

伊犁地区土地覆被变化及其对植被碳储量的影响

位盼盼^{1,2}, 咎梅^{1*}

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 河南大学 环境与规划学院, 河南 开封 475004)

摘 要:以伊犁地区为研究对象,以 2005、2010 年和 2015 年的土地覆被类型数据和植被功能型分类方案为依据,并利用植被固碳模型,分析了近 10 a 伊犁地区土地覆被变化特征及其对植被碳储量的影响。结果表明:1)伊犁地区土地覆被变化主要表现为农业用地、林地和建筑用地呈增加趋势,年变化率分别为 0.007%、0.031%和 0.001%,草地和灌木呈减少趋势,年变化率分别为 0.003%和 0.1%。2)10 a 增加农业用地的面积为 923.9 km²,主要的转化来源为草地,占转化总量的 83.9%,同时也有 78.8%的农业用地转化为草地。3)由于土地覆被的变化、植被净初级生产力以及不同土地覆被类型之间碳转化系数的影响,导致植被的碳储量总体上减少了 2.48×10⁵ t。从整体上来看,伊犁地区的农业用地和草地的变化最为显著,土地覆被的变化导致的植被碳储量整体呈减少的趋势。由此可以得出,近 10 a 伊犁地区草地和农业用地的变化是影响植被碳储量的重要因素。

关键词:伊犁地区;土地覆被;NPP;植被碳储量;碳转化系数

中图分类号:S771.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2020)04-0158-09

Changes of Land Coverage and the Impact on Vegetation Carbon Storage in Yili Region

WEI Pan-pan^{1,2}, ZAN Mei^{1*}

(1. College of Geography and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, Xinjiang, China;
2. The College of Environment and Planning of Hehan University, Kaifeng 475004, Henan, China)

Abstract: This paper took Yili region of Xinjiang as the research object, based on the data of land cover types and vegetation functional classification schemes in 2005, 2010 and 2015, the vegetation carbon fixation model was adopted to analyze the land cover change characteristics and its impact on vegetation carbon reserve volume in Yili area in the past 10 years. The results showed that 1) Yili the agricultural land, forest land and construction land presented an increasing trend, with the annual change rates of 0.007%, 0.031% and 0.001%, respectively. Grassland and shrubs showed a decreasing trend with the annual change rates of 0.003% and 0.1% respectively. 2) In the past 10 years, the area of increased agricultural land was 923.9 km². The main source of conversion was grassland, accounting for 83.9% of the total conversion. At the same time, 78.8% of agricultural land was converted into grassland. 3) The carbon reserves of vegetation decreased by 2.48×10⁵ t due to changes in land cover, net primary productivity (NPP) and carbon conversion coefficient between different land cover types. On the whole, the changes in agricultural land and grassland in Yili area were the most significant, and the overall carbon reserves of vegetation caused by the changes in land cover tended to decrease. It could be concluded that the change of grassland and agricultural land in Yili area in the past decade was an important factor affecting the carbon reserves of vegetation.

Key words: Yili area; land cover; NPP; carbon storage of vegetation; carbon conversion coefficient

收稿日期:2019-07-20 修回日期:2019-12-24

基金项目:新疆师范大学人文社会科学重点研究基地丝绸之路经济带城市发展研究中心招标课题(XJNURWJD062017B05)。

作者简介:位盼盼。研究方向:森林生物量及土地利用变化。E-mail:1394988116@qq.com

* 通信作者:咎梅,副教授,博士。研究方向:生态系统碳循环。E-mail:zanmei1102@163.com

随着人类对大自然干扰能力的加强,土地覆被变化越来越频繁和剧烈,对大气中温室气体的含量和植被的碳储量产生了重要的影响。而土地利用/覆被变化(land-use and land-cover change,LUCC)是人类活动影响气候变化最直接的表现形式,它对陆地生态系统碳循环的影响已成为当今气候变化研究领域不可或缺的一部分^[1-3],LUCC 可以通过改变生态系统的结构和功能来影响碳循环过程^[4],在这个过程中会伴随着许多碳交换,从而进一步影响生态系统碳的释放和存储^[5-6]。然而在区域碳收支的估算中,LUCC 仍然是估算区域生态系统碳存储和释放的最大不确定因素^[7]。除此之外,大气中的许多气体的浓度都会随着 LUCC 而改变,如森林退化、土地荒漠化等都会引起的 CO₂ 和 N₂O 等气体浓度的增加,从而改变温室气体的全球收支平衡,进而加剧全球的温室效应。因此,LUCC 的研究对降低区域大气温室气体浓度、减缓区域气候变暖等方面具有重要意义。

目前国内对 LUCC 引起的土壤^[8-11]及各种生态系统碳储量变化的研究较多,如对森林^[12-14]、草地^[15]和湿地生态系统^[16]碳储量变化的研究。但对于全部地类碳储量变化的研究较少,在研究区域方面多集中在西南、华东^[17-19]等地区,而对于干旱区陆地植被生态系统碳储量影响的研究较少。另外我国学者更多关注的是对于流域、省域^[20-21]及农村、农林交错地带、喀斯特地区和黄土丘陵区^[22-25]等典型生态区 LUCC 的碳储存与碳释放变化特征。国外学者通常关注大洲或国家层面^[26-27]的 LUCC 对碳收支的影响。在研究方法方面,一些学者采用 IPCC 清算法^[23]和遥感模型^[24]等生态系统过程模型来探讨 LUCC 对碳收支的影响。

新疆伊犁地区是古丝绸之路的北道要冲,是我国从陆上通向中亚、西亚乃至欧洲的重要商道,也是“丝绸之路经济带”中我国向西的桥头堡。因此,本研究利用 2005—2015 年 3 期土地利用和植被净初级生产力(NPP)数据,采用地理信息系统空间分析功能定量研究土地覆被变化对植被碳储量的影响,进而为新疆伊犁地区的低碳城市建设及气候变暖问题提供一定的理论依据和数据基础。

