

克拉玛依不同配置模式防护绿地凋落物 现存量及养分贮量 *

郑 路^{1,2} 尹林克^{1,3} 胡秀琴⁴ 姜逢清¹ 李燕红⁴ 邱文成⁴

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所 乌鲁木齐 830011; 2. 中国林业科学研究院热带林业实验中心 凭祥 532600;
3. 中国科学院吐鲁番沙漠植物园 吐鲁番 838008; 4. 克拉玛依区园林局园林科研所 克拉玛依 834000)

摘要: 以克拉玛依市区北郊防护绿地为研究对象,对 14 种不同配置类型地表凋落物进行收集、取样和化学分析。结果表明:凋落物现存量 $117.34 \sim 719.36 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,乔灌行间混交方式最高,显著大于其他配置方式($P < 0.05$);凋落物各亚层贮量表现为未分解层 > 半分解层 > 完全分解层;地表凋落物组成以叶为主,占 97.0% ~ 53.8%,枝(皮)与其他组分因植物配置模式不同差异较大,花(果)所占比例最低;不同配置类型地表凋落物的养分含量、贮量均变异较大,以配置紫穗槐的乔灌行间混交类型地表凋落物各养分含量和贮量较高;地表凋落物中有机 C 含量最高,全 Ca 含量次之,全 P 含量最低,其他养分含量均较低;养分主要贮存在未分解层和半分解层,完全分解层极少。

关键词: 防护绿地; 凋落物现存量; 养分贮量; 克拉玛依

中图分类号: S718.55 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2011)04-0013-07

Litter and the Nutrient Storage of Different Species Arrangement Patterns in Protective Greenbelt in Karamay, Xinjiang

Zheng Lu^{1,2} Yin Linke^{1,3} Hu Xiuqin⁴ Jiang Fengqing¹ Li Yanhong⁴ Qiu Wengcheng⁴

(1. Xinjiang Institute for Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences Urumqi 830011;
2. Experimental Centre of Tropical Forestry, CAF Pingxiang 532600;
3. Turpan Eremophytes Botanic Garden, Chinese Academy of Sciences Turpan 838008;
4. Institute for Landscape Architecture of Bureau of Parks, Karamay District Karamay 834000)

Abstract: Litter on forest floor was collected and sampled in 14 different patterns of planting arrangement in the protective greenbelt in northern Karamay, China. Vertical distribution of the litter in the forest floor was investigated and the dry mass and chemical composition of litter were measured and analyzed. The results showed that the litter dry weight on the forest floor varied from about $117.34 \sim 719.36 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. The planting pattern with trees and shrubs mixed by rows had significantly ($P < 0.05$) greater dry weight than other patterns. The litter pools in the different sampling layers of the forest floor displayed in an order of the litter layer > fermentation layer > humus layer. Leaf litter was the main component, accounting for 97.0% - 53.8% of the litter mass. Branch (bark) contents varied among the different arrangement patterns, and flowers (fruits) accounted for the smallest proportion of the forest floor litter. Nutrient contents and storage on the forest floor differed greatly among the arrangement patterns, and they were higher in the pattern with both trees and shrubs (*Amorpha fruticosa*) mixed by rows. The content of organic C was the highest, the total Ca was the second, the total P the lowest and the other nutrients also lower. The nutrients storage was mainly in the litter layer and the fermentation layer.

Key words: protective greenbelt; litter standing crop; nutrient storage; Karamay

地表凋落物是森林生态系统的重要组成部分,是森林生态系统的主要养分库(Scott *et al.*, 1997; Meason *et al.*, 2004),其分解矿化是森林生态系统中

最为关键的生态过程之一(Sayer, 2006; Yang *et al.*, 2007)。地表凋落物具有涵养水源(赵鸿雁等, 2003; 薛立等, 2005)、供应养分(齐泽民等, 2004)、促进土

收稿日期: 2010-03-09; 修回日期: 2011-03-01。

基金项目: 克拉玛依市科技项目(SK2007-01)。

* 尹林克为通讯作者。

壤生物活动(余广彬等, 2007)、保护森林土壤(张万儒等, 1990)、改变林地光谱特性、缩小日温差、提高土壤湿度、影响植物群落组成等功效(Weltzin *et al.*, 2005; 潘开文等, 2004), 在维护植物群落稳定性和可持续性方面也具有重要意义(Daufresne *et al.*, 2001; 盛炜彤, 2001; 张继义等, 2003)。

