

天山北坡东西段林沿土壤有机质含量特征对比分析

穆叶赛尔·吐地^{1,2}, 吉力力·阿不都外力¹, 姜逢清¹

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘 要:对采自天山北坡东段(巴里坤—伊吾区段)和西段(昭苏—特克斯和新源—巴音布鲁克区段)下林沿土壤剖面(0—5, 5—20, 20—40 cm)共计 133 个土壤样品的有机质含量进行了测定, 比较分析了不同区段林沿土壤有机质含量的空间差异。结果表明:天山北坡西段林沿土壤剖面层的有机质含量明显高于天山北坡东段。0—5, 5—20, 20—40 cm 土层内土壤的有机质含量均表现为东段低于两段; 0—5 cm 土壤剖面层内昭苏—特克斯区段的土壤有机质含量高于北坡其他区段。5—20, 20—40 cm 剖面层内土壤北坡新源—巴音布鲁克区段的土壤有机质含量高于北坡其他区段。天山北坡 0—5 cm 剖面层内土壤有机质含量的最大值出现在昭苏—特克斯区段, 5—20, 20—40 cm 土层土壤剖面层内有机质含量的最大值出现在新源—巴音布鲁克区段。0—5, 5—20, 20—40 cm 土壤剖面层内土壤有机质含量的最小值出现在巴里坤—伊吾区段。0—5, 5—20, 20—40 cm 土壤剖面层内巴里坤—伊吾区段的变异系数最大。0—5 cm 土壤剖面层内巴里坤—伊吾区段的土壤有机质含量的变异系数属于强变异, 其他两个区段土壤有机质含量的变异系数属于中等变异。5—20, 20—40 cm 土壤剖面层内研究区域的有机质含量的变异系数属于中等变异型。

关键词:天山北坡; 土壤有机质; 空间差异

中图分类号: S153. 6⁺ 21

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)01-0070-06

Comparative Analysis of the Organic Matter Contents of Soil from Different Sections of the Northern Slope of Tianshan Mountains

Myessar · Tudi^{1,2}, Jilili · Abuduwaili¹, JIANG Feng-qing¹

(1. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China*; 2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: 133 soil samples collected from three sections of the northern slope of the Tianshan Mountains were used to measure the organic matter contents in order to acquire the spatial pattern of soil properties affected by different climate conditions and human activities. The results showed that organic matter contents of soil samples collected from the western section were much higher than those gotten from the eastern section of the northern slope of the Tianshan Mountains. In view of the 0—5, 5—20, 20—40 cm soil layers, soil organic matter in the eastern section of the northern slope of Tianshan Mountains (Balikun—Yiwu Section) was lower than that in the western section. Soil organic matter content in 0—5 cm soil layer in the Zhaosu—Tekesi section was more than that in other sections. Soil organic matter contents in 5—20 cm, and 20—40 cm soil layers in the Xinyuan—Bayinbuluke section were more than those in other sections. The maximal soil organic matter content in the 0—5 cm soil layer appeared in the Zhaosu—Tekesi section, while those for the 5—20 cm and 20—40 cm soil layers appeared in the Xinyuan—Bayinbuluke Section. The minimal soil organic matter contents in the 0—5, 5—20 cm and 20—40 cm soil layers appeared in the Balikun—Yiwu Section. In view of the 0—5, 5—20 cm and 20—40 cm soil layers, the Balikun—Yiwu section had the largest coefficient of variation (CV). The CV of 0—5 cm soil layer in the Balikun—Yiwu section was the largest, while those in other two sections were medium. The CV of soil organic matter content of the 5—20 cm and 20—40 cm

收稿日期: 2012-07-02

修回日期: 2012-07-29

资助项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目“天山冰冻圈与环境变化研究”(KZCX2-YW-GJ04)

作者简介: 穆叶赛尔·吐地(1987—), 女(维吾尔族), 新疆拜城人, 硕士生, 主要从事干旱区气候与环境研究。E-mail: wozaishanxi121@yahoo.com.cn