1 研究区概况

伊犁哈萨克自治州位于新疆的西北部,素有“塞外江南”的美称。地处 80°09′42″—91°01′45″E,40°14′16″—49°10′45″N,总面积 26.95×10⁴ km² (图 1)。该地区地貌类型主要划分为山地、丘陵、平原和沙漠,山地多雨湿润,平原少雨干旱。地跨温带大陆

性气候和高山气候类型,气候温和湿润,有南热北凉的特点,年平均温度为 10.5℃,年日照 2 748.1 h,无霜期 149 d。在研究区中主要的土地覆被类型为农业用地、林地和草地,其中草地在各类土地覆被类型中所占比例最大,主要集中分布在伊犁地区的大部分区域。其次为其中农业用地和林地。农业用地主要集中在伊犁河、巩乃斯河和特克斯河流域。

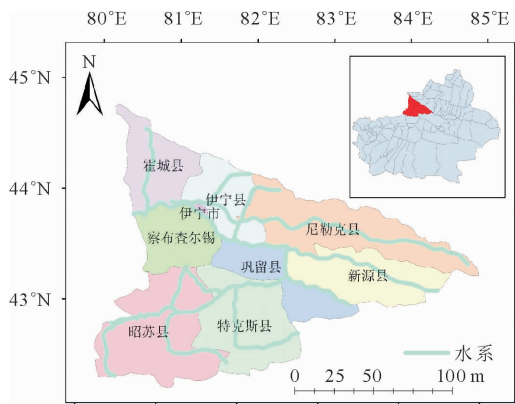


图 1 伊犁地区位置
Fig. 1 Location map of Yili area

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

选取的数据是从美国 NASA 网站 (<https://landsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>) 获得的 2005、2010 年和 2015 年 3 期土地覆被数据(MCD12Q1),以及 3 期 NPP 数据(MOD17A3)数据。数据处理平台基于 ArcGIS10.4 和 ENVI5.1 软件。对所有数据进行投影变换、图像镶嵌、裁剪和重分类等预处理。采用植被功能分类方案将研究区土地分为水体、林地(包括阔叶林和针叶林)、灌木、草地(包括草地和稀疏植被)、农业用地(包括谷类和阔叶作物)、城市和建筑区(主要包括城镇居民、农村居民点、道路用地及其他类型的建筑物等)。其中,图 2 和图 3 是伊犁地区 2005—2015 年土地覆被和 NPP 空间分布图。

2.2 研究方法

主要利用以下植被固碳模型(式 1)对研究区植被碳储量进行估算,通过不同土地覆被的面积、植被净初级生产力(net primary productivity, NPP)以及不同植被的碳转化系数来估算^[28]:

$$E_i = T_i \times \delta_i \times c \tag{1}$$

式中, E_i 表示第 i 种土地覆被类型的固碳量 kg; T_i 表示第 i 种土地覆被类型对应的土地面积 m²; δ_i 表示第 i 种土地覆被类型的净初级生产力 kg·m⁻²; c 表示植被生物量与含碳量之间的转换因子。通过查

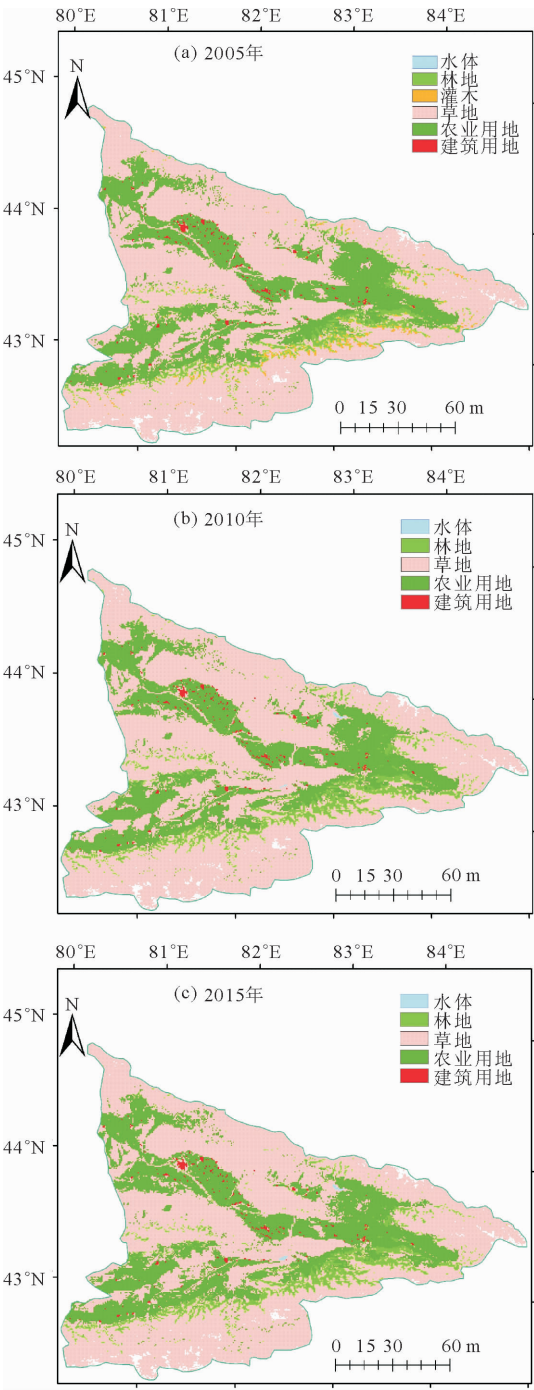


图 2 伊犁地区 2005,2010,2015 年土地覆被空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of land cover in Yili region in 2005,2010 and 2015

找文献可知研究区的林地、灌木、草地、农业用地和水体的 C 分别取 $0.50^{[29]}$ 、 $0.410^{[30]}$ 、 $0.440^{[31]}$ 、 $0.450^{[32]}$ 和 $0.245^{[33]}$ 。