国内外有关枯枝落叶层结构和生物化学性质的研究已有很多, 但以往的工作多针对热带、亚热带和暖温带森林(Greenway, 1994; 张德强等, 1998; 齐泽民等, 2004; 余广彬等, 2007), 缺乏干旱区人工林在此方面的研究, 尤其是绿洲城市防护林下凋落物现存量及养分贮量的研究更是少见。另外, 虽有学者比较了不同林龄(逯军峰等, 2007)、不同演替阶段(余广彬等, 2007)、天然林与人工林(杨玉盛等, 2004)林下枯枝落叶层的碳库及养分库, 但对于不同植物配置类型下的凋落物贮量及化学性质的研究未见报道。

克拉玛依市是以荒漠为大背景的西北内陆干旱区典型绿洲城市, 周边生态环境异常脆弱, 降水少, 蒸发强烈, 沙尘暴、干热风等自然灾害频繁。多年来, 在城市人居生态林建设中, 该市投入了大量的资金和人力。2003年在城市北缘建成了大型城市防护绿地体系, 为缓解城市自然灾害、改善城市人居环境发挥了巨大功效。但由于当地恶劣的自然环境状况及不合理的管护方式, 防护绿地稳定性和可持续性受到极大威胁。本研究分析克拉玛依市区外围防护绿地不同配置类型凋落物贮量和养分含量, 以期揭示干旱区人工林地表凋落物数量及质量特征及其与群落组成和结构的关系, 有助于探明干旱区人工林养分的自循环过程及其机理, 为人工防护林林木配置及防护绿地近自然管护和稳定性研究提供科学依据。

1 研究区概况

克拉玛依城市防护绿地位于市区北郊($45^{\circ}36'33''$ — $45^{\circ}37'47''N$, $84^{\circ}50'01''$ — $84^{\circ}52'11''E$), 地处准噶尔盆地西北缘山前冲积戈壁, 海拔280~300 m。研究区具有典型的大陆性干旱气候特征, 夏季最高气温44℃, 冬季最低气温-35.9℃, 年平均气温8℃。年均降水量101.7 mm, 年潜在蒸发量为3 545.2 mm。年均大风日数为76天(≥ 8 级风), 其中9级以上风的日数为14天, 主风向西北。土壤为灰棕色荒漠土, 无明显层次, 沙质基质(粉砂, 细砂至粗砂), 间有砾石和碎石,(含量为5%~30%, 多者可达50%以上, 直径0.5~1.5 cm)。土壤有机质含量低, 普遍缺磷少氮, pH值7.5~8.5(郑路等,

2008)。

克拉玛依城市防护绿地种植于2002年秋至2003年秋。林带南北宽700 m, 东西长4 000 m, 面积264 hm²。南北向每隔50 m, 东西向每隔400 m修建林区简易道路, 由简易道路网将绿地分隔成多个长方形区块, 每区块或几个区块为一种植物配置方式。配置结构既有单层结构(乔木混交), 又有双层结构(乔灌混交)。混交方式既有行间混交, 又有带状混交和行带混交。灌溉方式为滴灌。绿地主要树种有新疆杨(*Populus alba* var. *pyramidalis*)、尖果沙枣(*Elaeagnus oxycarpa*)、胡杨(*Populus euphratica*)、白榆(*Ulmus pumila*)、黄果山楂(*Crataegus altaica*)、苹果(*Malus pumila*)、大叶白蜡(*Fraxinus americana*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)和多枝柽柳(*Tamarix ramosissima*)等。

2 研究方法

2.1 样地设置与样品采集

根据植物配置类型及混交方式选择14个典型样地, 样地概况见表1。于2008年5月下旬用厚1 mm、宽10 cm的薄铁皮长条制成面积为1.0 m²的正方形铁制取样框, 分别在每个样地中随机选取6个小样方进行凋落物现存量取样。按未分解(由新鲜凋落物组成, 保持原有形态, 颜色变化不明显, 质地坚硬, 外表无分解的痕迹)、半分解(叶无完整外观轮廓, 多数凋落物已经粉碎, 叶肉被分解成碎屑)和完全分解(已不能辨识原形)3层收集凋落物, 分别装入塑料袋中。未分解层凋落物按植物器官分为叶、枝(皮)、花(果)及其他(幼虫粪便、昆虫残体和不可辨识的植物残体等)。