通信作者: 吉力力·阿布都外力(1964—), 男(维吾尔族), 新疆拜城人, 教授, 博士生导师, 主要从事干旱区资源环境、生态安全和景观变化以及俄罗斯和中亚国家的合作研究。E-mail: jilil@ms.xjb.ac.cn

layers were medium. The maximal soil organic matter content appeared in the 0—5 cm soil layer of the northern slope of Tianshan Mountains (Zhaosu—Tekesi, Xinyuan—Bayinbuluke, Balikun—Yiwu). The minimal soil organic matter content in the Zhaosu—Tekesi section and Xinyuan—Bayinbuluke section appears in the 20—40 cm soil layer, while that in the Balikun—Yiwu section appeared in the 0—5 cm soil layer. Soil organic matter content in the 0—5 cm soil layer in the northern slope of Tianshan Mountains (Zhaosu—Tekesi, Xinyuan—Bayinbuluke, Balikun—Yiwu) was more than those in the 5—20 cm and 20—40 cm soil layers.

Key words: northern slope of Tianshan Mountains; organic matter content of the soil; spatial pattern

土壤有机质是土壤的重要组成部分,是表征土壤质量的重要因子,亦是土壤肥力的重要指标。在干旱荒漠地区,土壤有机质含量直接影响着土壤质量的高低,并对荒漠化地区的生态演化有直接的影响^[1-3]。因而,土壤有机质已经成为土壤学、环境化学和地球化学的研究热点之一^[4-6]。揭示土壤有机质的时空变异规律是实现土壤可持续利用和区域可持续发展的前提。国内外研究表明,自然环境条件的改变、土地利用方式的变化等都会影响土壤有机质的数量和构成^[7-10],进而影响土壤水盐运动状况和肥力特性^[11]。因此,研究土壤有机质的时空动态变化有助于了解区域土壤质量动态演化特征。

天山山体在新疆的隆起,将新疆大地分成截然不同的南北两半。首先是将新疆荒漠地带分成暖温带(南疆)和中温带(北疆);其次是使新疆的垂直地带性明显增强,成为影响荒漠、盆地和平原内部自然地域分异,促进绿洲形成、发育的主要因素^[12]。由此可见,天山山地的生态环境将对整个新疆,乃至对整个亚洲产生极其重大的影响。因地制宜地做好天山山地生态建设,科学开展林地管理,深入分析天山区域的土壤养分的空间分布特征是十分必要而又有所欠缺。基于此,本研究对天山山地下林沿土壤有机质的空间分布特征及其影响因素进行深入分析,以期对天山山地的生态建设、林地管理、土壤肥力评价等提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

我国境内的天山,即东天山横穿新疆维吾尔自治区全境,西起中国与吉尔吉斯斯坦边界,东至哈密市以东的星星峡戈壁,东西绵延 1 700 km。占天山山系总长度的 2/3 以上,山势雄伟壮观,山地平均海拔高度 4 000 m^[13]。天山位于不同的生物气候带之间,其北—准葛尔盆地南部属于温带荒漠,南—塔里木盆地属于暖温带荒漠。不同地带的水热条件明显地反映在所隶属的垂直带系统中。因而,天山不同坡向的土被、植被的垂直结构差异很大。天山北坡的垂直带

谱结构大部分从半荒漠开始,部分山段荒漠上升也较低,而南坡山地荒漠则可升至 1 800~2 000 m 以上。较为湿润的托木尔峰南坡亦可上升至 2 100~2 300 m 之间,西南坡则更高,可达 2 300~2 500 m^[12]。天山北坡的土壤垂直带谱结构相当完整,主要为:山地灰棕漠土(西部和东部)—山地棕钙土—山地栗钙土—山地黑钙土—山地灰褐土—亚高山草甸土—高山草甸土—高山原始土壤带。天山土壤是中亚荒漠和亚洲中部荒漠两种类型的生物气候条件下发育形成的。所以其特点、分布规律、垂直带结构就深刻地打上了这两种荒漠类型的烙印。

1.2 研究方法

1.2.1 样本采集 于 2011 年 8 月对天山北坡东、中、西段(巴里坤—伊吾区段、新源—巴音布鲁克区段和昭苏—特克斯区段)进行了实地考察,选择下林沿林地和草地的合适部位分别开挖开口为 40 cm×40 cm 深度为 100 cm 的土壤剖面,分为 0—5, 5—20, 20—40 cm 以成对(林—草地)的形式进行采样,共采集 133 个下林沿土样。每土层取约 1 kg 混合样,装于自封塑料袋内并做好标记和编号。样点位置详见图 1。采样的同时记录采样日期、样地经纬度、植被类型、植被覆盖度、坡向、坡度、成土母质、颜色、硬度等背景情况以备后续分析。