3 结果与分析

3.1 2005—2015 年新疆伊犁地区土地覆被变化

利用获得的 3 期土地覆被数据,分析 2005、2010 年和 2015 年伊犁地区土地覆被类型的面积及空间分布的变化情况,其中面积的变化主要反映了

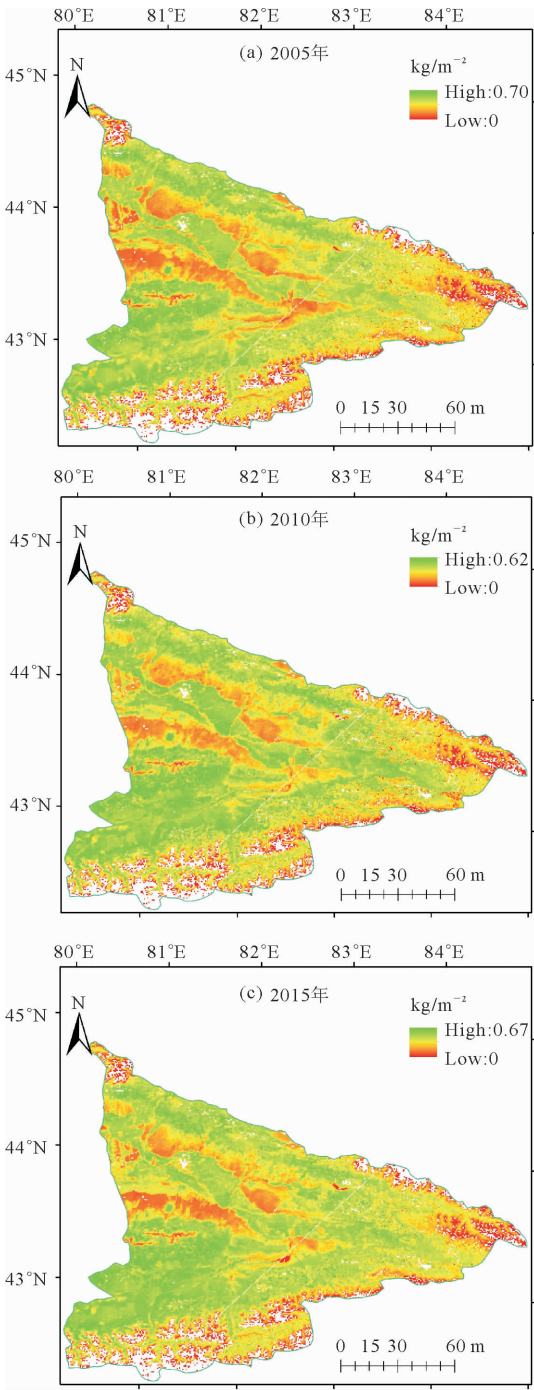


图 3 伊犁地区 2005,2010,2015 年 NPP 空间分布

Fig. 3 Spatial distributions of NPP in Yili region in 2005,2010 and 2015

土地覆被类型之间的转移量,通过分析土地覆被类型的数量变化,可以进一步了解研究区土地覆被变化的趋势和土地覆被的变化情况。

3.1.1 不同时期土地覆被数据的分析 从总体上来看,研究区土地覆被总面积变化幅度不大,但是部分土地覆被类型面积变化较为明显。结合表 1 和研究区位置图可以看出,伊犁河、特克斯河和巩乃斯河等河流流经区域的农业用地和草地所占面积比例较高。结合土地覆被类型的分布图,可知农业用地和

草地主要集中在河流的南北两侧。由表 1 可以看出,在这 10 a 中草地一直处于减少趋势,而农业用地面积处于一直增加趋势。由表 1 知,2010—2015 年农业用地的变化幅度要大于 2005—2010 年的变化幅度。2005—2010 年土地覆被类型变化较大的有水体、林地和农业用地。5 a 间林地增加了753.02 km²。面积减少的主要是草地和灌木,草地减少了509.18 km²。2010—2015 年变化幅度最大的仍然是水体,其次是农业用地。

3.1.2 不同时期土地覆被转移特征 研究区域土地覆被类型以草地和农业用地为主,占土地覆被面积的 90%以上,而其他土地覆被仅占 4%左右。伊犁州一直鼓励特色农业的发展,使伊犁州设施农业规模一直处于上升状态。从表 2 可以看出,2005—

2010 年共有 53 037.82 km² 的土地面积发生了相互转换,在这 5 a 中农业用地的面积增加较为明显,年变化率为 0.004%,其主要土地转化来源是草地,占转化面积的 98.17%,其次为林地和灌木,主要分布在伊犁地区的西南、西北及中部等地区。同时由表 2 和图 4 可知草地转化为其他土地覆被类型的面积较大,最大的土地转移量是农业用地,约占转移面积的 73.09%,主要集中在伊犁河、巩乃斯和特克斯河流域附近。其次为林地,占转移面积的 25.10%。同时也有大量的其他土地覆被类型转化为草地,主要来源是农业用地和林地,主要集中分布在研究区的东北部和中部等地区,最少的转化来源是灌木,其他土地覆被类型的面积转移量相对较少,主要是建筑用地和水体。

表 1 伊犁地区土地覆被类型变化情况
Table 1 Land cover type change in Yili area

土地覆被类型	2005 面积/km ²	2010 面积/km ²	2005—2010 变化率/%	2015 面积/km ²	2010—2015 变化率/%
水体	4.29	29.19	1.16	38.64	0.065
林地	2 271.09	3 024.11	0.07	2 979.46	−0.003
灌木	552.10	0	0	0	0
草地	35 856.59	35 347.41	−0.002	34 658.79	−0.004
农业用地	14 203.54	14 437.94	0.003	15 127.43	0.01
建筑用地	295.37	295.37	0	298.80	0.002