2.2 实验室分析与数据处理

将所有凋落物样在70℃烘干, 然后称干质量。按配置类型分层混合烘干后的凋落物样, 随后进行养分含量测定。采用重铬酸钾法测定有机碳含量, 采用高氯酸-硫酸消化法测定全氮含量, 采用酸溶-钼锑抗比色法测定全磷含量, 采用酸溶-火焰光度法测定全钾含量, 采用1 mol·L⁻¹ HCl溶液浸提EDTA络合滴定法测定全钙含量, 采用1 mol·L⁻¹ HCl溶液浸提EDTA络合滴定法测定全镁含量。

在SPSS 13.0软件下采用等重复单因素方差分析法进行数据处理。

3 结果与分析

3.1 凋落物现存量

不同配置类型林地内凋落物现存量为117.34~

表1 样地概况^①
Tab. 1 Survey of sample plots^①

| 样地号 Plot No. | 植物种类 Plant species | 混交类型 Mixed type | 混交方式 Mixed mode | 混交比例 Mixed ratio | 株行距 Plant spacing | 郁闭度 Canopy density | 整地方式 Site preparation method |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1 | C,B | 乔木混交 Mixed arbors | 带状混交 Mixed in belt | 6:4 | 3 m×3 m | 0.5 | 穴状整地 Caving soil preparation |
| 2 | G,A,B | 乔木混交 Mixed arbors | 带状混交 Mixed in belt | 5:4:1 | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.5 | 穴状整地 Caving soil preparation |
| 3 | D,A,B | 乔木混交 Mixed arbors | 行带混交 Mixed in line and belt | 5:4:1 | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.4 | 穴状整地 Caving soil preparation |
| 4 | A,H | 乔灌混交 Arbor mixed with shrub | 行间混交 Mixed in line | 5:5 | 2 m×2 m | 0.9 | 沟状整地 Furrowing soil preparation |
| 5 | E,H | 乔灌混交 Arbor mixed with shrub | 行间混交 Mixed in line | 4:6 | 2 m×2 m | 0.8 | 沟状整地 Furrowing soil preparation |
| 6 | F,H | 乔灌混交 Arbor mixed with shrub | 行间混交 Mixed in line | 4:6 | 2 m×2 m | 0.8 | 沟状整地 Furrowing soil preparation |
| 7 | A,C,B,J | 乔木混交 Mixed arbors | 行带混交 Mixed in line and belt | 6:2:1:1 | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.6 | 沟状整地 Furrowing soil preparation |
| 8 | C,D,A | 乔木混交 Mixed arbors | 带状混交 Mixed in belt | 5:3:2 | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.4 | 沟状整地 Furrowing soil preparation |
| 9 | B,C,D,A,J | 乔木混交 Mixed arbors | 行带混交 Mixed in line and belt | 3:2:2:2:1 | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.6 | 沟状整地 Furrowing soil preparation |
| 10 | D,G,B,C,J | 乔木混交 Mixed arbors | 行带混交 Mixed in line and belt | 3:2:2:2:1 | 3 m×3 m | 0.5 | 沟状整地 Furrowing soil preparation |
| 11 | A,D,G,J | 乔木混交 Mixed arbors | 行间混交 Mixed in line | 2:2:1:3 | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.5 | 沟状整地 Furrowing soil preparation |
| 12 | A,G,D | 乔木混交 Mixed arbors | 行带混交 Mixed in line and belt | 5:3:2 | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.4 | 穴状整地 Caving soil preparation |
| 13 | B,D,A,C,I | 乔灌混交 Arbor mixed with shrub | 行带混交 Mixed in line and belt | 4:2:1:1:2 | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.5 | 穴状整地 Caving soil preparation |
| 14 | A,B,I | 乔灌混交 Arbor mixed with shrub | 行带混交 Mixed in line and belt | 7:1:2: | 3 m×3 m, 2 m×2 m | 0.4 | 穴状整地 Caving soil preparation |

^①A: 新疆杨 *Populus alba* var. *pyramidalis*; B: 尖果沙枣 *Elaeagnus oxycarpa*; C: 胡杨 *Populus euphratica*; D: 白榆 *Ulmus pumila*; E: 黄果山楂 *Crataegus altaica*; F: 苹果 *Malus pumila*; G: 大叶白蜡 *Fraxinus americana*; H: 紫穗槐 *Amorpha fruticosa*; I: 多枝柽柳 *Tamarix ramosissima*; J: 其他 Others。

719.36 g·m⁻²。据表2可知,14个样地中以乔灌行间混交的新疆杨×紫穗槐、黄果山楂×紫穗槐和苹果×紫穗槐(4,5和6号样地)3个样地凋落物现存量较高,与其他样地差异显著($P < 0.05$)。乔灌行带混交的尖果沙枣×白榆×新疆杨×胡杨×多枝柽柳样地和新疆杨×尖果沙枣×多枝柽柳样地(13和14号样地)现存量较低,与乔木混交类型差异不显著。不同整地方式间比较,虽然沟状整地凋落物现存量平均值大于穴状整地,但统计分析表明其差异

