

不同土地利用类型对伊犁地区土壤活性有机碳库和碳库管理指数的影响

崔东, 肖治国, 赵玉, 邓霞, 孟祥霞, 罗青青

(伊犁师范学院 生物与地理科学学院, 新疆 伊宁 835000)

摘要:土壤碳库管理指数(CPMI)可以比较准确地发现人为因素对土地利用的干扰情况。以伊犁河谷不同土地利用类型(耕地、林地、草地和荒地)为研究对象,分析了不同土地利用类型土壤有机碳(SOC)含量、活性有机碳含量及其在SOC中的分配情况,各类有机碳含量之间的相关性、CPMI。研究表明:(1)不同土地利用类型SOC含量和水溶性有机碳(WSOC)含量有显著差异,SOC含量为草地>林地>耕地>荒地;WSOC含量为耕地(最高)>荒地(最低);易氧化碳(ROC)含量为草地最低;在0—20 cm和20—40 cm土层,微生物量碳(MBC)含量为草地(最高)>林地(最低);ROC含量为荒地高于草地。不同土地利用类型SOC含量均随土层深度增加而降低;ROC含量均随土层深度增加而升高;除林地外,其他样地MBC含量均随土层深度增加呈先升高后降低趋势,而WSOC含量均随土层深度增加而逐渐降低。(2)不同土地利用类型下ROC、MBC和WSOC所占SOC比例各不相同,且碳库的活度主要取决于ROC所占比例,ROC所占比例为荒地>耕地>林地>草地;MBC所占比例为荒地>耕地>草地>林地;WSOC所占比例为耕地>林地>荒地>草地。同一土地利用类型各活性有机碳所占比例情况为ROC>MBC>WSOC。(3)不考虑土层深度影响,耕地ROC含量与MBC含量呈极显著线性负相关;林地SOC含量与ROC含量呈显著线性负相关;荒地SOC含量与WSOC含量呈极显著线性正相关。不同土地利用类型下SOC、ROC、MBC、WSOC含量之间线性相关程度总体偏低。(4)同一土地利用类型,CPMI均随土层深度的加深先增大后减小;0—20 cm土层的CPMI为林地>荒地(100)>耕地>草地。土地利用类型由荒地、草地、耕地转变为林地,有利于CPMI的提高,有利于土壤培肥,促进碳循环。

关键词:土地利用类型;土壤活性有机碳库;碳库管理指数;伊犁河谷

中图分类号:S153.6

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)01-0061-07

Effects of Different Land Use Patterns on Soil Active Organic Carbon Pool and Carbon Pool Management Index in Yili Area, Xinjiang Uygur Autonomous Region

CUI Dong, XIAO Zhiguo, ZHAO Yu, DENG Xia, MENG Xiangxia, LUO Qingqing

(College of Biology and Geography, Yili Normal University, Yi'ning, Xinjiang 835000, China)

Abstract: The soil carbon pool management index (CPMI) can be used to find out the interference of human factors on land use patterns. The different land use patterns (cultivated land, forest land, grassland and wasteland) in Yili River Valley were selected as the study examples. Soil organic carbon (SOC) content, active organic carbon content and the ratio of SOC content in the different land use patterns, and correlation between various patterns of organic carbon content, CPMI were analyzed. The results showed that: (1) there were significant differences in SOC contents and WSOC (water soluble organic carbon) contents in different land use patterns, SOC content decreased in the order: grassland > forest land > cultivated land > wasteland; WSOC content decreased in the sequence: cultivated land (highest) > wasteland (minimum); the lowest ROC (readily oxidized organic carbon) content is grassland; MBC (microbial biomass carbon) content in the soil layers in 0—20 cm and 20—40 cm decreased in the order: grassland (highest) > forest land (minimum); ROC content of wasteland is higher than grassland. The contents of SOC in different land use patterns decreased with the increase of soil depth; the content of ROC increased with the increase of soil depth; in addition to forest land, MBC contents of the other samples increased with soil depth increase first and then

收稿日期:2016-01-17

修回日期:2016-02-03

资助项目:伊犁师范学院校级科研资助项目“土地利用方式对伊犁土壤活性有机碳库和碳库管理指数的影响”(2015YSYB22)

第一作者:崔东(1984—),男,新疆乌鲁木齐人,博士研究生,讲师,主要从事干旱区土壤地理与环境变化等方面的教学与科研工作。

E-mail:cuidongw@126.com

decreased, but WSOC content decreased with the increase of the soil depth; (2) under different land use patterns, the proportion of ROC, MBC and WSOC in SOC were not identical and the activity of carbon pool mainly depended on the proportion of ROC, the proportion of ROC decreased in the order: wasteland>cultivated land>forest land>grassland; the proportion of MBC decreased in the order: wasteland> cultivated land>grassland>forest land; the proportion of WSOC decreased in the sequence: cultivated land>forest land>wasteland>grassland. The proportion of active organic carbon in the same land use decreased in the order: ROC>MBC>WSOC; (3) without considering the influence of soil layer, the content of ROC in cultivated land was negatively correlated with the content of MBC; the content of SOC in forest was significantly negatively correlated with ROC content; the content of SOC in the wasteland was significantly positively correlated with the WSOC content, the linear correlation between SOC, ROC, MBC and WSOC content in different land use patterns was generally poor; (4) in the same land use patterns, CPMI with the depth of the soil layer increased first and then decreased; the CPMI of the 0—20 cm soil layer decreased in the order: forest land> wasteland (100)> cultivated land> grassland. Land use pattern conversion of wasteland, grassland, cultivated land to forestland is useful to the improvement of CPMI, it is advantageous to soil fertility, promoting carbon cycle.

