

文章编号: 1000-5692(2007)03-0319-07

不同林龄油松人工林枯枝落叶层持水性及养分含量

逯军峰¹, 王 辉¹, 曹 靖², 袁宏波¹

(1. 甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州大学 干旱与草地农业生态教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 对小陇山林区不同林龄油松 *Pinus tabulaeformis* 人工林枯落物现存量、持水性及主要营养元素储存量的测定分析结果表明: 不同林龄油松人工林枯落物现存量为 12.23~18.78 t·hm⁻², 现存量均高于对照锐齿栎 *Quercus aliena* var. *acuteserrata* 林, 其中以 23 年生油松林的枯落物现存量最大, 为 18.78 t·hm⁻²; 不同林龄油松人工林枯枝落叶层的氮、磷、钾的质量分数分别为 8.56~11.40, 0.45~0.63 和 0.74~1.23 g·kg⁻¹, 30 年生油松林的氮、磷最高, 而钾最低; 油松人工林枯落物的氮、磷质量分数均低于锐齿栎林, 而钾高于锐齿栎林, 油松人工林枯落物的全氮、全磷和全钾平均储存量分别为 158.36, 8.44 和 15.92 kg·hm⁻², 全磷的储存量略小于对照锐齿栎林, 而全氮和全钾的储存量分别是锐齿栎林 1.31 和 2.99 倍。不同林龄油松人工林枯落物的自然含水率与饱和持水率均随林龄增加呈递增趋势, 且具有较好的拟合关系, 两者分别为 38.98%~59.22% 和 246.95%~300.33%, 30 年生油松林的自然含水率与饱和持水率分别达到 59.22% 和 300.33%; 油松人工林自然含水率的平均值略小于锐齿栎林, 而饱和持水率却低于锐齿栎林 ($P < 0.001$)。图 6 表 2 参 21

关键词: 土壤学; 油松; 人工林; 枯枝落叶层; 持水性能

中图分类号: S714.8 **文献标志码:** A

枯枝落叶层作为森林生态系统中独特的结构层次, 不仅是森林生态系统物质循环的重要环节, 而且具有良好的透水性和持水能力, 是实现森林涵养水源的主要作用层^[1], 在维持森林水量平衡方面起着非常重要的作用。国内外许多学者从森林枯落物的水源涵养功能^[2-6]、森林枯落物的动态和养分含量^[7,8]、影响森林枯落物分解的因子^[9,10]、枯落物对土壤理化性质的影响^[11,12] 等不同角度对森林枯落物进行了研究。在人工林生长过程中, 由于林分结构的变化和地表枯落物储存量与性质的差异, 造成枯枝落叶层的持水性能及其养分含量的差异^[13,14]。目前对不同林龄油松 *Pinus tabulaeformis* 人工林枯落物的持水性能及养分含量的变化研究较少。作者旨在通过对小陇山地区不同林龄油松人工林枯枝落叶层的水文作用及养分含量的研究, 揭示该林区油松人工林枯枝落叶层的现存量、持水性及养分含量的变化规律, 为油松人工林的可持续经营提供科学依据。

收稿日期: 2006-10-12; 修回日期: 2007-01-04

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2002CB111505); 甘肃省自然科学基金资助项目(3ZS051-A25-019)

作者简介: 逯军峰, 硕士研究生, 从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail: lujunfeng2004@yahoo.com.cn. 通信作者: 王辉, 教授, 博士, 从事荒漠化防治与恢复生态学等研究。E-mail: wangh@gsau.edu.cn

1 研究区自然概况

研究区地处秦岭西部山地, $34^{\circ}00' \sim 34^{\circ}40'N$, $105^{\circ}30' \sim 106^{\circ}30'E$, 海拔为 700~2 500 m, 相对高差 500~1 000 m。

该区属南暖温带与北亚热带的过渡地带, 气候温暖湿润, 年均气温为 $7.0 \sim 12.0^{\circ}C$, 极端最高气温 $39.2^{\circ}C$, 极端最低气温 $-23.2^{\circ}C$, $\geq 10^{\circ}C$ 积温 $2\ 444 \sim 3\ 825^{\circ}C$ 。年降水量 460~800 mm, 其中 70%~80% 集中分布于 7~9 月。降水年际变化较大, 枯、丰年降水量相差近 1 倍, 年蒸发量为 989~1 658 mm, 相对湿度 68%~78%。年日照时数为 1 520~2 313 h, 无霜期 120~218 d。区内地带性土壤在秦岭以北为灰褐土, 以南为黄褐土, 土层厚度为 30~60 cm, 土壤质地多属壤土、轻壤土和粉土, pH 6.5~7.5。