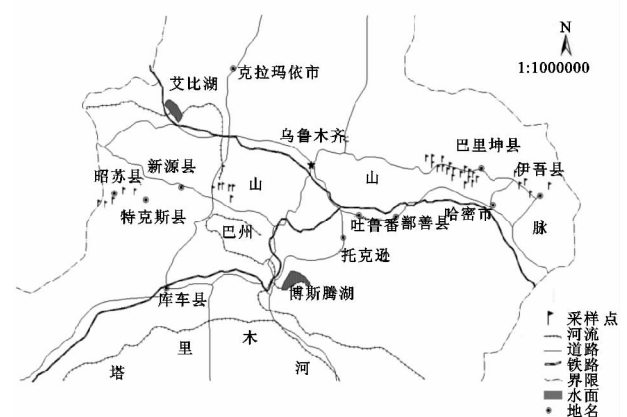


图 1 研究区与采样点位置示意图

1.2.2 分析方法 在加热条件下,用过量的重铬酸钾—硫酸($K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$)溶液来氧化土壤有机质中的碳, $Cr_2O_7^{2-}$ 中 Cr^{6+} 被还原成 Cr^{3+} , 剩余的重

铬酸钾 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 用硫酸亚铁 (FeSO_4) 标准溶液滴定, 根据消耗的重铬酸钾量计算出有机碳量, 再乘以常数 1.724, 即为土壤有机质量^[14-16]。

1.2.3 数据处理 采用经典统计学方法在 SPSS 19.0 中对数据进行描述性分析, 采用 Excel 绘图。分析过程中, 对采自同一样点的林—草地成对样做平均处理, 以代表同一样点的土壤特征值。

2 结果与分析

2.1 0—5 cm 土壤剖面层

昭苏—特克斯区段 (0—5 cm) 的土壤有机质含量变化于 30.4~403.8 g/kg 之间, 平均值为 189.3 g/kg, 变异系数为 55.1%, 属于中等变异。新源—巴音布鲁克区段 (0—5 cm) 土壤有机质含量在 28.0~309.4 g/kg 之间, 平均值为 143.2 g/kg, 变异系数为 52.9%。巴里坤—伊吾区段该层内土壤有机质含量在 2.5~315.8 g/kg, 平均值为 80.6 g/kg, 变异系数为

102.1%, 属于强变异。

图 2 为天山北坡不同区段下林沿土壤 (0—5 cm 层) 有机质含量的统计特征比较。由图 2 可见, 天山北坡西段林线附近 0—5 cm 土层的有机质含量明显高于天山北坡东段。比较各区段 0—5 cm 土壤层有机质含量的平均值可以发现, 巴里坤—伊吾区段的最小, 而昭苏—特克斯区段的最大。0—5 cm 土层的有机质含量以昭苏—特克斯区段为最大; 以巴里坤—伊吾区段的为最小 (2.5 g/kg)。比较 0—5 cm 土层内有机质含量的变异系数可以发现: 巴里坤—伊吾区段的土壤有机质含量的变异系数 (102.1%) 最大, 属于强变异, 而新源—巴音布鲁克区段的变异系数最小, 属于中等变异。研究区域 0—5 cm 土层内有机质含量的偏度值都大于零, 说明研究区域土壤有机质含量呈正偏分布, 即均值在峰值的右边。研究区域 0—5 cm 土壤层有机质含量的峰度值大于零, 说明其分布的集中程度高于正态分布。