Keywords: land use patterns; active organic carbon pool of soil; carbon management index; Yili River Valley

土壤有机碳库在土壤碳库中占有很大比重,并且对碳循环有重要影响^[1]。土壤有机碳对土壤理化性质和土壤生物活性有不同程度的影响,它可以改善土壤结构,对土壤的稳定性、涵养水源、保持肥力有重要作用^[2-4]。与土壤有机碳(SOC)相比,土壤的活性有机碳易氧化、矿化^[5],更能体现出对土地利用等环境因子的高灵敏度,虽然它们含量较少,但是能较好地反映人为原因所导致的土壤的微小变化,是土壤碳循环的驱动力^[6]。土壤的活性有机碳的组分复杂,而且大多含量稀少,主要有易氧化碳、微生物量碳和水溶性碳等,这些活性有机碳在很大程度上可以互相转化、迁移,受人为因素干扰而呈现强动态变化并有一定差异^[7-8]。目前,更多的研究主要集中在 ROC,而且更多与土壤的养分相结合,而对于活性有机碳内部关系的研究则较少,尤其对于干旱区土壤活性有机碳库的研究相对较少,对于土壤碳库管理指数(CPMI)的评价,可以比较准确地发现人为因素对土地利用的干扰情况。不同的土地利用类型将产生不同的 CPMI,土地利用类型的转变,也将使得土壤的 CPMI 发生变化,对土壤的 CPMI 影响也各不相同。

本文对伊犁河谷不同土地利用类型的 SOC 含量、活性有机碳中的部分组分含量及其在 SOC 中的比例和它们的剖面变化情况进行分析整合,结合前人对土壤有机碳库的分析方法,探究不同土地利用类型下的 CPMI、碳库活度(A)及其活度指数(AI)的变化情况,以期为土壤有机碳的提高及恢复提供相应的参考依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

伊犁河谷地处新疆天山山脉西部,三面环山而向西

开口,地理位置为东经 42°12′37.68″—44°50′30.53″,北纬 80°09′37.96″—84°53′15.82″。属温带大陆性气候,是新疆雨水资源丰富的地区之一,天然草场面积较大,是森林面积的 11 倍之多,年均气温大约 10℃,年日照时数大约 2 900 h。生产方式以农牧业为主。

1.2 样品采集及数据处理

在伊犁河谷采集 13 个耕地剖面、5 个林地剖面、5 个草地剖面、6 个荒地剖面,每个剖面采集上层(0—20 cm)、中层(20—40 cm)、下层(40—60 cm)的土壤样品,室内风干、磨细、装袋作为待测样品。

土壤 SOC(有机碳)采用重铬酸钾容量法^[9-10];土壤 ROC(易氧化碳)采用高锰酸钾氧化—比色法^[9];土壤 WSOC(水溶性有机碳)采用重铬酸钾氧化滴定法^[11-13];土壤 MBC(微生物量碳)采用氯仿熏蒸—硫酸钾浸提法^[14-15]。计算方法如下:

$$\text{碳库指数(CPI)} = \frac{\text{样品 SOC 含量}}{\text{参考土壤 (荒地)SOC 含量}} \quad (1)$$

$$\text{碳库活度(A)} = \frac{\text{活性碳(ROC 含量)}}{\text{(SOC 含量 - ROC 含量)}} \quad (2)$$

$$\text{碳库活度指数(AI)} = \frac{\text{样品的碳库活度}}{\text{(荒地)的碳库活度}} \quad (3)$$

$$\text{碳库管理指数(CPMI)} = \text{CPI} \times \text{AI} \times 100 \quad (4)$$

采用 SPSS 17.0 和 Microsoft Excel 2010 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 土壤各类有机碳含量垂直分布情况

由图 1 可看出不同土地利用类型 SOC 含量均随土层深度增加而降低,降幅逐渐减小;ROC 的变化可

反映出有机质的早期变化^[16],ROC 含量均随土层深度增加而升高,其中耕地和草地的增幅逐渐减小,林地和荒地的增幅逐渐增大;MBC 与碳的转化密切相关^[17],除林地外,其他地类 MBC 含量均随土层深度