研究对象油松人工林是在次生锐齿栎 *Quercus aliena* var. *acuteserrata* 林采伐迹地上营造而成的, 多为混交林。林下阔叶树种主要以锐齿栎, 山杨 *Populus davidiana*, 青杨 *P. cathayensis*, 漆树 *Toxicodendron verniciflum* 为主。灌木层主要由绣线菊 *Spiraea fritschiana*, 榛子 *Corylus heterophylla*, 美丽胡枝子 *Leaspedeza formosa*, 盘叶忍冬 *Lonicera tragophylla*, 中华绣线梅 *Neillia sinensis*, 栓翅卫矛 *Euonymus phellomana*, 青荚叶 *Helwingia japonica* 及野蔷薇 *Rosa multiflora* 等构成。林内草本层发育较弱, 草本植物以禾本科 Gramineae, 菊科 Compositae, 豆科 Leguminosae 为主。该次调查的林分的基本情况详见表 1。

表 1 调查林分基本情况

Table 1 The basic conditions of the sampling plots

林龄/a	密度/ (株·hm ⁻²)	平均胸径/ cm	平均树高/ m	阔叶树种 比例/%	灌木盖度/ %	郁闭度	枯枝落叶层 厚度/cm
7	3 225	3.0	3.5	10	60	0.44	3.6
10	3 600	5.5	6.1	15	53	0.68	4.4
16	1 725	10.2	9.6	12	50	0.55	4.6
23	1 500	12.6	11.2	0	25	0.63	5.0
30	1 440	16.5	13.0	20	< 10	0.71	4.7
30 SF	3 203	13.5	11.9	100	< 5	0.85	4.5

说明: 7, 10, 16, 23, 30 30 SF 分别代表 7, 10, 16, 23, 30 年生油松人工林和 30 年生锐齿栎次生林。

2 研究方法

2.1 枯枝落叶层现存量的测定

在海拔、坡度和坡向等环境因子基本一致的 7, 10, 16, 23 和 30 年生油松人工林中设置典型样地, 并以 30 年生锐齿栎林作对照。在每个典型样地内沿对角线设置面积为 $0.40\text{ m} \times 0.25\text{ m}$ 的枯枝落叶层样方 12 个。先测定枯枝落叶层的厚度, 然后把小样方内枯枝落叶层按未分解层、半分解层、完全分解层分别取样(分层标准: 未分解层, 由新鲜枯落物组成, 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; 半分解层, 叶无完整外观轮廓, 多数枯落物已经粉碎, 叶肉被分解成碎屑; 完全分解层, 已不能辨识原形), 带回实验室进行分类烘干称量。现存量取旱季末和雨季末的平均值。

2.2 枯枝落叶层营养元素的测定

将烘干的样品粉碎, 装瓶, 备用。测定营养元素时, $105^{\circ}C$ 温度下烘至恒量, 准确称取样品。主要营养元素的测定方法如下: 全氮用凯氏定氮法测定; 湿式灰化 ($HClO_4 + HNO_3$) 后, 用原子吸收分光光度计测定全钾含量; 全磷用比色法测定; 浓硫酸-重铬酸钾法测定碳含量; 高温灰化法测定灰分含量。

2.3 枯枝落叶层持水量的测定

2.3.1 自然含水量 在标准样地内沿对角线设置面积为 $0.2\text{ m} \times 0.2\text{ m}$ 的枯枝落叶层样方 12 个, 将枯枝落叶层整层取下, 清除土壤颗粒, 称其鲜质量, 带回实验室, $105\text{ }^\circ\text{C}$ 下烘至恒量, 称其干质量。计算方法是:

$$c = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%; C = R \times c。$$

其中: c 为枯落物自然含水率(%); m_1 为样品鲜质量(g); m_2 为样品干质量(g); C 为自然含水量($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$); R 为现存量($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

2.3.2 饱和持水量 取样方法同上。将一定量(50 g 左右)的枯枝落叶用细纱布包裹后放入水中浸泡 24 h, 待水滴干后迅速称量, 然后在烘箱中 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 烘至恒量, 测定干质量。每次取样 12 次重复, 计算方法为:

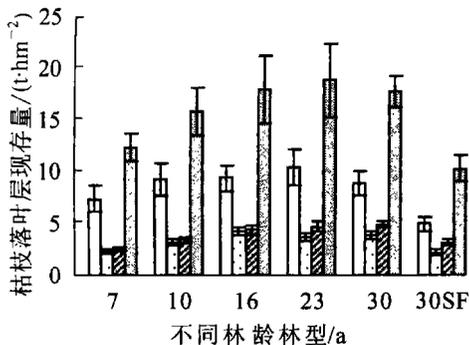
$$s = \frac{m'_1 - m'_2}{m'_2} \times 100\%; S = R' \times s。$$

其中: s 为枯落物饱和持水率(%); m'_1 为样品吸水后的饱和质量(g); m'_2 为样品干质量(g); S 为饱和持水量($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$); R' 为现存量($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

3 结果与分析

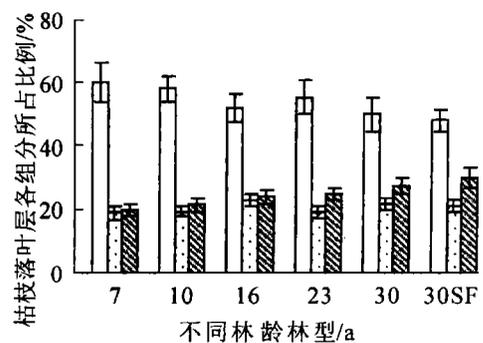
3.1 不同林龄油松人工林枯落物现存量

森林枯落物地表现存量是单位面积林地上枯落物所积累的数量。人工林枯枝落叶层枯落物积累量的多少受林龄、林分密度、气候和物候因子影响, 并与人类经营活动的强弱有关。对不同林龄油松人工林枯落物现存量及层所占比例进行分析测定, 结果如图 1 和图 2 所示。从图 1 和图 2 可以看出: 不同林龄油松人工林林地枯落物的现存量与林龄基本呈正相关关系, 现存量为 $12.23 \sim 18.78\text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 但 30 年生油松人工林枯落物现存量仅与 16 年生油松人工林枯落物现存量相当。分析认为: 这主要是因为 30 年生油松人工林中阔叶树种所占比例较大, 另一方面, 人工林的恢复促进了枯枝落叶层的发育使其枯落物的分解速率加快。该研究中的油松人工林枯落物的现存量低于刘广全等^[3] 在秦岭的研究结果($20.609\text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$), 这种差异主要是由于林分密度以及环境因子不同造成的。不同林龄油松人工林枯落物现存量均高于对照锐齿栎林枯落物现存量, 平均现存量是锐齿栎林的 1.61 倍, 这与油松和锐齿栎林枯落物本身的化学物理性质的差异有关。油松针叶质地较硬, 氮、磷、灰分、碳与氮比值等影响枯落物分解的因子与锐齿栎林枯落物有较大差别, 且由于针叶林枯枝落叶层的 pH 较低, 影响了微生物的正常发育和活动, 导致林地枯枝落叶分解速度缓慢所致; 随着林龄的增加, 油松人工林的未分解层所占的比例呈减小趋势, 而半分解和已分解层所占的比例相应增加, 30 年生油松人工林未分解层减小到 50.3%, 已分解层所占比例增加到 27.6%。可见油松人工林的生态恢复促进了枯枝落叶层