表 2 伊犁地区 2005—2010 年土地覆被面积转移矩阵
Table 2 Land cover area transfer matrix of Yili area from 2005 to 2010

km²

2005	2010						
	水体	林地	灌木	草地	农业用地	建筑用地	总计
水体	4.29	0	0	0	0	0	4.29
林地	0	2 114.82	0	139.10	17.17	0	2 271.09
灌木	0	529.78	0	20.61	0.86	0	551.24
草地	24.04	332.29	0	34 388.30	967.68	0	35 712.31
农业用地	0.86	47.22	0	703.22	13 452.20	0	14 203.51
建筑用地	0	0	0	0	0	295.37	295.37
总计	29.19	3 024.11		35 251.22	14 437.91	295.37	53 037.82

由于政府实施的有关农业用地的保护政策,同时鼓励将荒地和荒山分配给个人及单位进行植树等生态建设,但是部分少数重栽轻管,以及林地向其他土地覆被类型的转化,使得林地面积有所减少。从表 3 和图 5 可以看出,2010—2015 年共有53 002.62 km² 的土地进行了相互转化,有 5.7%的林地转化为其他土地覆被类型,其中有 96.79%的林地转化为草地,主要分布在伊犁河谷流域及研究区的西南等地。同时有 15 127.38 km² 的其他土地覆被类型转化为农业用地,在转化为农业用地的土地覆被类型中约 99.32%的草地转化为农业用地,集中分布在研究区的中部和东北部等地区,其次为林地转化

面积为 9.44 km²。其他土地类型的转化相对较少,主要是水体和建筑用地。

由图 4、图 5 可知,土地覆被类型的变化主要发生在伊犁河、特克斯河和巩乃斯河等河流流经的区域,而河流流经的区域正是人类活动的密集区域,可知人类对伊犁地区土地覆被变化造成的影响。随着社会的发展和医疗水平的提高,并由新疆统计年鉴 2016^[34] 得知,2005 年至 2015 年全疆总人口 2 010.35 万增长到 2 359.73 万,增加了 349.38 万人,也可以直观地反映出人口的增长对土地覆被类型带来的影响。因此,农业用地面积的增加与人口的增长有着密切的关系。一系列的社会和人为因素

加剧了对草地和林地的开垦,导致农业用地不断地增加。虽然政府也采取相关政策,如植树种草,但同时也由于自然因素和人为因素的影响,导致草地和树的成活率降低。从生态学的角度来看,草地面积的减少,对伊犁地区生态造成了很大的影响。除此之外,受到区域气候变化的影响,根据相关研究表明,由于气候变暖,积温增加,干旱的气候条件以及降水量的减少也为草地转为农业用地提供了条件。

伊犁州一直实施优势特色农业提质增效行动计划,突出区域优势、区域特色,因此研究区域的农业用地一直处于增加状态。同时为治理部分地区的水土流失现象,政府对水土保持生态修复工程也相当的重视,加大了水土保持经济林及牧草等的种植。由表 4 和图 6 可以看出,2005—2015 年共有 52 990.62 km² 的土地进行了相互转化,其中 15 127.4 km² 的其他土地覆被类型转化为农业用地,占转化面积的 28.55%。在转化为农业用地的土地覆被类型中,草地约占转移总量的 99.1%,其次为林地,转移量为 18.03 km²,主要分布在研究区的西北地区。2005—2015 年的 10 a 中,林地的面积是增加的,主要的林地来源为灌木,占转移量的 52.85%,集中分布在研究区域的东南地区,其次为草地。同时为了生态环境的建设,伊犁地区的水域面积也有较大的变化,10 a 内水域的变化幅度最大,变化幅度为 8%,主要的转化来源为草地,占到转移面积的 88.89%,集中分布在特克斯县和尼勒克县等地。灌木在 10 a 间的变化也比较大,全部转化为其他土地覆被类型,其中林地是最大的转化量。

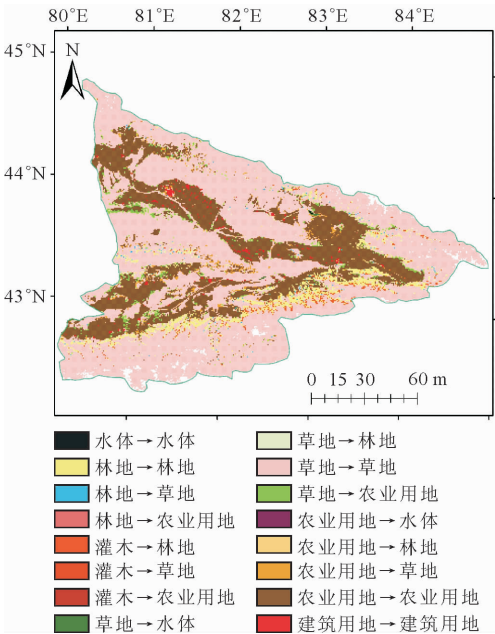


图 4 伊犁地区 2005—2010 年土地覆被类型转移空间分布

Fig. 4 Spatial distribution map of land cover type transfer in Yili area from 2005 to 2010

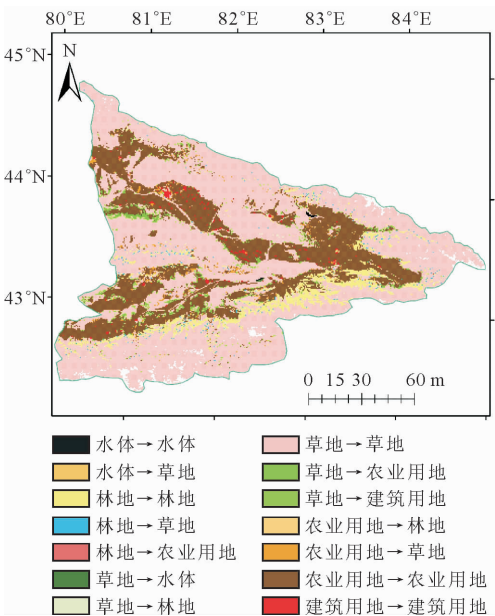


图 5 伊犁地区 2010—2015 年土地覆被类型转移空间分布

Fig. 5 Spatial distribution map of land cover type transfer in Yili area from 2010 to 2015