增加呈先升高后降低趋势,林地则呈先降低后升高趋势;除林地外,其他地类 WSOC 含量均随土层深度增加呈逐渐降低趋势,降幅逐渐增加,林地则呈先升高后降低趋势。

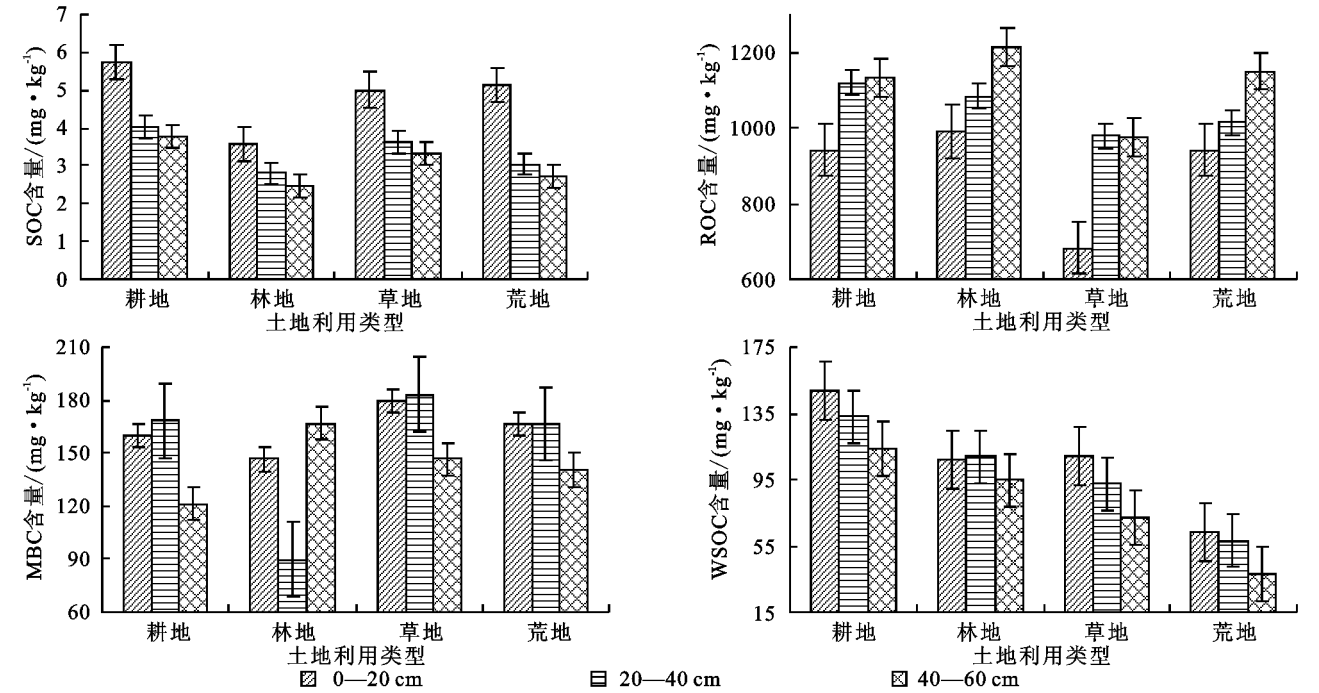


图 1 不同土地利用类型各类有机碳分异规律

同一土层中,SOC 含量为草地>林地>耕地>荒地;WSOC 含量为耕地(最高)>荒地(最低);ROC 含量为草地始终最低。另外,在上层和中层,ROC 含量为荒地高于草地;MBC 含量为草地(最高)>林地(最低)。在上层和下层中 ROC 含量为林地(最高)>耕地>草地(最低)。在中层和下层,WSOC 含量为林地>草地。

由此可知,由荒地转变为草地,ROC 含量下降,SOC 含量、MBC 含量和 WSOC 含量均增加;由荒地转变为林地,SOC 含量、ROC 含量和 WSOC 含量均增加;由荒地转变为耕地,SOC 含量和 WSOC 含量均增加。由草地转变为林地,SOC 含量减小,ROC 含量增加,由草地转变为耕地,WSOC 含量和 ROC 含量均增加,SOC 含量和 MBC 含量减小。由林地转

变为耕地,SOC 含量减小、WSOC 含量增加。
由表 1 可知,不同土地利用类型之间 MBC 含量和 ROC 含量无显著差异($p>0.05$);而不同土地利用类型之间 SOC 含量、WSOC 含量呈极显著差异($p<0.01$),其中,SOC 含量为林地和草地分别极显著高于耕地和荒地($p<0.01$),WSOC 含量为耕地显著高于林地、草地、荒地($p<0.05$),林地极显著高于荒地($p<0.01$),草地显著高于荒地($p<0.05$)。

不同土层深度之间 SOC 含量、MBC 含量和 WSOC 含量均无显著差异($p>0.05$),而 ROC 含量有显著差异($p<0.05$),其中,ROC 含量为下层显著高于上层($p<0.05$)。由此可知,ROC 含量主要受土层深度影响,SOC 含量和 WSOC 含量主要受土地利用类型影响,而 MBC 含量受土地利用和土层深度影响小。