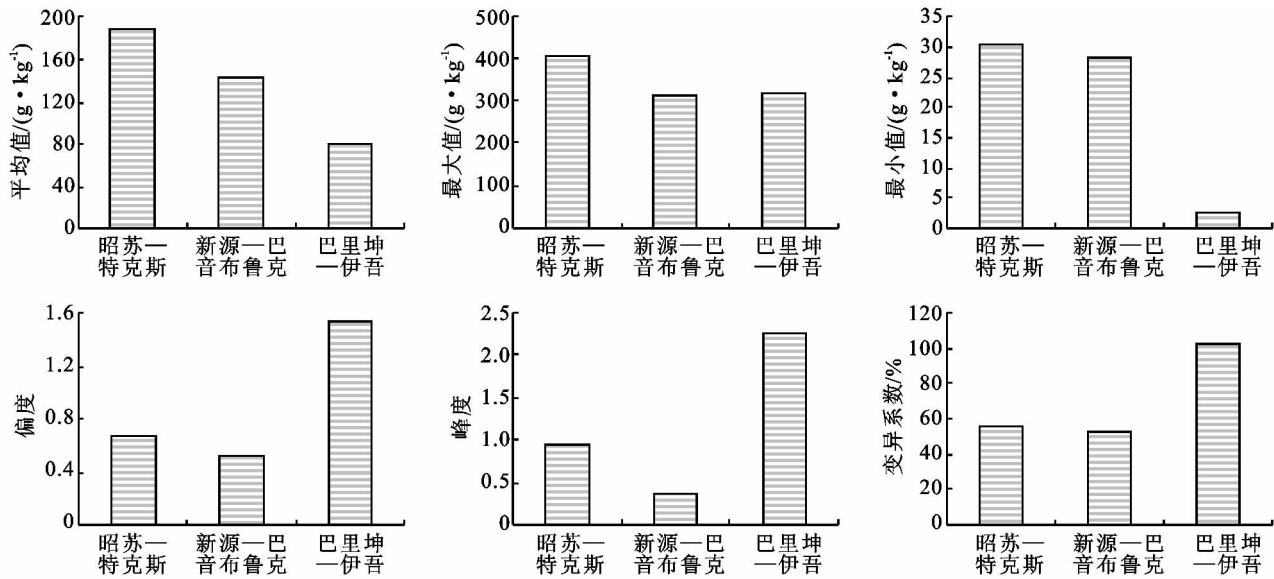


图 2 不同区段林沿土壤 (0—5 cm 层) 有机质含量的统计特征比较

2.2 5—20 cm 土壤剖面层

就 5—20 cm 土层而言, 昭苏—特克斯区段土壤有机质含量在 14.3~190.8 g/kg 之间, 平均值为 102.7 g/kg, 变异系数为 50.3%; 新源—巴音布鲁克区段为 25.6~275.9 g/kg, 平均值为 110.2 g/kg, 变异系数为 52.6%; 巴里坤—伊吾区段为 4.1~158.5 g/kg, 平均值为 48.8 g/kg, 标准方差为 44.9, 变异系数为 92.1% (图 3)。由从图 3 可知, 天山北坡西段下林沿 5—20 cm 土层的有机质含量明显高于天山北坡东段。比较其平均值可知, 巴里坤—伊吾区段的平均含量最小, 新源—巴音布鲁克区段最大。5—20 cm 土层内有机质含量的最大值出现在新源—巴音布鲁

克区段 (275.9 g/kg), 最小值出现在巴里坤—伊吾区段 (4.1 g/kg)。

比较 5—20 cm 土壤层有机质含量的偏度可以看出, 研究区域土壤有机质含量的偏度值都大于零, 说明研究区土壤有机质含量呈正偏分布, 即均值在峰值的右边。昭苏—特克斯区段 5—20 cm 土壤层有机质含量的峰度值小于零, 说明该地区的土壤有机质含量分布的集中程度低于正态分布, 其他两个区段的峰度值都大于零, 说明这两个区段的土壤有机质含量分布的集中程度高于正态分布。巴里坤—伊吾区段 5—20 cm 土壤层有机质含量的变异系数最大, 昭苏—特克斯区段的最小, 都属于中等变异。