不显著。不同乔木树种配置间凋落物现存量差异也不显著,表明不同乔木树种组合配置对凋落物现存量没有显著影响。

从图1可见:14种配置类型样地中,枯枝落叶层各亚层贮量分布空间格局大部分(1到3和7到14号样地)表现为未分解层>半分解层>完全分解层,未分解层所占比例为26.6%~94.5%;乔灌行间混交的新疆杨×紫穗槐、黄果山楂×紫穗槐和苹果×紫穗槐(4,5和6号样地)3个样地枯枝落叶层

表 2 各样地凋落物现存量^①

Tab. 2 Litter mass of various plots

 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$

| 样地号 Plot No. | 未分解层 Litter layer | | | | | 半分解层 Fermentation layer | 完全分解层 Humus layer | 总计 Total |
|-----------------|-------------------|-----------------------|------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------|--------------------|
| | 叶 Leaf | 枝(皮) Branch (bark) | 花(果) Flower (fruit) | 其他 Other | 小计 Subtotal | | | |
| 1 | 75.56 ± 21.42 | 15.88 ± 3.03 | 6.69 ± 3.49 | 15.35 ± 3.30 | 113.49 ± 17.59 | 60.66 ± 13.85 | 0.01 ± 0 | 174.16 ± 29.36de |
| 2 | 86.19 ± 21.16 | 18.25 ± 5.30 | 0.01 ± 0 | 35.39 ± 8.68 | 139.84 ± 27.33 | 76.38 ± 18.86 | 0.24 ± 0.23 | 216.46 ± 43.44de |
| 3 | 77.23 ± 30.93 | 28.74 ± 9.30 | 0.01 ± 0 | 37.62 ± 13.20 | 143.60 ± 21.12 | 60.51 ± 27.91 | 5.45 ± 3.25 | 209.57 ± 30.08de |
| 4 | 252.84 ± 29.17 | 7.32 ± 4.16 | 0.01 ± 0 | 0.40 ± 0.25 | 260.56 ± 32.11 | 391.47 ± 78.07 | 67.33 ± 19.50 | 719.36 ± 117.62a |
| 5 | 134.09 ± 12.24 | 5.41 ± 2.28 | 0.01 ± 0 | 8.75 ± 2.73 | 148.25 ± 9.43 | 392.31 ± 50.34 | 16.60 ± 2.53 | 557.16 ± 40.81ab |
| 6 | 257.40 ± 40.62 | 14.96 ± 2.81 | 0.01 ± 0 | 5.76 ± 3.00 | 278.13 ± 41.10 | 219.78 ± 25.29 | 22.55 ± 3.77 | 520.47 ± 65.07abc |
| 7 | 148.28 ± 58.17 | 12.49 ± 6.91 | 0.01 ± 0 | 38.45 ± 13.36 | 199.23 ± 70.36 | 86.12 ± 33.38 | 10.89 ± 3.90 | 296.24 ± 97.07cde |
| 8 | 163.20 ± 34.53 | 23.27 ± 3.62 | 0.01 ± 0 | 10.75 ± 4.49 | 197.23 ± 35.03 | 74.32 ± 21.51 | 5.29 ± 3.36 | 276.84 ± 52.65de |
| 9 | 138.70 ± 47.66 | 19.02 ± 11.83 | 0.01 ± 0 | 37.31 ± 21.09 | 195.03 ± 70.72 | 105.86 ± 48.84 | 14.38 ± 9.98 | 315.28 ± 120.60cde |
| 10 | 96.70 ± 48.14 | 33.24 ± 10.86 | 0.01 ± 0 | 40.97 ± 16.79 | 170.92 ± 54.22 | 98.23 ± 34.95 | 10.47 ± 10.46 | 279.62 ± 92.47cde |
| 11 | 213.97 ± 93.61 | 26.11 ± 8.57 | 0.01 ± 0 | 39.84 ± 18.04 | 279.93 ± 96.82 | 118.46 ± 113.48 | 5.27 ± 5.26 | 403.66 ± 194.47bcd |
| 12 | 59.94 ± 31.77 | 9.44 ± 4.60 | 0.01 ± 0 | 33.42 ± 11.67 | 102.81 ± 36.30 | 14.51 ± 14.50 | 0.01 ± 0 | 117.34 ± 39.63e |
| 13 | 73.60 ± 23.16 | 16.08 ± 7.99 | 0.01 ± 0 | 49.97 ± 19.79 | 139.65 ± 29.37 | 74.42 ± 44.82 | 0.01 ± 0 | 214.08 ± 42.63de |
| 14 | 111.58 ± 36.52 | 4.47 ± 3.53 | 0.01 ± 0 | 82.78 ± 23.52 | 198.85 ± 53.66 | 11.53 ± 7.72 | 0.01 ± 0 | 210.38 ± 52.96de |