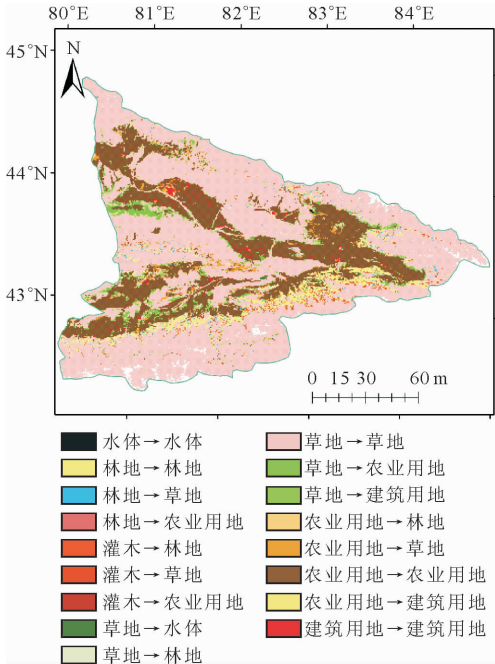


图 6 伊犁地区 2005—2015 年土地覆被类型转移空间分布

Fig. 6 Spatial distribution map of land cover type transfer in Yili area from 2005 to 2015

由新疆统计年鉴 2006^[35] 和新疆统计年鉴 2016^[34] 的地方财政收支情况,可知农林水事务的收入合计从 2005 年的 180.32 亿元增长到 2015 年的 605.34 亿元,公共预算收入从 2005 年的 9.49 亿元增加到 64.42 亿元,可知农业用地和林地等的增加,一方面满足了当地人的需求,另一方面也为当地经济的

表 3 伊犁地区 2010—2015 年土地覆被面积转移矩阵

Table 3 Land cover area transfer matrix of Yili area from 2010 to 2015

2010	2015						
	水体	林地	灌木	草地	农业用地	建筑用地	总计
水体	26.63	0	0	2.58	0	0	29.19
林地	0	2 729.60	0	285.07	9.44	0	3 024.11
灌木	0	0	0	0	0	0	0
草地	12.02	194.05	0	33 635.30	1 371.24	3.43	35 216.05
农业用地	0	55.81	0	635.39	13 746.70	0	11 437.9
建筑用地	0	0	0	0	0	295.37	295.37
总计	38.64	2 979.46	0	34 558.33	15 127.38	298.80	53 002.62

表 4 伊犁地区 2005—2015 年土地覆被转移矩阵

Table 4 Land use transfer matrix in Yili area from 2005 to 2015

2005	2015						
	水体	林地	灌木	草地	农业用地	建筑用地	总计
水体	4.29	0	0	0	0	0	4.29
林地	0	2 001.48	0	251.58	18.03	0	2 271.09
灌木	0	516.90	0	33.49	0.86	0	551.25
草地	34.35	361.49	0	33 199.10	2 069.31	0.86	35 665.11
农业用地	0	99.60	0	1 062.13	13 039.20	2.58	14 203.51
建筑用地	0	0	0	0	0	295.37	295.37
总计	38.64	2 979.47	0	34 546.30	15 127.40	298.81	52 990.62

发展做出了贡献。但草地的减少对研究区的生态造成了很大的影响,不利于统筹推进生态文明建设。

3.2 2005—2015 年新疆伊犁地区土地覆被变化对植被碳储量的影响

3.2.1 不同时期植被碳储量的变化 2005—2015 年新疆伊犁地区的植被碳储量主要表现在林地、草地、农业用地。由式(1)计算得到新疆伊犁地区 2005、2010 年和 2015 年的植被碳储量分别为 $60.91\times10^5\text{t}$ 、 $55.70\times10^5\text{t}$ 和 $58.43\times10^5\text{t}$,其中林地、草地和农业用地的具体固碳量见表 5。

通过分析不同时段土地覆被变化导致的植被碳储量的变化来探讨土地覆被变化对伊犁地区植被碳储量影响的动态特性。2005—2015 年伊犁地区植被的碳储量呈先减少后增加的趋势,主要表现为农业用地和草地向其他土地覆被的转入及转出。在这 10 a 中,除了草地和灌木的变化使得植被碳储量有所减少外,其他土地覆被类型的变化均使植被碳储量增加。2005—2010 年研究区域的碳储量处于减少的趋势,其中草地碳储量的减少较为明显,约占总量的 69.2%,此外,灌木的碳储量减少了 $64.25\times10^3\text{t}$ 。由于伊犁地区加强对水域的保护,使得 5 a 间水体的碳储量增加了 550 t。2010—2015 年的 5 a 里,由于 NPP、不同植被碳转化系数等的影响,使得植被碳储量处于增加状态。主要是由于草地和农业用地碳储量的增加,其中农业用地的变化占总碳储

量的 49.2%,草地的碳储量增加了 $76.11\times10^3\text{t}$ 。

3.2.2 不同时期土地覆被变化对伊犁植被碳储量的影响 根据 2005—2015 年的土地覆被面积转移矩阵,以及不同土地覆被的 NPP 和植被碳转化系数,估算出伊犁地区土地覆被变化对应的植被碳储量,分析农业用地、林地和草地等主要土地覆被类型的转移碳储量的变化,以明确影响研究区域植被碳储量的主导土地覆被类型。

通过分析研究区域土地覆被的转移情况,2005—2010 年研究区主要是灌木转化林地,主要分布在研究区的西南区域,以及草地和农业用地之间的转化,主要分布在伊犁河谷附近。由表 6 可以看出,转化为灌木的林地使得林地植被碳储量增加了 $61.90\times10^3\text{t}$,其中研究区东北区域部分草地转化为水体使得植被的碳储量减少 610 t。2010—2015 年,研究区的碳储量变化仍然集中在农业用地和草地之间的相互转化,使得植被的碳储量增加,空间上主要集中在研究区域的西北地区。以及林地向草地的转化主要集中分布在研究区的南部和东部的边缘,使草地的碳储量增加了 $38.38\times10^3\text{t}$ 。其中也有草地向建筑用地的转化使得植被碳储量减少了 210 t,空间上主要分布在伊宁市。2005—2015 年土地覆被的转化较为复杂,其中草地向水体和建筑用地的转化,以及农业用地向建筑用地的转化使得植被碳储量减少了 $2.12\times10^3\text{t}$ 。