表 1 单因素方差分析假设检验结果

	SOC 含量	ROC 含量	MBC 含量	WSOC 含量	
土地利用类型	0.001**	0.238	0.471	0.001**	
土层深度	0.488	0.036*	0.628	0.519	
	活性有机碳比例	ROC 所占比例	MBC 所占比例	WSOC 所占比例	CPMI
土地利用类型	0.020*	0.033*	0.008**	0.000**	0.016*
土层深度	0.275	0.209	0.810	0.834	0.538

注:* 表示显著性为 0.05,** 表示显著性为 0.01。

2.2 土壤 SOC 中部分活性有机碳的比例变化情况

由图 2 可知,活性有机碳(ROC,MBC,WSOC)

占 SOC 含量的百分比情况及 ROC 所占比例均为荒地>耕地>林地>草地;WSOC 所占比例为耕地>

林地>荒地>草地;MBC 所占比例为荒地>耕地>草地>林地。由同一土地利用类型各活性有机碳所占比例情况来看,ROC>MBC>WSOC。

由变化趋势看,活性有机碳和 ROC 在土壤中的分配情况基本一致,都呈现出随土层加深而增大的趋势,说明活性有机碳中 ROC 占据很大比重。除林地外,MBC 所占比例随土层深度增加而先增大后减小,林地则呈先减小后增大的趋势;除草地外,其他 3 种土地利用类型的 WSOC 所占比例均随土层深度增加而先增

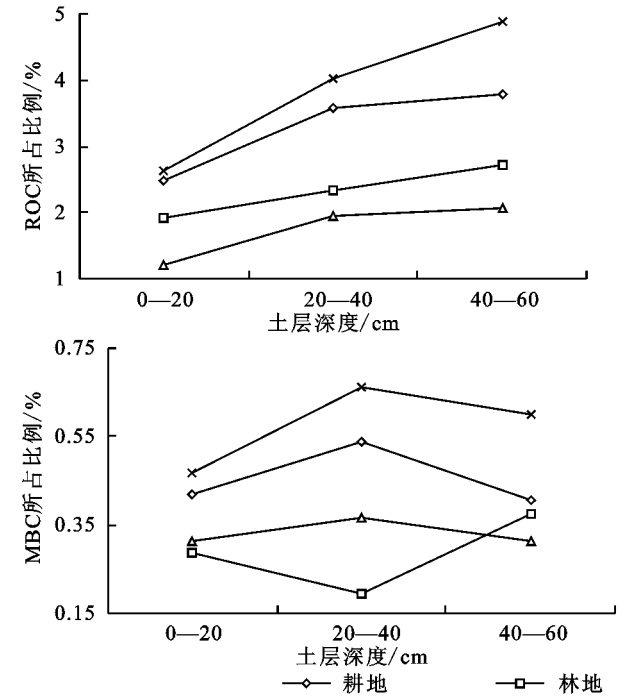


图 2 各土壤活性有机碳在 SOC 中所占比例

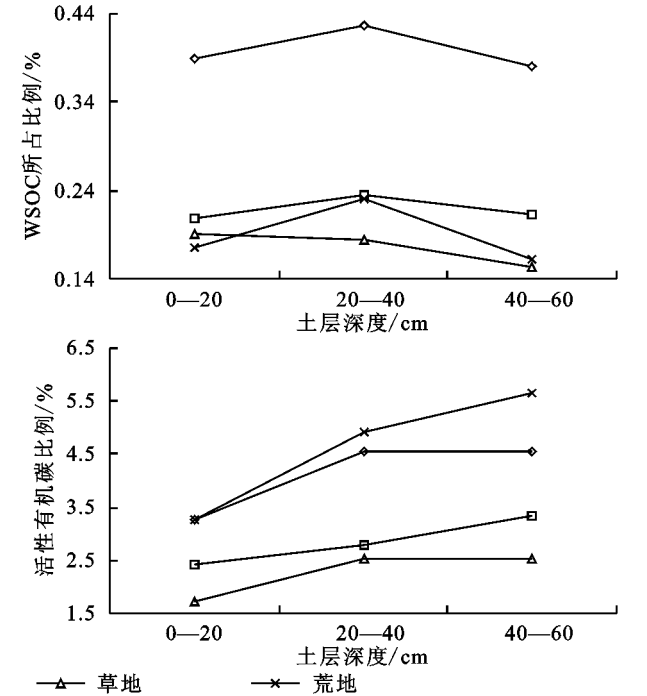
由单因素方差分析知,不同土地利用类型下 ROC 所占比例有显著差异 ($p<0.05$),荒地显著高于林地和草地 ($p<0.05$),耕地显著高于草地 ($p<0.05$);不同土地利用类型下 MBC 所占比例有极显著差异 ($p<0.01$),耕地显著高于林地 ($p<0.05$),荒地极显著高于林地和草地 ($p<0.01$);不同土地利用类型下 WSOC 所占比例有极显著差异 ($p<0.01$),耕地极显著高于林地 ($p<0.01$)、荒地和草地;不同土地利用类型下活性有机碳所占比例有显著差异 ($p<0.05$),耕地显著高于草地,荒地显著高于林地和草地 ($p<0.05$)。不同土层深度下 ROC, MBC, WSOC 和活性有机碳所占比例均无显著差异 ($p>0.05$)。由此可知,土地利用主要影响各活性有机碳所占比例,而土层深度对各活性有机碳比例影响较小。