①同列不同小写字母表示进行 LSD 多重比较时差异显著 ($P < 0.05$) , 下同。The same column with different lowercase letters denote significant differences in the process of LSD multiple comparisons ($P < 0.05$) , the same below.

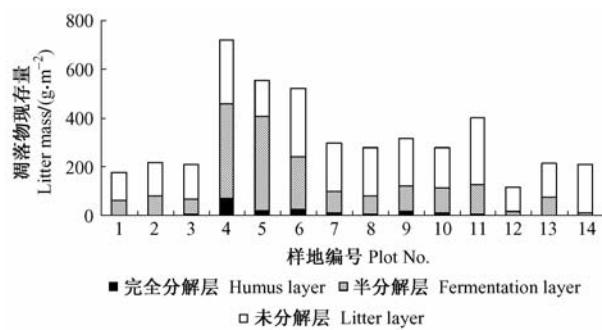


图 1 各样地地表凋落物各亚层凋落物现存量

Fig. 1 Litter mass of various sample plots in various sample plots

凋落物现存量半分解层和完全分解层所占比例较高, 其中半分解层达到了 42.2% ~ 70.4%, 完全分解层为 3.0% ~ 9.4%。

从图 2 所列未分解层各凋落物组分现存量比例可见: 14 个样地叶现存量占凋落物总现存量的比例均超过 50%, 以乔灌行间混交的新疆杨 × 紫穗槐、黄果山楂 × 紫穗槐和苹果 × 紫穗槐 (4, 5 和 6 号样地) 3 个样地最高, 达 90.5% ~ 97.0%; 枝(皮)与其他成分所占比例分别为 20.0% ~ 2.2% 和 41.6% ~ 0.2%; 花(果)所占比例最低。总体来看, 凋落物组成以凋落叶为主, 与马尾松 (*Pinus massoniana*) 林和格氏栲 (*Castanopsis kawakamii*) 林等类似(樊后保等, 2003; 杨玉盛等, 2004)。

3.2 凋落物养分含量及贮量

由图 3 可以看出, 各样地凋落物 N 含量为 5.84 ~ 15.59 g·kg⁻¹, P 含量为 0.49 ~ 1.50 g·kg⁻¹,

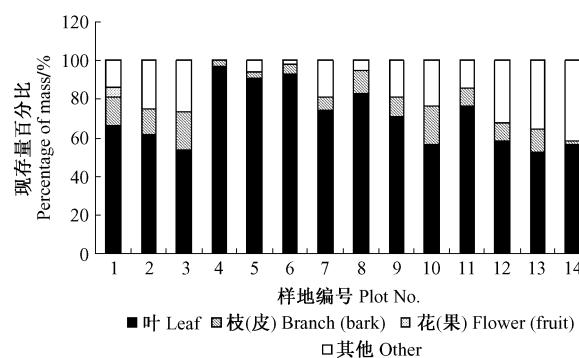


图 2 未分解层凋落物组分特征

Fig. 2 Component characters of litter layer

K 含量为 2.55 ~ 4.19 g·kg⁻¹, Ca 含量为 25.23 ~ 38.62 g·kg⁻¹, Mg 含量为 1.48 ~ 5.42 g·kg⁻¹。在有紫穗槐配置的林地中, 如新疆杨 × 紫穗槐、黄果山楂 × 紫穗槐和苹果 × 紫穗槐 3 个样地 (4, 5 和 6 号样地), 凋落物养分含量较高; 在尖果沙枣所占比例较高的林地中, 如尖果沙枣 × 胡杨 × 白榆 × 新疆杨 × 其他和尖果沙枣 × 白榆 × 新疆杨 × 胡杨 × 多枝柽柳样地 (9 和 13 号样地), 凋落物中 P 元素含量较高; 而在胡杨或新疆杨所占比例较高的林地中, 如胡杨 × 白榆 × 新疆杨样地、新疆杨 × 胡杨 × 尖果沙枣 × 其他和新疆杨 × 尖果沙枣 × 多枝柽柳样地 (7, 8 和 14 号样地), 地表凋落物主要养分含量均较低。养分贮量以乔灌行间混交的新疆杨 × 紫穗槐、黄果山楂 × 紫穗槐和苹果 × 紫穗槐 (4, 5 和 6 号样地) 3