表 5 不同土地覆被类型的变化及各类型植被碳库

Table 5 Changes of different land cover types and carbon pools of vegetation

土地覆被	2005 年 面积/km ²	碳含量/10 ³ t	2010 年 面积/km ²	碳含量 /10 ³ t	2015 年 面积/km ²	碳含量 /10 ³ t
水体	4.29	0.15	29.19	0.70	38.64	0.86
林地	2 217.09	362.62	3 024.11	397.87	2 979.46	461.86
灌木	552.10	64.25	0	0	0	0
草地	35 856.59	3 456.04	35 347.41	3 095.48	34 658.79	3 171.59
农业用地	14 203.54	2 208.15	14 437.94	2 075.63	15 127.43	2 210.06
建筑用地	295.37	—	295.37	—	298.80	—

表 6 土地覆被转化过程植被碳储量的变化

Table 6 Changes of vegetation carbon storage during land use conversion

年限	土地 覆被转化	碳储量 /10 ³ t	土地 覆被转化	碳储量 /10 ³ t	土地 覆被转化	碳储量 /10 ³ t
2005—2010	水体→水体	0.06	灌木→草地	2.31	草地→耕地	129.61
	林地→林地	282.45	灌木→耕地	0.12	耕地→水体	0.02
	林地→草地	18.02	草地→水体	0.61	耕地→林地	7.20
	林地→耕地	2.15	草地→林地	46.40	耕地→草地	96.38
	灌木→林地	61.90	草地→草地	2 986.66	耕地→耕地	1 945.39
2010—2015	水体→水体	0.36	草地→水体	0.03	耕地→林地	8.53
	水体→草地	0.01	草地→林地	28.92	耕地→草地	90.28
	林地→林地	424.78	草地→草地	3 051.20	耕地→耕地	2 021.49
	林地→草地	38.38	草地→耕地	187.28		
	林地→耕地	1.29	草地→建筑	0.21		
2005—2015	水体→水体	0.041	灌木→耕地	0.12	耕地→林地	15.71
	林地→林地	317.42	草地→水体	0.35	耕地→草地	149.88
	林地→草地	34.35	草地→林地	54.73	耕地→耕地	1 925
	林地→耕地	2.36	草地→草地	2 991.07	耕地→建筑	0.22
	灌木→林地	74.37	草地→耕地	282.58		
	灌木→草地	4.41	草地→建筑	1.55		

4 结论与讨论

4.1 讨论

研究揭示了伊犁地区土地覆被变化的主要特征,即主要表现为农业用地、林地的增加,以及草地的减少,与李万年等^[36]的研究成果较为一致。由于伊犁州一直实施优势特色农业提质增效行动计划,突出区域优势、区域特色,并且对水土保持生态修复工程也相当的重视,加大了水土保持经济林的种植,因此农业用地和林地处于增长的状态。但是也由于人类对土地的不合理利用,如过度放牧,以及草地向耕地和其他土地覆被类型的转化使得草地的覆被面积减少。同时后期由于部分少数重栽轻管,以及林地向其他土地覆被类型的转化,使得林地面积有所减少。此外我们也可以发现土地覆被变化主要集中在伊犁河、特克斯河和巩乃斯河流经的区域,而人类是依水而生的,反映了人类活动对伊犁地区土地覆被变化所造成的影响。

随着社会的发展进步,人类活动会对土地覆被的变化产生影响,进而会导致植被碳储量的变化。在干旱半干旱区,土地覆被方式的变化已经被证明

是改变区域碳储存的重要方式^[37],2005—2015 年研究区的农业用地一直处于增加的状态,它是碳储量变化的主要贡献者。本研究表明,2005—2015 年植被的碳储量是减少的,主要是由于草地及农业用地向建筑用地的转移所引起的。由于本研究采取的数据空间分辨率不够高,对植被碳储量会与实际有偏差,但是并不影响它的总体变化趋势。

本研究选取的是植被功能型分类方案,在对不同土地覆被进行重分类时,由于植被的分类不够精细,所以在确定植被的碳转换系数以及利用植被固碳模型计算各种植被的碳储量是可能会与实际值产生一定的偏差;由于土地覆被数据的空间分辨率不够高,所以可能会导致与实际情况有些偏差;土地覆被的变化是由自然因素和人为因素共同作用的,本文缺乏对引起土地覆被变化驱动力的研究。

本文主要是研究土地覆被变化对植被碳储量的影响,以后研究的重点应该是 LUCC 对土壤碳储量的影响;在以后的研究中应该选取高精度的遥感数据和长期实测数据相结合,对估算数据进行验证,进而提高估算的精度。可以尝试构建新的模型来研究土地覆被变化对植被碳储量的影响,进而提高对植

被碳储量研究的精度;同时在以后的研究中应该加强对研究区土地覆被和植被碳储量变化趋势预测的研究,为政府相关政策的制定提供理论依据,进而实现对土地资源的合理规划和调控。

4.2 结论

2005—2015 年,该地区土地覆被发生了较大变动。在这 10 a 间,农业用地持续增加,增加面积为 923.9 km²;地呈减少趋势,减少面积为 1 197.9 km²;林地呈增加状态,增加的面积为 762.4 km²;水体面积呈增加状态,增加面积为 34.3 km²;建筑用地未发生明显变化。