2.3 土壤各类有机碳之间的相关关系比较

不考虑土层深度情况下,由表 2 可见,耕地中 ROC 含量与 MBC 含量呈极显著线性负相关;林地中 SOC 含量与 ROC 含量呈现显著线性负相关关系;荒地中 SOC 含量与 WSOC 含量呈极显著线性正相关。

大后减小,而草地则呈随土层深度增加而减小。

从不同土地利用类型间的转变上看:荒地转变为草地,ROC, MBC 和 WSOC 比例下降;荒地转变为林地,ROC, MBC 比例下降, WSOC 比例升高;荒地转变为耕地,ROC, MBC 比例均下降, WSOC 比例升高;草地转变为林地,ROC 比例升高, MBC 比例下降, WSOC 比例升高;草地转变为耕地,ROC, MBC 和 WSOC 在 SOC 中占有的比重均升高;林地转变为耕地,ROC, MBC 和 WSOC 比重均升高。



从表 2 中可看出, Pearson 相关系数大部分均小于 0.5, 为弱相关, 说明不同地类下 SOC, ROC, MBC, WSOC 含量之间线性相关程度总体偏低。

由相关分析知,耕地的 MBC 与 ROC 含量呈此消彼长的关系,说明 WSOC 很大一部分被转化为了 MBC,成为土壤微生物生存的重要碳源之一;林地的 ROC 与 SOC 含量也呈这种关系,说明 ROC 很大程度依赖于 SOC,短时间内 SOC 含量来不及补充,从而导致 SOC 含量降低;荒地的 SOC 与 WSOC 含量呈一方增长另一方也增长的关系,说明 WSOC 主要源于 SOC 的水解,而 WSOC 往往也与 SOC 中的其他组分可以相互转化使得 SOC 含量比较高的地方, WSOC 含量也相应会有所提高。

2.4 不同土地利用类型对碳库指标的影响

将荒地看作参照土壤,对不同土地利用类型不同土层的 CPMI 进行比较(图 3)。同一土地利用类型, CPMI 均随土层加深呈先变大后变小的趋势;同一土层,上层和下层 CPMI 为林地>荒地(100)>耕地>草地,中层 CPMI 为耕地>林地>荒地(100)>草地。

表 2 不同土地利用类型下的各有机碳之间的线性
相关关系 (Pearson 相关系数)

土地利用 类型	各类 有机碳	SOC	ROC	MBC	WSOC
耕地 (N=39)	SOC	1	—	—	—
	ROC	0.073	1	—	—
	MBC	-0.138	-0.469**	1	—
	WSOC	0.185	0.071	-0.083	1
林地 (N=15)	SOC	1	—	—	—
	ROC	-0.548*	1	—	—
	MBC	0.136	0.297	1	—
	WSOC	-0.051	-0.122	-0.454	1
草地 (N=15)	SOC	1	—	—	—
	ROC	-0.038	1	—	—
	MBC	-0.255	-0.320	1	—
	WSOC	0.368	-0.200	-0.364	1
荒地 (N=18)	SOC	1	—	—	—
	ROC	-0.324	1	—	—
	MBC	-0.048	0.209	1	—
	WSOC	0.704**	0.060	0.181	1