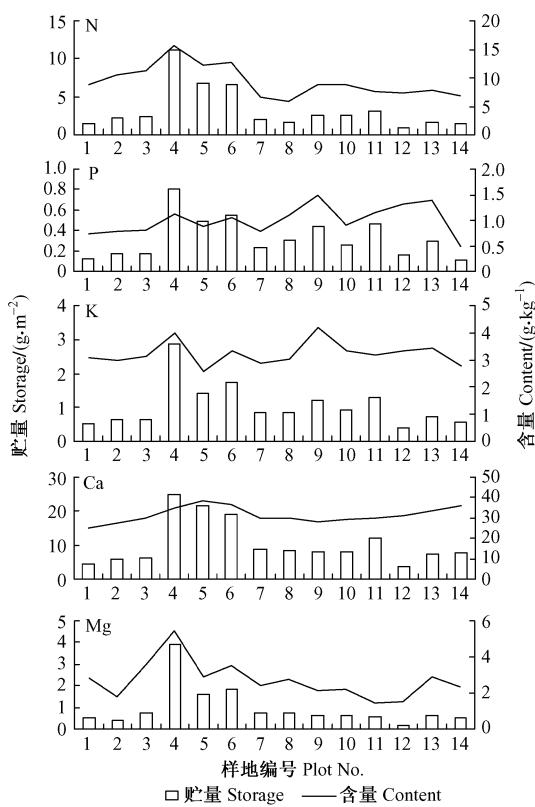


图3 各样地凋落物养分含量及贮量

Fig. 3 Nutrient content and storage of litters of various plots

个样地最高,新疆杨×紫穗槐样地最为突出;新疆杨、大叶白蜡和白榆组成的乔木混交样地有最低的N、K、Ca和Mg贮量,P贮量也较低。

从表3可见:防护绿地地表凋落物各亚层均以有机C含量最高,达279.90~314.60 g·kg⁻¹;全Ca含量次之,为28.73~35.71 g·kg⁻¹,其他养分含量均较低,以全P含量最低,为0.85~1.42 g·kg⁻¹,与其他地区研究结果类似(樊后保等,2003)。

全N和全Mg含量在枯枝落叶层各亚层表现为未分解层<半分解层<完全分解层($P < 0.05$)(表3);全P、K和Ca含量未分解层显著低于完全分解和半分解层,完全分解和半分解层之间差异不显著。总体趋势是随着地表凋落物分解程度的增加,养分含量增加。虽然各层有机C含量变化不显著,但趋势是由未分解层到完全分解层含量逐渐降低。C/N值由未分解层到完全分解层不断变小。

表4为14个样地枯枝落叶层各亚层养分贮量平均值,可以看出,各营养元素养分贮量与含量类似,以有机C最高,达100.71 g·m⁻²,其次为Ca元素,10.21 g·m⁻²,其他营养元素贮量较低,以P元素最低。虽然下层养分含量高于上层,但受凋落物现存量各亚层分布格局的影响,养分主要集中在未分解和半分解层,完全分解层贮量很少。

表3 防护绿地地表凋落物各层养分含量

Tab. 3 Nutrient contents of different layers of floor litter in the protective greenbelt

g·kg⁻¹

| 层次 Layer | 有机C Organic C | 全N Total N | 全P Total P | 全K Total K | 全Ca Total Ca | 全Mg Total Mg | C/N |
|-------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|------|
| 未分解层 Litter layer | 313.22 ± 17.71a | 7.79 ± 0.59c | 0.85 ± 0.08b | 2.98 ± 0.14b | 28.73 ± 1.17b | 2.39 ± 0.52c | 46.9 |
| 半分解层 Fermentation layer | 314.60 ± 10.27a | 11.59 ± 0.74b | 1.22 ± 0.08a | 3.70 ± 0.24a | 35.71 ± 1.04a | 3.69 ± 0.28b | 31.7 |
| 完全分解层 Humus layer | 279.90 ± 11.44a | 14.48 ± 0.93a | 1.42 ± 0.09a | 4.03 ± 0.17a | 34.64 ± 1.12a | 4.97 ± 0.36a | 22.6 |