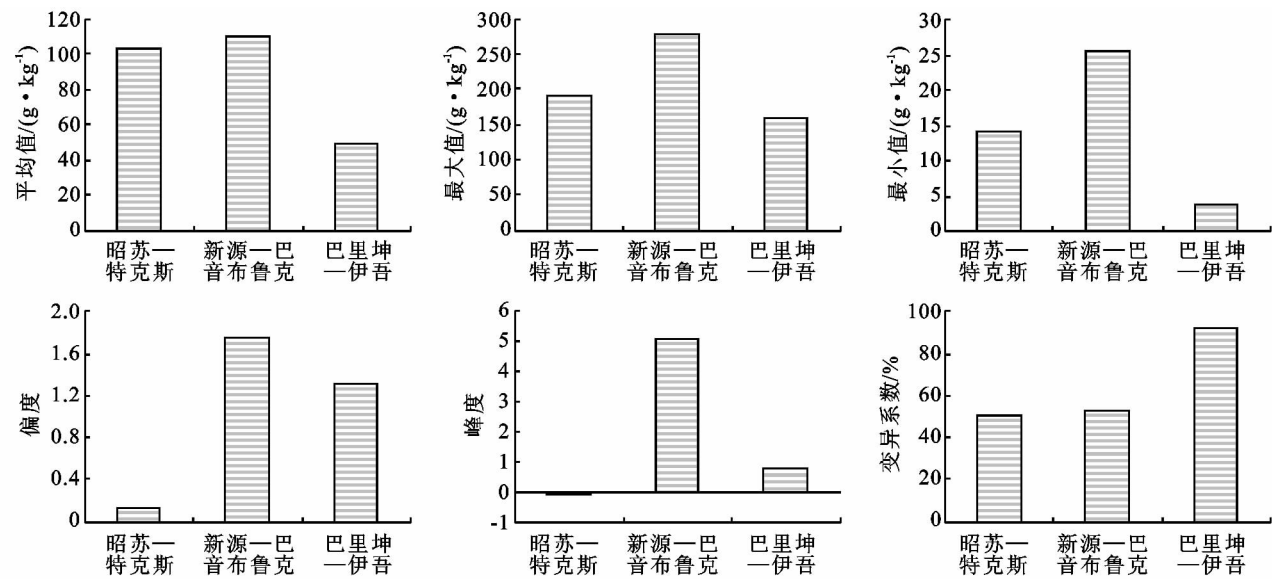


图 3 不同区段林沿土壤(5—20 cm 层)有机质含量的统计特征比较

2.3 20—40 cm 土壤剖面层

从 20—40 cm 土层来看,昭苏—特克斯区段土壤有机质含量为 8.3~190.7 g/kg,平均值为 72.7 g/kg,变异系数为 64.5%,属于中等变异;新源—巴音布鲁克区段为 15.6~203.06 g/kg,平均值为 87.2 g/kg,变异系数为 61.4%,属于中等变异;巴里坤—伊吾区段为 5.0~129.9 g/kg,平均值为 38.5 /kg,变异系数为 33.2%,属于中等变异(图 4)。

从图 4 可以看出,天山北坡西段下林沿 20—40 cm 土层的有机质含量明显高于天山北坡东段。东段的巴里坤—伊吾区段 20—40 cm 土壤层有机质含量的最大值最小,而中段的新源—巴音布鲁克区段的最

大值最大。巴里坤—伊吾区段 20—40 cm 土壤层有机质含量的最小值(5.0 g/kg)最小。偏度分析结果表明,研究区域 20—40 cm 土层有机质含量的偏度值都大于零,说明研究区 20—40 cm 土层有机质含量的分布属于正偏,即均值在峰值的右边。峰度分析结果显示,研究区域 20—40 cm 土壤层有机质含量的峰度值都大于零,说明研究区域土壤有机质含量分布的集中程度高于正态分布。巴里坤—伊吾区段 20—40 cm 土壤层有机质含量的平均值最小,新源—巴音布鲁克区段的平均值最大。新源—巴音布鲁克区段 20—40 cm 土壤层有机质含量的变异系数(47.1%)最小,巴里坤—伊吾区段的变异系数最大。