注:**表示在 0.01 水平上显著相关,*表示在 0.05 水平上显著相关
(双侧检验)。

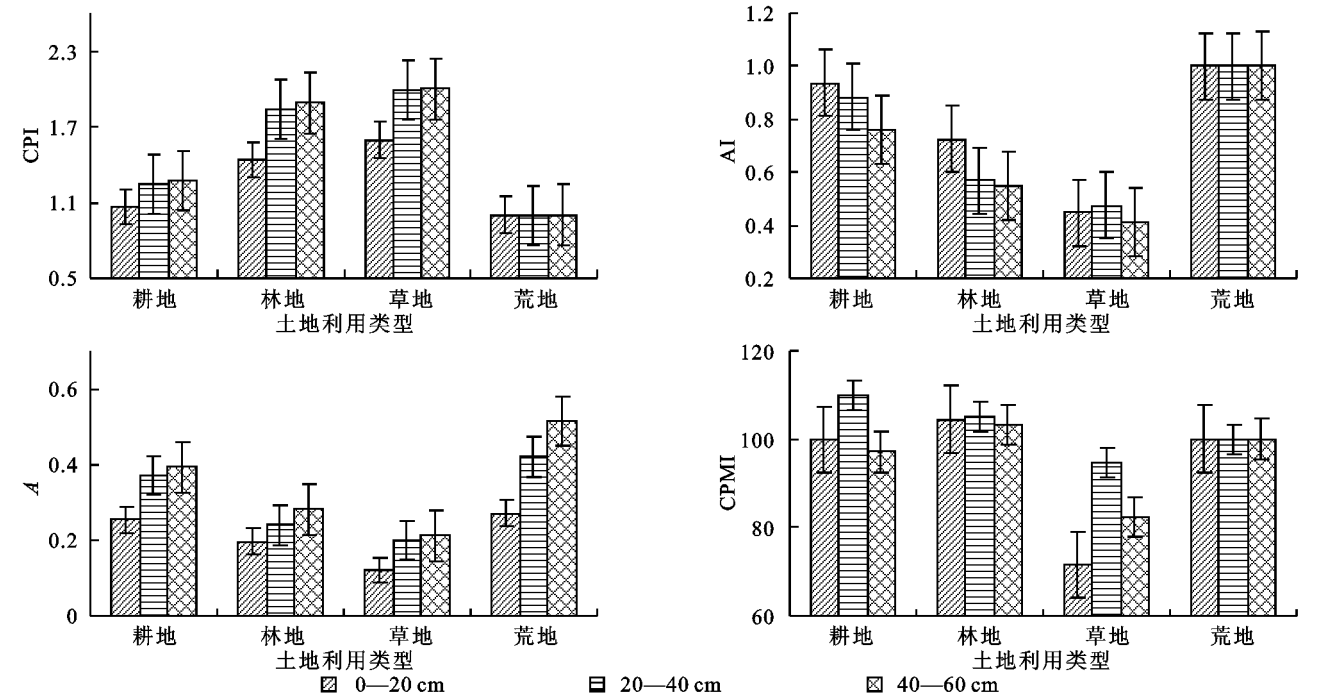


图 3 不同土地利用类型下各类碳库指数的变化情况

由图 3 可知,耕地、林地和草地的 CPI 均随土层深度增加而增大,同一土层 CPI 均为草地>林地>耕地>荒地。除草地外,耕地和林地的 AI 均随土层深度增加而减小,草地则随土层深度增加而先增大后减小,同一土层 AI 为荒地>耕地>林地>草地。不同土地利用的 A 均随土层深度增加而增大,同一土层,荒地>耕

从图 3 中可看出各层中草地的 CPMI 最低且都低于荒地,说明对草地的利用不合理,林地的 CPMI 在各土层均高于荒地,说明对林地的利用较合理,而耕地的 CPMI 在上层和下层的值均小于荒地,在中层高于林地和荒地,这说明对耕地管理的优势在中层。

由单因素方差分析知(表 1),不同土地利用类型对 CPMI 有显著差异($p<0.05$),耕地、林地和荒地均显著高于草地($p<0.05$);不同土层深度之间的 CPMI 没有达到显著差异($p>0.05$)。可见 CPMI 主要受土地利用类型的作用,较少受到土层深度变化的作用。

由荒地转变为草地,会导致 CPMI 下降,不利于合理利用土地资源,由荒地转变为林地,CPMI 将会有所提升,但是由荒地转变为耕地,对上层和下层土壤最为不利,对中层土壤比较有利。草地转变为林地、耕地的进程中,CPMI 均明显增加且上层增幅最大可见在这一进程中,对上层的影响比较大。林地转变为耕地,上层和下层的 CPMI 降低,中层的 CPMI 升高,说明在很大程度上林地转变为耕地不利于土地的科学管理。

地>林地>草地,结合 ROC 所占比例可看出荒地的矿化潜力^[18-20]最大,草地的矿化潜力最小。

3 讨论与结论

3.1 讨论

在土地利用面积和分布来看,伊犁河谷内草地面

积最大,其次是耕地和林地(以雪岭云杉、河谷杨树林及人工防护林等为主),荒地面积最小^[21]。因此,伊犁河谷适宜发展农牧业,而农牧业的过度发展使得耕地不断扩张,过度放牧现象严重,对土壤生态环境造成了一定影响。

对于草地来说,与荒地、林地、耕地相比,草地的 SOC 含量最高,活性有机碳的含量较低并且在 SOC 含量中所占的比例也较小。草场的水文气候条件较好,牧草资源丰富,其中高比例的优质牧草对畜牧业发展极有好处^[22]。为 SOC 提供了更多的碳源,大大促进了草地 SOC 含量的增加。而高强度的放牧、人为开垦以及虫鼠害、毒草的蔓延等导致了草地的退化^[23],使得 SOC 的活性部分难以维持,导致活性有机碳含量及其在 SOC 中的比例较低。