表4 防护绿地地表凋落物各层养分贮量

Tab. 4 Nutrients storage of different layers of floor litter in the protective greenbelt

g·m⁻²

| 层次 Layer | 有机C Organic C | 全N Total N | 全P Total P | 全K Total K | 全Ca Total Ca | 全Mg Total Mg |
|----------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 未分解层 Litter layer | 57.44 | 1.43 | 0.16 | 0.55 | 5.27 | 0.44 |
| 半分解层 Fermentation layer | 40.10 | 1.48 | 0.16 | 0.47 | 4.55 | 0.47 |
| 完全分解层 Humus | 3.17 | 0.16 | 0.02 | 0.05 | 0.39 | 0.06 |
| 3层合计 Total of three layers | 100.71 | 3.07 | 0.33 | 1.06 | 10.21 | 0.96 |

4 结论与讨论

本研究中虽然该防护绿地建成期较短(仅5年),但各样地凋落物现存量已表现出显著差异,最大值与最小值相差达6倍之多,以乔灌行间混交方式(4,5和6号样地)较高,其他配置方式之间差异

不显著。可见,对于本研究区域而言,配置结构对凋落物现存量产生极大影响,而不同树种组成对凋落物现存量几乎没有影响。从气象资料可知,当地年均8级以上大风日数为76天,对于乔木混交或乔灌行带混交林地,由于大部分乔木枝下高较高,林下形成通透结构,遇有大风,凋落物易被吹散,造成养分

流失。而乔灌行间混交所形成的比较均匀的复层结构能有效降低林内风速,阻止凋落物的移动,使凋落物得以保存在林内。所以针对多风地区的防护林,从有效聚集凋落物,保持林地养分平衡的角度考虑,以营造乔灌行间混交林为宜。

防护绿地枯枝落叶层各亚层贮量表现为未分解层>半分解层>完全分解层,以未分解层为主,完全分解层仅占很少甚至基本没有,与西藏色季拉山暗针叶林和滇石林喀斯特山地类似(钟国辉等,2004; 吴毅等,2007),与川西亚高山箭竹群落相反(马志贵等,1993; 齐泽民等,2004)。表明西北干旱区人工林由于气候干燥,降水稀少,冬季漫长,凋落物分解十分缓慢,不但严重制约防护绿地生态系统物质循环和养分利用,进而影响防护绿地的稳定性和可持续性,而且随着未分解凋落物的不断积累,也会增加林地火灾隐患(Hall et al., 2006)。针对此问题,建议今后应加强干旱区人工林凋落物分解调控技术的研究,以有效提高地力,维护林地养分平衡。

由杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、桤木(*Alnus cremastogyne*)、木荷(*Schima superba*)和福建柏(*Fokienia hodginsii*)等凋落叶分解过程的养分变化研究结果可知,不同树种凋落物养分含量不同(陈楚莹等,2004)。本研究发现,不同配置类型样地中,地表凋落物养分含量差异较大,认为这主要是由于树种组成不同所产生。据此在这里暂且分为寡营养凋落物树种和富营养凋落物树种。当寡营养凋落物树种与富营养凋落物树种相互配置时,(如新疆杨和紫穗槐混交)可使凋落物养分含量提高,有利于凋落物分解;当寡营养凋落物树种相互配置时(如新疆杨和胡杨)可降低凋落物养分含量,不利于凋落物分解。据此初步提出树种配置时应注意不同树种凋落物养分含量的互补,考虑富营养凋落物树种间及富营养凋落物树种和寡营养凋落物树种相互配置,避免寡营养凋落物树种间的配置。

乔灌行间混交方式林地不但其凋落物现存量显著大于其他配置方式,半分解层和完全分解层所占比例亦较高,大部分养分含量和贮量也均高于其他配置样地。这一方面如上述所分析,由于乔灌行间混交能形成比较均匀的复层结构,比其他配置方式的林地通透性低,大风不易将林内凋落物吹走,从而更易聚集凋落物;另一方面灌木相对于乔木更能提早郁闭,改变了林地内的光、温、水等条件,为凋落物的分解创造了比较适宜的小环境,此外这种配置类

型样地中均有豆科植物紫穗槐,根系具有根瘤菌,能固定空气中的N素,其自身器官也贮存较高含量的N,其C/N比相对其他配置类型低,这些均有利于地表凋落物的分解(林大仪,2002; Lin et al., 2006),加快养分的循环利用。

