄林为主,二者面积分别占总面积的 54.72% 和 28.00%,而近、成熟林面积共占总面积的 17.28%。除沙枣外农田防护林 3 个主要树种树干生

物量积累最多并且随着林分年龄的增大而增大,各组分生物量随着林分年龄的增大而增大,但增长的幅度不同。三大树种总碳储量为 4 334.89 × 10<sup>3</sup> t,其碳储量大小取决于面积和各树种生物量,且与树种、林龄结构关系密切,杨树的碳储量最高(3 690.72 × 10<sup>3</sup> t),其次为榆树(382.68 × 10<sup>3</sup> t),最后为沙枣(261.49 × 10<sup>3</sup> t)。

参考文献:

[1] 冯瑞芳,杨万勤,张健. 人工林经营与全球变化减缓[J]. 生态学报,2006,26(11):3870-3877.

[2] 李新宇,唐海萍. 陆地植被的固碳功能与适用于碳贸易的生物固碳方式[J]. 植物生态学报,2006,30(2):200-209.

[3] 衣怀峰,师庆东,吴友均,等. 干旱区规模化植树 CO<sub>2</sub> 减排效果评价方法[J]. 干旱区研究,2015,32(2):376-381.

[4] 石小亮,陈珂,鲁晨曦. 中国森林碳汇服务价值评价[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版),2015,9(5):27-33.

[5] 李奇,朱建华,冯源,等. 中国主要人工林碳储量与固碳能力[J]. 西北林学院学报,2016,31(4):1-6.

[6] 谢琳萍,王敏,王保栋,等. 莱州湾滨海柞柳林湿地植被碳储量的分布特征及其影响因素[J]. 应用生态学报,2017,28(4):1103-1111.

[7] 韩畅,宋敏,杜虎,等. 广西不同林龄杉木、马尾松人工林根系生物量及碳储量特征[J]. 生态学报,2017,37(7):2282-2289.

[8] 郝丽,徐娟娟,翟园,等. 近 30 年陕西省森林植被碳储量及其动态变化[J]. 干旱区研究,2017,34(5):1056-1062.

[9] 赵玮,胡中民,杨浩,等. 浑善达克沙地榆树疏林和小叶杨人工林碳密度特征及其与林龄的关系[J]. 植物生态学报,2016,40(4):318-326.

[10] 李夏,吴开华,巩永芳,等. 休宁县主要树种生物量及碳储量分析[J]. 安徽农业大学学报,2012,39(4):502-506.

[11] 董莉莉,于雷,韩素梅. 我国农田防护林研究进展[J]. 西南林业大学学报,2011,31(4):89-93.

[12] 邓荣鑫,张树文,李颖. 基于田间尺度的东北农田防护林防护效应分析[J]. 生态学杂志,2009,28(9):1756-1762.

[13] 范志平,曾德慧,朱教君,等. 农田防护林生态作用特征研究[J]. 水土保持学报,2002,16(4):130-133,140.

[14] 姜凤岐,朱教君,曾德慧,等. 防护林经营学[M]. 北京:中国林业出版社,2003:52-58.

[15] 吕皎. 合作杨、新疆杨等杨树品种在晋西北地区的适应性研究[J]. 林业研究(英文版),2001,12(1):31-34,76.

[16] 曾凡江,宋轩. 新疆绿洲杨树的生理生态学研究展望[J]. 应用生态学报,2000,11(5):780-784.

[17] 张丽华,陈亚宁,赵锐锋,等. 干旱区杨树、榆树人工防护林地土壤 CO<sub>2</sub> 释放通量研究[J]. 植物生态学报,2010,34(5):526-534.

[18] 徐济德. 我国第八次森林资源清查结果及分析[J]. 林业经济,2014(3):6-8.

[19] 魏晓华,郑吉,刘国华,等. 人工林碳汇潜力新概念及应用[J]. 生态学报,2015,35(12):3881-3885.

[20] 李平,肖玉,杨洋,等. 天津平原杨树人工林生态系统碳储量[J]. 生态学杂志,2014,33(3):567-574.