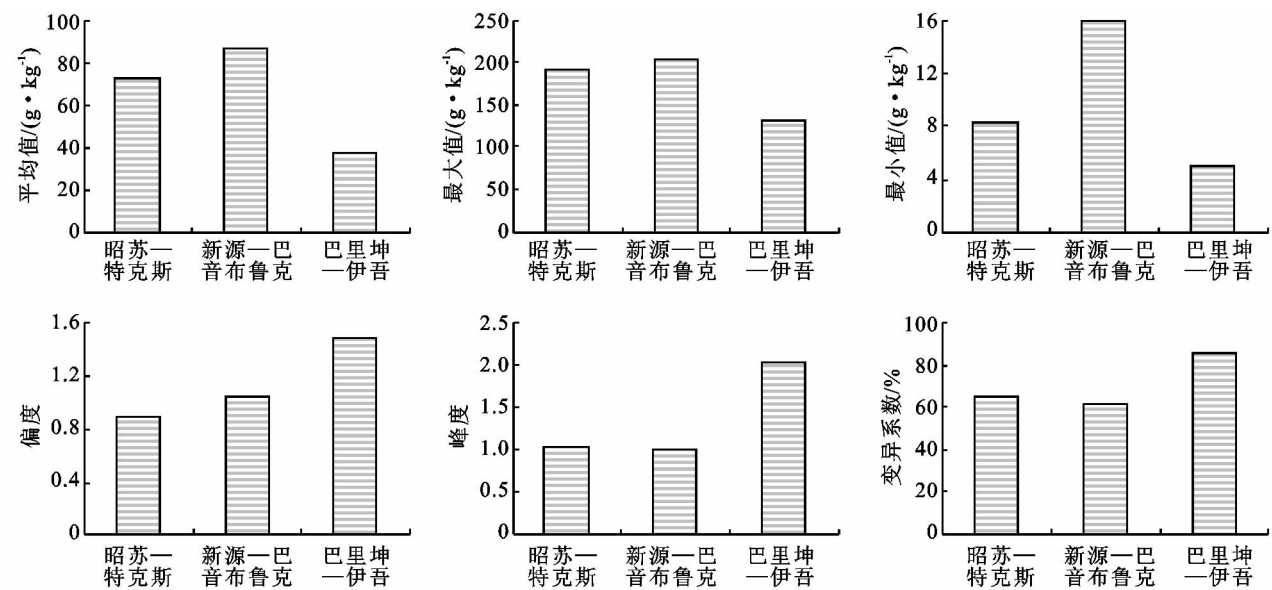


图 4 不同区段林沿土壤(20—40 cm 层)有机质含量的统计特征比较

2.4 垂直剖面层土壤有机质含量的比较

图 5 显示了天山北坡不同土层的土壤有机质含量的平均值、最大值和最小值。由图 5 可见,3 个区

段不同深度土层有机质含量均存在明显差异,其中以 0—5 cm 土层的有机质含量为高。从天山北坡下林沿不同土层的有机质含量的最大值来看,各区段土

壤有机质含量的最大值也均出现在 0—5 cm 的土壤剖面层内。这符合干旱区土壤有机质含量在表层聚集的一般规律。

分析天山北坡不同土层的有机质含量的最小值可知,昭苏—特克斯区段和新源—巴音布鲁克区段土

壤有机质含量的最小值均出现在 20—40 cm 的土壤剖面层内,而巴里坤—伊吾区段土壤有机质含量的最小值则出现在 0—5 cm 的土壤剖面层内。造成这种现象的原因可能是因为巴里坤—伊吾区段土壤受人类活动的影响更显著。

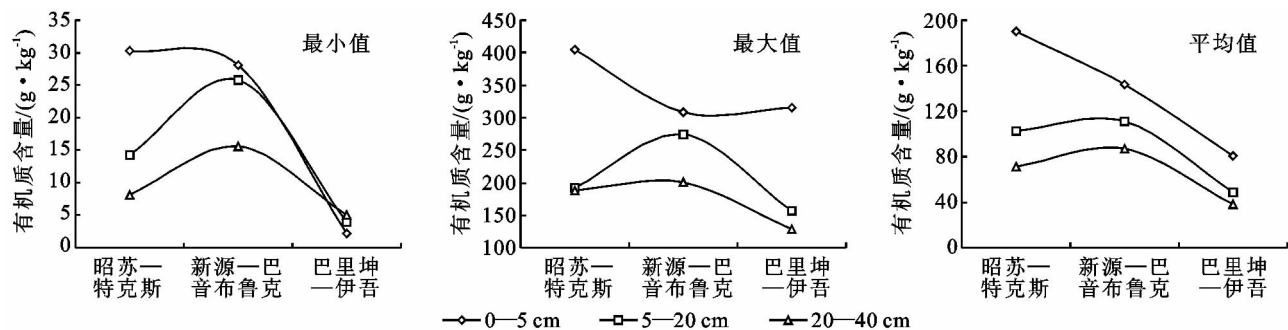


图5 不同土壤剖面层的土壤有机质含量的平均值、最大值和最小值的比较

3 讨论

在相同气候区,天山北坡土壤有机质含量的空间分布受成土母质、地形地貌、土壤类型、土壤质地^[4,17-20]、植被覆盖度、海拔、热量及人为管理措施等因素的影响^[1]。