参 考 文 献

- 陈楚莹,汪思龙. 2004. 人工混交林生态学. 北京: 科学出版社, 114 - 116.
- 樊后保,苏素霞,卢小兰,等. 2003. 林下套种阔叶树的马尾松林凋落物生态学研究 III. 凋落物现存量及其养分含量. 福建林学院学报, 23(3): 193 - 197.
- 林大仪. 2002. 土壤学. 北京: 中国林业出版社.
- 逯军峰,王 辉,曹 靖,等. 2007. 不同林龄油松人工林枯枝落叶层持水性及养分含量. 浙江林学院学报, 24(3): 319 - 325.
- 马志贵,王金锡. 1993. 大熊猫栖息环境的森林凋落物动态研究. 植物生态学与地植物学学报, 17(2): 155 - 163.
- 潘开文,何 静,吴 宁. 2004. 森林凋落物对林地微生境的影响. 应用生态学报, 15(1): 153 - 158.
- 齐泽民,王开运,宋光煜,等. 2004. 川西亚高山箭竹群落枯枝落叶层生物化学特性. 生态学报, 24(6): 1230 - 1236.
- 盛炜彤. 2001. 人工林的生物学稳定性与可持续经营. 世界林业研究, 14: 14 - 21.
- 吴 毅,刘文耀,沈有信,等. 2007. 滇石林地质公园喀斯特山地天然林和人工林凋落物与死地被物的动态特征. 山地学报, 25(3): 317 - 325.
- 薛 立,何跃君,屈 明,等. 2005. 华南典型人工林凋落物的持水特性. 植物生态学报, 29(3): 415 - 421.
- 杨玉盛,郭剑芬,林 鹏,等. 2004. 格氏栲天然林与人工林枯枝落叶层碳库及养分库. 生态学报, 24(2): 359 - 367.
- 余广彬,杨效东. 2007. 不同演替阶段热带森林地表凋落物和土壤节肢动物群落特征. 生物多样性, 15(2): 188 - 198.
- 张德强,余清发. 1998. 鼎湖山秀风常绿阔叶林凋落物层化学性质的研究. 生态学报, 18(1): 96 - 100.
- 张继义,赵哈林. 2003. 植被(植物群落)稳定性研究评述. 生态学杂志, 22: 42 - 48.
- 张万儒,许本彤. 1990. 山地森林土壤枯枝落叶层结构和功能的研究. 土壤学报, 27(2): 121 - 131.
- 赵鸿雁,吴钦孝,刘国彬. 2003. 黄土高原人工油松林枯枝落叶层的水土保持功能研究. 林业科学, 39(1): 168 - 172.
- 郑 路,尹林克,胡秀琴,等. 2008. 准噶尔盆地城市新建防护绿地土壤养分和盐分的变化. 水土保持学报, 22(6): 48 - 51.
- 钟国辉,辛学兵. 2004. 西藏色季拉山暗针叶林凋落物层化学性质研究. 应用生态学报, 15(1): 167 - 169.
- Daufresne T, Loreau M. 2001. Ecological stoichiometry, primary

- producer – decomposer interactions, and ecosystem persistence. *Ecology*, 82(11) : 3069 – 3082.
- Greenway M. 1994. Litter accession and accumulation in a melaleuca-quinquenervia (Cav.) S. T. blake wetland in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 45(8) : 1509 – 1519.
- Hall S A, Burke I C, Hobbs N T. 2006. Litter and dead wood dynamics in ponderosa pine forests along a 160-year chronosequence. *Ecological Applications*, 16(6) : 2344 – 2355.
- Lin B, Liu Q, Wu Y, et al. 2006. Nutrient and litter patterns in three subalpine coniferous forests of western Sichuan, China. *Pedosphere*, 16(3) : 380 – 389.
- Meason D, Markewitz D, Wil R. 2004. Annual fertilization and interspecific competition control: effects on in situ forest floor nitrogen fluxes of different-aged *Pinus taeda* stands in southeast Georgia, USA. *Can J Forest Res*, 34(9) : 1802 – 1818.
- Sayer E J. 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews*, 80 : 1 – 31.
- Scott N A, Binkley D. 1997. Foliage litter quality and annual net N mineralization: comparison across North American forest sites. *Oecologia*, 111 : 151 – 159.
- Weltzin J F, Keller J K, Bridgham S D, et al. 2005. Litter controls plant community composition in a northern fen. *Oikos*, 110 : 537 – 546.
- Yang X D, Warren M, Zou X M. 2007. Fertilization responses of soil litter fauna and litter quantity, quality, and turnover in low and high elevation forests of Puerto Rico. *Applied Soil Ecology*, 37 : 63 – 71.

(责任编辑 于静娴)