2005—2015 年,由于土地覆被类型之间的相互的转化,使得植被碳储量也发生了相应的变化。其中,由于草地面积的减少使得碳储量减少了 284.45×10³t,林地面积的增加使得碳储量增加了 99.24×10³t,灌木面积的减少使得碳储量减少了 64.25×10³t,农业用地面积的增加使得碳储量增加了 1.91×10³t。虽然水体的碳汇能力相对于林地、草地和农业用地较弱,但仍有部分的固碳能力。2005—2015 年,由于其他土地覆被类型向水体的转化,使得水体的碳储量增加了 240 t。

2005—2015 年的 10 a 间,植被的碳储量总体呈减少状态。2005—2010 年的植被碳储量是减少的,主要是由于草地、林地和灌木面积变化引起的植被碳储量变化,其中草地的面积变化引起的碳储量变化占 69.20%,农业用地的面积变化引起的碳储量变化占 25.44%。2010—2015 年的植被碳储量是增加的,主要是由于林地、草地和农业用地的面积变化引起的植被碳储量的变化,其中农业用地的变化引起的植被碳储量变化占 49.24%,草地的变化引起的植被碳储量变化占 27.88%。

虽然本研究在植被碳储量的估算方面存在不确定性,但研究结果在总体上能够反映出伊犁地区 2005—2015 年土地覆被变化与植被碳储量之间的关系,有利于提高对土地覆被变化对陆地生态系统影响的认识。为响应“绿水青山就是金山银山”,应加大对生态环境的建设和保护,努力实现可持续发展。对于该地应大力支持特色农业的发展,因此,可实施优势特色农业提质增效行动计划,突出区域优势、区域特色。同时应该要实施天然林资源保护工程,绿化荒山荒地,对坡地有计划地退耕还林还草等。

参考文献:

[1] SHEVLIKOVA E, PACALA S W, MALYSHEV S, *et al.* Carbon cycling under 300 years of land use change: importance

of the secondary vegetation sink[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2009, 23, GB2022: 1-16.

[2] 马晓哲,王铮. 土地利用变化对区域碳源汇的影响研究进展[J]. *生态学报*, 2015, 35(17): 5898-5907.

MA X Z, WANG Z. Progress in the study on the impact of land-use change on regional carbon sources and sink[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(17): 5898-5907. (in Chinese)

[3] 唐华俊,吴文斌,杨鹏,等. 土地利用/土地覆被变化(LUCC)模型研究进展[J]. *地理学报*, 2009, 64(4): 456-468.

TANG H J, WU W B, YANG P, *et al.* Recent progresses of land use and land cover change (LUCC) models[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(4): 456-468. (in Chinese)

[4] 陈广生,田汉勤. 土地利用/覆盖变化对陆地生态系统碳循环的影响[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(2): 189-204.

CHENG G S, TIAN H Q. Land use/cover changes effects on carbon cycling in terrestrial ecosystems[J]. *Jouenal of Plant Ecology*, 2009, 31(2): 189-204. (in Chinese)

[5] BOLIN B, SUKUMAR R, CIAIS P, *et al.* Land use, land-use change, and forestry [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 23-51.

[6] CANADELL J G. Land use effects on terrestrial carbon sources and sinks[J]. *Science in China (Series C)*, 2002, 45(Supp. 1): 1-9.

[7] LEVY P E, FRIEND A D, WHITE A, *et al.* The influence of land use change on global-scale fluxes of carbon from terrestrial ecosystems[J]. *Climatic Change*, 2004, 67(2/3): 185-209.

[8] 张廷龙,孙睿,胡波,等. 北京西北部典型城市化地区不同土地利用类型土壤碳特征分析[J]. *北京师范大学学报*, 2010, 46(1): 97-102.

ZHANG T L, SUN R, HU B, *et al.* Analyzing soil carbon characteristics of typical urbanization zones in Northwestern Beijing[J]. *Journal of Beijing Normal University*, 2010, 46(1): 97-102. (in Chinese)

[9] 武俊喜,程序,焦加国,等. 1940—2002 年长江中下游平原乡村景观区域中土地利用覆被及其土壤有机碳储量变化[J]. *生态学报*, 2010, 30(6): 1397-1411.

WU J X, CHENG X, JIAO J G, *et al.* Changes in land use and landcover and soil organic storage in the densely populated village landscapes of China's Yangtze plain from the 1940 to 2002[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(6): 1397-1411. (in Chinese)

[10] 王义祥,翁伯琦,黄毅斌. 土地利用和覆被变化对土壤碳库和碳循环的影响[J]. *亚热带农业研究*, 2005(3): 44-51.

[11] 吴建国,张小全,徐德应. 土地利用变化对生态系统碳汇功能影响的综合评价[J]. *中国工程科学*, 2003, 5(9): 65-71, 77.

[12] 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 Resoueces*, 2011, 26(4): 655-665. (in Chinese)

[13] 王棣,余雕,张帆,等. 森林生态系统碳储量研究进展[J]. *西北林学院学报*, 2014, 29(2): 85-91.

WANG D, SHE D, ZHANG F, *et al.* Aavances in the researches of carbon storage of forest ecosystems[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2014, 29(2): 85-91. (in Chinese)