成土母质一方面是土壤的骨架,另一方面是植物矿质养料元素的最初来源,不仅直接影响着土壤的物理化学性质、土壤成土过程,而且还影响着土壤有机质的累积和淋失^[21]。有关研究显示,天山北坡西段土壤质地为薄厚不等的黄土状物质,而天山北坡东段的成土母质为坡积、冲洪积/湖积物等。由黄土状成土母质发育的土壤,有机质含量极显著高于坡积、冲洪积/湖积物。黄土状母质黄土层深厚,富含碳酸盐,黏化层和钙积层发育,且多形成碳酸盐褐土,所以有机质的含量很高。洪积母质土体中往往有卵砾石层,构成了土体中的障碍层,且质地为轻壤,多形成褐土性土,因而有机质的含量较低。这是本研究中天山北坡西段下林沿土壤有机质含量明显高于天山北坡东段的根本原因。

地形和土壤类型影响土壤有机质的空间分布。天山北坡西段主要土壤类型是黑钙土和栗钙土。黑钙土自然肥力水平较高,其分布区不但是较好的牧场,而且有部分是较好的旱作地。这种土壤的有机质含量较高^[12]。黑钙土的主要特点是土壤进行强烈的腐殖质积累过程,同时钙化过程也很明显。表层的有机质含量在 7%~13% 之间,具有良好的粒状—团块状结构;土壤上部的碳酸钙受到淋失,有明显的钙积层。天山北坡西段(特克斯—昭苏、新源—巴音布鲁克区段)土壤质地较重,主要土壤类型是黏土,利于有机质的积累,而天山北坡东段的巴里坤—伊吾区段土

壤质地较轻,通气条件较好,有机质流失相对容易,因此有机质含量较低^[22]。

植被覆盖度、海拔和热量也是决定土壤有机质含量的主要因素。实地考察发现,天山北坡西段地区(昭苏—特克斯、新源—巴音布鲁克区段)植物以天山云杉、林缘灌丛和禾本科植物为主,植被覆盖度约为 90%,平均海拔高度为 2 000 m 左右,热量较低有利于有机质的积累。天山北坡东段(巴里坤—伊吾区段)以藜科植物、蒿类为主,并有少量骆驼蓬、榆树、芨芨草、苦豆子、粉苞菊等出现,植被盖度在 20%~30% 之间,平均海拔高度为 1 800 m 左右。随着海拔的降低,降雨量逐渐减少,植被覆盖度逐渐降低,有机质含量也逐渐降低^[1]。巴里坤盆地因气候干旱,植物稀疏,这些自然条件不利于土壤有机质的积累。新源—巴音布鲁克区段采样点多分布在以野杏、小檗、柳树、蔷薇等为主的山地林地和以禾本科为主的草地中,植被盖度 90% 以上,优越的植被条件为土壤有机质的积累奠定了基础。这是新源—巴音布鲁克区段土壤有机质含量比较高的主要原因。

巴里坤—伊吾区段具有丰富的自然资源,盆地土壤主要有淡栗钙土、棕钙土、草甸土和盐土 4 个类型^[12]。不同土壤类型上生长的植被,其覆盖度和土地利用方式有很大的差异,这是导致巴里坤地区土壤有机质含量变异较大的主要原因。此外,该区段人类活动(包括开垦、造林、旅游等)对土壤也产生了一定的影响。

4 结论

(1) 天山北坡西段下林沿土壤层的有机质含量明显高于天山北坡东段。0—5 cm 土壤剖面层内天山北坡昭苏—特克斯区段的土壤有机质含量比天山

北坡其他区段的高。0—5, 5—20, 20—40 cm 土壤剖面层内天山北坡巴里坤—伊吾区段土壤有机质含量比天山北坡其他区段的土壤有机质含量低。5—20, 20—40 cm 土壤剖面层内天山北坡新源—巴音布鲁克区段的土壤有机质含量比天山北坡其它区段的高。

(2) 天山北坡 0—5 cm 土壤剖面层内土壤有机质含量的最大值出现在昭苏—特克斯区段, 5—20, 20—40 cm 土壤剖面层内土壤有机质含量的最大值出现在新源—巴音布鲁克区段。0—5, 5—20 cm 和 20—40 cm 土壤剖面层内土壤有机质含量的最小值出现在巴里坤—伊吾区段。