对荒地来说,与草地、林地、耕地相比,荒地的 SOC 含量最低,ROC 和 MBC 含量和所占 SOC 比例都较高,而 WSOC 在含量和比例方面都较低。灰钙土是伊犁地区荒地中宜农荒地的主要类型,腐殖层薄,地表植被主要是短命蒿属,这类土壤的表层有机质往往很低^[24]、凋落物较少,SOC 的来源少导致 SOC 含量较低。地表植被的根际微生物能将土壤中的有机物很快分解、氧化,使得 ROC 含量增加;土壤生物从根系分泌物、生物残体等获得营养物质从而促进自身的新陈代谢、土壤生物活动加强,进一步使得 MBC 增加。具体过程为:首先,腐殖质含量较少,限制了 WSOC 的来源^[25];其次,土壤生物活性有机碳库^[26]的周转能力弱使得 WSOC 在 SOC 中所占比例较低,导致 WSOC 的积累较少;再次,WSOC 与 SOC 呈显著正相关关系,二者的共同作用使得 WSOC 含量和所占比例处于较低水平。

对耕地来说,与荒地、草地、林地相比,耕地的 SOC 含量与荒地之间无显著差异,耕地的活性有机碳含量及其在 SOC 中所占比例较高,其中 WSOC 在含量和比例方面都是最高的。有研究表明^[27],伊犁地区确实有很多宜农荒地、草地被开垦为耕地,但是耕地面积的快速扩张、粗放型利用土地^[28]加剧了伊犁河谷的水土流失,进而导致耕地的 SOC 含量与荒地差异不大。耕地 WSOC 在 SOC 中所占比例很高说明土壤生物活性有机碳库周转能力强,WSOC 的积累量比较大;土壤经过翻耕使得作物残体跟土壤有充分接触,加速了作物残体分解^[29],从而促进了活性有机碳含量的增加,因此活性有机碳的含量和比例较高。

对林地来说,与荒地、草地、耕地相比,林地的 SOC 含量较高,林地的活性有机碳中 ROC 和 WSOC 含量及其在 SOC 中所占比例较高,而 MBC 在 SOC

中所占比例最低。这可能是因为林地每年都会有大量的凋落物进入土壤、土壤里的细根物质增加了 SOC 的输入量;SOC 与 ROC 呈显著负相关,而 ROC 的量并没有因此而减少,可能是因为 SOC 的输入速率大于氧化分解的速率使 ROC 和 WSOC 在含量和比例方面都较高;林地 MBC 含量所占比例很低可能是因为一方面林地特殊的土壤环境条件以及生物种群结构阻碍了 MBC 的来源,另一方面地上凋落物的质和量提供给微生物生存的养分及微量元素不足,抑制了微生物的生长繁殖^[30],使得微生物活性降低,不利于 MBC 含量的增加。

总之,影响土壤碳库变化的自然因素有气候、土壤性质、地形、植被等,人为因素有土地利用和土地覆被变化、耕作措施、秸秆还田和施加肥料、种植制度和作物系统等^[31]。这些因素对土壤碳库的影响复杂,文中讨论了土地利用对碳库的影响,而 CPMI 是表征土壤碳库变化的重要量化指标^[32-33],该指标显示,耕地和草地是农牧业发展的必要条件,而它们的 CPMI 却不如荒地,说明了人类对耕地和草地的管理不当,而过度开垦荒地、过度放牧等使原本脆弱的土壤受损更加严重。通过比较 CPMI 发现,只有林地高于荒地,这说明尽管较低含量的 MBC 含量对 CPMI 的影响较小,但不能忽视活性有机碳内部的动态平衡。此外,林地可以增加地表植被,改良土壤性状,改善农耕环境^[34],这对正在退化或将要退化的耕地和草地具有很重要的意义和价值。

3.2 结论

(1) 与各活性有机碳的含量相比它们所占 SOC 的比例更能体现土地利用对土壤碳库的影响,活性有机碳占 SOC 含量的比例情况和 ROC 所占比例均为荒地>耕地>林地>草地;MBC 所占比例为荒地>耕地>草地>林地;WSOC 所占比例为耕地>林地>荒地>草地。同一土地利用各活性有机碳所占比例为 ROC>MBC>WSOC。

(2) 荒地看作参照土壤,同一土地利用类型,CPMI 均随土层深度的加深呈先增大后减小;同一土层,上层土壤 CPMI 为林地>荒地>耕地>草地。CPMI 主要受到土地利用类型的影响,较少受到土层深度变化的影响。不同土地利用的 A 均随土层深度增加而增大,同一土层,荒地>耕地>林地>草地,结合 ROC 所占比例可看出荒地的矿化潜力最大,草地的矿化潜力最小。

(3) 综合上述土地利用转化情况可知,其他土地利用(荒地、草地、耕地)转变为林地,MBC 所占比例在下降,说明供微生物所利用的碳或微生物本身所含的

碳的比例在减少,很大程度上不利于微生物生存,但是CPMI却在升高,说明其他土地利用类型转变为林地更有利于CPMI的提高,对林地的管理较为合理。然而由荒地、草地、林地转变为耕地,更有利于WSOC含量和比例的升高;由荒地、林地、耕地转变为草地,ROC含量减少,SOC含量增加,ROC和WSOC比例下降,CPMI也下降;由草地、林地、耕地转变为荒地,SOC和WSOC含量减少,ROC和MBC比例上升。

参考文献:

- [1] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security[J]. Science, 2004, 304(5677): 1623-1627.
- [2] 祖元刚,李冉,王文杰,等.我国东北土壤有机碳、无机碳含量与土壤理化性质的相关性[J].生态学报,2011,31(18):5207-5216.
- [3] 陈朝,吕昌河,范兰,等.土地利用变化对土壤有机碳的影响研究进展[J].生态学报,2011,31(18):5358-5371.
- [4] 邱莉萍,张兴昌,程积民.土地利用方式对土壤有机质及其碳库管理指数的影响[J].中国环境科学,2009,29(1):84-89.
- [5] 沈宏,曹志洪.土壤活性有机碳的表征及其生态效应[J].生态学杂志,1999,18(3):32-38.
- [6] 王莹,刘淑英,王平.不同土地利用方式下秦王川灌区土壤活性有机碳库的变化[J].干旱区资源与环境,2014,28(5):103-108.
- [7] 杜满义,范少辉,漆良华,等.不同类型毛竹林土壤活性有机碳[J].生态学杂志,2013,32(3):571-576.
- [8] 宇万太,马强,赵鑫,等.不同土地利用类型下土壤活性有机碳库的变化[J].生态学杂志,2007,26(12):2013-2016.
- [9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [10] 张万儒,杨光滢,屠星南,等.森林土壤分析方法 LY/T 1213—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.
- [11] 李淑芬,俞元春,何晟.土壤溶解有机碳的研究进展[J].土壤与环境,2002,11(4):422-429.
- [12] 陶澍,曹军.土壤中水溶性有机碳测定中的样品保存与前处理方法[J].土壤通报,2000,31(4):174-176.
- [13] 柳敏,宇万太,姜子绍,等.土壤溶解性有机碳(DOC)的影响因子及生态效应[J].土壤通报,2007,38(4):758-764.
- [14] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1987, 19(6):703-707.
- [15] 林启美,吴玉光.熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进[J].生态学杂志,1999,18(2):63-66.
- [16] 张小磊,何宽,安春华,等.不同土地利用方式对城市土壤活性有机碳的影响:以开封市为例[J].生态环境,2006,15(6):1220-1223.
- [17] 万忠梅,郭岳,郭跃东.土地利用对湿地土壤活性有机碳的影响研究进展[J].生态环境学报,2011,20(3):567-570.
- [18] 吴建国,张小全,徐德应.六盘山林区几种土地利用方式对土壤有机碳矿化影响的比较[J].植物生态学报,2004,28(4):530-538.
- [19] 郭宝华,范少辉,杜满义,等.土地利用方式对土壤活性碳库和碳库管理指数的影响[J].生态学杂志,2014,33(3):723-728.
- [20] 贾国梅,张宝林,刘成,等.三峡库区不同植被覆盖对土壤碳的影响[J].生态环境,2008,17(5):2037-2040.
- [21] 包桂荣,白长寿,高清竹,等.新疆伊犁河流域土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响[J].中国农业气象,2008,29(2):208-212.
- [22] 周小丽.伊犁种马场草地资源优化利用研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.
- [23] 范天文,闫凯,靳瑰丽.伊犁河谷天然草地退化现状及修复措施[J].草业科学,2008,25(3):22-25.
- [24] 裴厦,章予舒,王立新.伊犁河流域荒地资源开发障碍性因素分析[J].新疆农业科学,2008,45(S3):17-20.
- [25] 庞学勇,包维楷,吴宁.森林生态系统土壤可溶性有机质(碳)影响因素研究进展[J].应用与环境生物学报,2009,15(3):390-398.
- [26] 倪进治,徐建民,谢正苗.土壤生物活性有机碳库及其表征指标的研究[J].植物营养与肥料学报,2001,7(1):56-63.
- [27] 马鹏,李志忠,靳建辉,等.基于土地利用的新疆伊犁河谷生态系统服务价值评价[J].浙江师范大学学报:自然科学版,2010,33(3):331-335.
- [28] 朱哲.新疆伊犁地区耕地利用的经济效益分析[J].北方园艺,2013(22):205-208.
- [29] 柳敏,宇万太,姜子绍,等.土壤活性有机碳[J].生态学杂志,2006,25(11):1412-1417.
- [30] 安然,龚吉蕊,尤鑫,等.不同龄级速生杨人工林土壤微生物数量与养分动态变化[J].植物生态学报,2011,35(4):389-401.
- [31] 王岩松,李梦迪,朱连奇.土壤有机碳库及其影响因素的研究进展[J].中国农学通报,2015,31(32):123-131.
- [32] 薛莲,刘国彬,潘彦平,等.黄土丘陵区人工刺槐林土壤活性有机碳与碳库管理指数演变[J].中国农业科学,2009,42(4):1458-1464.
- [33] 唐国勇,李昆,孙永玉,等.土地利用方式对土壤有机碳和碳库管理指数的影响[J].林业科学研究,2011,24(6):754-759.
- [34] 罗青红,宋锋惠,史彦江,等.伊犁河流域新垦区杨树水土保持水分生态效益研究[J].水土保持研究,2010,17(6):39-43.