- [14] 徐钊,曹国华,李思刚,等. 江苏省森林植被碳储量分布结构及其变化特征[J]. 西北林学院学报,2019,34(2):69-75.
XU Z,CAO G H,LI S G,*et al* Characteristics of carbon storage distribution structure and dynamic change of forest vegetation in Jiangsu Province[J]. Journal of Northwest Forestry University,2019,34(2):69-75. (in Chinese)
- [15] 高清竹,万运帆,李玉娥,等. 基于 CASA 模型的藏北地区草地植被净第一性生产力及其时空格局[J]. 应用生态学报,2007,18(11):2526-2532.
GAO Q Z,WAN Y F,LI Y E,*et al*. Grassland net primary productivity and its spatiotemporal distribution in Northern Tibet[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2007,18(11):2526-2532. (in Chinese)
- [16] 杨平,仝川. LUCC 对湿地碳储量及碳排放的影响[J]. 湿地科学与管理,2011,7(3):56-59.
- [17] 彭丰,王建全,谷家川,等. 土地利用变化对植被碳储量的影响—以安徽省芜湖县为例[J]. 安徽农业科学,2015,43(24):261-264.
- [18] 孟祥江,何炳辉,马正锐,等. 重庆市 2005—2013 年土地利用变化对植被碳储量的影响[J]. 西北林学院学报,2018,33(5):75-81.
MENG X J,HE B H,MA Z R,*et al*. Impact of land use change on forest carbon storage during 2005—2013 in Chongqing[J]. Journal of Northwest Forestry University,2018,33(5):75-81. (in Chinese)
- [19] 谷家川,邓洁,林玉标,等. 基于 GIS 和 RS 的皖江城市带 LUCC 对植被碳储量的影响[J]. 石家庄学院学报,2014,16(3):65-72.
GU J C,DENG J,LIN Y B,*et al*. Impact of LUCC on vegetation carbon storage based on GIS and RS in Wanjiang city belt [J]. Journal of Shijiazhuang University,2014,16(3):65-72. (in Chinese)
- [20] 魏文佳,桂智凡,薛滨,等. 土地利用变化对陆地生态系统碳储量的影响——以太湖流域和呼伦湖流域为例[J]. 第四纪研究,2012,32(2):327-336.
WEI W J,GUI Z F,XUE B,*et al*. Effects of land use changes on the carbon storage of terrestrial ecosystem——a case study of hulun lake and Taihu lake basins[J]. Quaternary Sciences,2012,32(2):327-336. (in Chinese)
- [21] 揣小伟,黄贤金,郑泽庆,等. 江苏省土地覆被变化对陆地生态系统碳储量的影响[J]. 资源科学,2011,33(10):1932-1939.
- [22] 赵玮,胡中民,李胜功,等. 内蒙古农牧交错带土地覆被变化对土壤碳储量的影响研究[J]. 地理学报,2017,27(8):999-1010.
- [23] 蔡广鹏,韩会庆,张凤太,等. 喀斯特地区贵州省绥阳县土地利用/覆被变化对陆地植被碳储量的影响[J]. 水土保持研究,2012,19(4):122-124. .
CAI G P,HAN H Q,ZHANG F T,*et al*. Impacts of land use changes on the vegetation carbon storage in Suiyang,Guizhou Province in the Karst area[J]. Research of Soil and Water Conservation,2012,19(4):122-124. (in Chinese)
- [24] 刘迎春,王秋凤,于贵瑞,等. 黄土丘陵区两种主要退耕还林树种生态系统碳储量和固碳潜力[J]. 生态学报,2011,31(15):4277-4286.
LIU Y C,WANG Q F,YU G R,*et al*. Ecosystems carbon storage and carbon sequestration potential of two main tree species for the grain for green project on China's hilly Loess Plateau[J]. Acta Ecologica Sinica,2011,31(15):4277-4286. (in Chinese)
- [25] 武俊喜,程序,焦加国,等. 1940—2002 年长江中下游平原乡村景观区域中土地利用覆被及其土壤有机碳储量变化[J]. 生态学报,2010,30(6):1397-1411.
WU J X,CHENG X,JIAO J G,*et al*. Changes in land use and land cover and soil organic storage in the densely populated village landscapes of China's Yangtze plain from the 1940 to 2002[J]. Acta Ecologica Sinica,2010,30(6):1397-1411. (in Chinese)
- [26] HOUGHTON R A,HACKLER J L,LAWRENCE K T. The U. S carbon budget: contributions from land-use change[J]. Science,1999,285(5427):574-578.
- [27] HIRSCH A I,LITTLE W S,HOUGHTON R A,*et al*. The net carbon flux due to deforestation and forest regrowth in the Brazilian Amazon: analysis using a process-based model [J]. Global Change Biology,2004,10(5):908-924.
- [28] 王汝幸,谷家川. 2000—2009 年芜湖市 LUCC 对植被碳储量的影响[J]. 环境科学与管理,2012,37(6):153-157.
- [29] 张晖. 近 15 年西安市植被碳储量对 LUCC 的动态响应[D]. 西安:陕西师范大学,2011.
- [30] 葛结林,熊高明,李家湘,等. 中国南方灌丛凋落物现存量[J]. 植物生态学报,2017,41(1):5-13.
GE J L,XIONG G M,LI J X,*et al*. Litter standing crop of shrubland ecosystems in Southern China[J]. Chinese Journal of Plant Ecology,2017,41(1):5-13. (in Chinese)
- [31] 张静,刘耘华,盛建东,等. 新疆北部草地典型灌木的碳氮特征[J]. 植物生态学报,2018,42(3):307-316.
ZHANG J,LIU Y H,SHENG J D,*et al*. Carbon and nitrogen traits of typical shrubs in grassland of Northern Xinjiang, China[J]. Chinese Journal of Plant Ecology,2018,42(3):307-316. (in Chinese)
- [32] 郭子龙. 郑州市土地覆被变化碳排放效应研究[D]. 郑州:河南农业大学,2016.
- [33] 唐洪松,马惠兰,苏洋,等. 新疆不同土地利用类型的碳排放与碳吸收[J]. 干旱区研究,2016,33(3):486-492.
TANG H S,MA H L,SU Y,*et al*. Carbon emission and carbon absorptions of different land use types in Xinjiang[J]. Aridzone Research,2016,33(3):486-492. (in Chinese)
- [34] 新疆统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2016:148-195.
- [35] 陈虹. 新疆统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2006:167.
- [36] 李万年,曹月娥,张婷婷. 基于 GIS 的伊犁河谷 2000—2010 年土地利用的动态变化[J]. 湖北农业科学,2017,56(20):3853-3858.
LI W N,CAO Y E,ZHANG T T. Dynamic change of land use in Yili river vally in 2000—2010 based on GIS[J]. Hubei Agricultural Sciences,2017,56(20):3853-3858. (in Chinese)
- [37] LAL R. Carbon sequestration in dryland ecosystems[J]. Environment Management,2004,33(4):528-544.