(3) 0—5, 5—20, 20—40 cm 土壤剖面层内巴里坤—伊吾区段的变异系数最大。0—5 cm 土壤剖面层内巴里坤—伊吾区段的土壤有机质含量的变异系数属于强变异, 其它区段属于中等变异。5—20, 20—40 cm 土壤剖面层内研究区域的有机质含量的变异系数属于中等变异型。

(4) 天山北坡 0—5 cm 土壤剖面层土壤有机质含量比 5—20, 20—40 cm 土壤剖面层土壤有机质含量高。天山北坡下林沿土壤有机质含量的最大值出现在 0—5 cm 的土壤剖面层内。

(5) 昭苏—特克斯、新源—巴音布鲁克区段土壤有机质含量的最小值出现在 20—40 cm 土壤剖面层内, 而巴里坤—伊吾区段土壤有机质含量的最小值则出现在 0—5 cm 的土壤剖面层内。

巴里坤—伊吾区段受自然和人为影响, 土壤有机质含量偏低。在今后的林业生产和生态建设实践中, 应注意降低人类活动对土壤层的扰动、加强天然植被的保护, 在有条件的地块增施有机肥, 以快速提高土壤的有机质含量。

参考文献:

- [1] 黄元仿, 周志宇, 苑小勇, 等. 干旱荒漠区土壤有机质空间变异特征[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2776-2781.
- [2] 吴乐知, 蔡祖聪. 中国土壤有机质含量变异性与空间尺度的关系[J]. 地球科学进展, 2006, 21(9): 967-968.
- [3] 李启权, 岳天祥. 中国表层土壤有机质空间分布模拟分析方法研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(8): 1386-1387.
- [4] 胡克林, 余艳, 张凤荣, 等. 北京郊区土壤有机质含量的时空变异及其影响因素[J]. 中国农业科学, 2006, 39(4): 764-771.
- [5] 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(5525): 2320-2322.
- [6] 李文芳, 杨世俊, 文池夫. 土壤有机质的环境效应[J]. 环境科学动态, 2004(4): 31-33.
- [7] 张世熔, 黄元仿, 李保国, 等. 黄淮海冲积平原区土壤有机质时空变异特征[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2042-2044.
- [8] Chang C. Variation in soil total organic matter content and total nitrogen associated with micro relief[J]. Canadian J. of Soil Sci., 1995, 75(4): 471-473.
- [9] Oades J M, Glen O. Influence of management on the composition of organic matter in a red-brown earth as shown by ^{13}C nuclear magnetic resonance[J]. Australian J. of Soil Research, 1988, 26(2): 289-299.
- [10] Wu J, O'Donnell A G, Syers J K. Modeling soil organic matter changes in ley-arable rotations in sandy soils of Northeast Thailand [J]. European J. of Soil Research, 1998, 26(2): 288-289.
- [11] 单秀枝, 魏由庆, 严慧峻. 土壤有机质含量在土壤水动力上的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 1-9.
- [12] 胡汝骥, 中国天山自然地理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [13] 新疆综合考察队, 新疆土壤地理[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
- [14] 中国环境总站, 土壤元素的现代分析法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
- [15] 李鸿恩, 刘惠容, 张建新, 等. 测定土壤有机质丘林法的改进[J]. 土壤通报, 1987(4): 187-189.
- [16] 李鸿恩. 土壤有机质测定法[S]. 中华人民共和国农业部 1988-06-30 批准 GB9834-88.
- [17] 张有山. 北京农田土壤养分肥力提高及其培肥措施研究[J]. 土壤通报, 1996, 27(3): 107-110.
- [18] 徐艳, 张凤荣, 汪景宽. 20 年来我国潮土区与黑土区土壤有机质变化的对比研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(2): 102-105.
- [19] 李君剑, 赵溪, 潘恬豪, 等. 不同土地利用方式对土壤活性有机质的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(1): 148-151.
- [20] 陆梅; 田昆; 莫剑锋. 高原湿地纳帕海 4 种湿地利用类型土壤养分和微生物特征研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(2): 242-245.
- [21] 张建杰, 张强, 杨治平, 等. 山西临汾盆地土壤有机质和全氮的空间变异特征及其影响因素[J]. 土壤通报, 2010, 41(4): 841-843.
- [22] 宋莎, 李廷轩, 王永东, 等. 县域农田土壤有机质空间变异及其影响因素分析[J]. 土壤, 2011, 43(1): 44-49.