□ 未分解层 □ 半分解层 ▨ 已分解层 □ 合计

图 1 不同样地枯枝落叶层现存量



□ 未分解层 □ 半分解层 ▨ 已分解层

图 2 不同样地枯枝落叶层各组分所占比例

Figure 1 Pools of litter layers in different plots

Figure 2 Proportion of different layers in different plots

的发育。

3.2 主要营养元素现存量

枯枝落叶层是森林生态系统中植被和土壤2个亚系统之间物质循环和能量转换的中间环节,所以有必要分析枯枝落叶层营养元素的含量、积累量与动态^[15,16]。测定结果表明(图3),随着林龄的增加,油松人工林枯枝落叶层的全氮和全磷的储存量呈递增趋势,30年生油松林的全氮和全磷储存量最大,分别为201.25和11.12 kg·hm⁻²,而全钾储存量较小,这与30年生油松林内枯落物中阔叶所占比例大,枯落物易风化破碎造成离子态的钾通过淋溶作用大量转移到土壤中,所以其枯落物中的钾质量分数较其他林龄油松林分低(图4)。油松人工林枯枝落叶层的全氮、全磷和全钾的平均储存量分别为158.36, 8.44和15.92 kg·hm⁻²,与高甲荣等^[17]在黄土高原对油松的研究相比,氮和磷的储存量较高(73.39, 4.52 kg·hm⁻²)而钾的储存量较低(47.90 kg·hm⁻²)。与对照相比,全磷的平均储存量略小于锐齿栎林,而全氮和全钾的平均储存量分别是锐齿栎林的1.31和2.99倍。这种差异主要是因为林分组成和枯落物性质不同所造成的。

枯落物的化学成分对枯枝落叶层的分解速率有非常重要的影响。大量研究表明,枯落物中氮和磷质量分数和灰分质量分数愈高,碳质量分数及碳氮比值愈低,枯枝落叶的分解速率将愈高^[19-22]。本研究结果表明(图4,图5),不同林龄油松人工林枯枝落叶层的氮、磷和钾质量分数分别为8.56~11.40, 0.45~0.63和0.74~1.23 g·kg⁻¹,30年生油松人工林枯枝落叶层的氮和磷质量分数和灰分质量分数均高于其他林龄油松人工林,而碳和氮比值低于其他林分,所以其分解程度较其他林分高。油松人工林枯落物的氮、磷和灰分质量分数均低于锐齿栎林,而钾质量分数与碳和氮比值高于锐齿栎林。可见,油松林与锐齿栎林枯落物化学性质的差异非常明显,其枯落物本身的性质决定了其分解速率的差异,从而导致其现存量与营养元素储存量的差异。

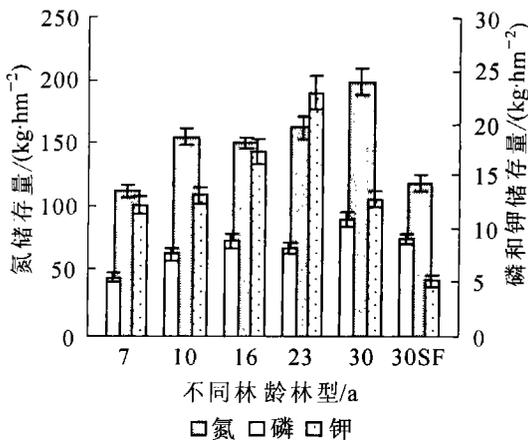


图3 枯枝落叶层主要营养元素储存量

Figure 3 Accumulation of main nutrients of litter layers

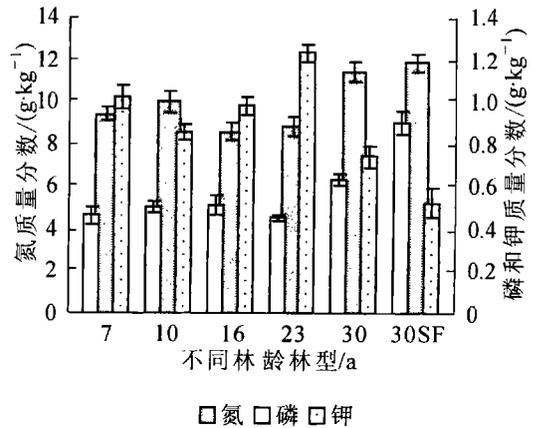


图4 枯枝落叶层主要营养元素质量分数

Figure 4 Contents of main nutrients of litter layers

3.3 不同林龄油松人工林枯枝落叶层的持水特征

3.3.1 自然含水量 枯枝落叶层的自然含水量是反映单位干物质在自然状况下的持水能力,受气候和林分等因素的影响。一般而言,枯枝落叶层不同分解层次的蓄水量大小的一般顺序是:已分解层>半分解层>未分解层。由表2可知,随着林龄的增加,不同林龄油松人工林枯落物的自然含水率呈递增趋势,30年生油松林枯枝落叶层的自然含水率达到最大值59.22%,23年生油松林由于无阔叶树种造成自然含水率有所减小。油松人工林的平均自然含水率略小于锐齿栎林。油松人工林枯枝落叶层的自然含水量为4.77~10.45 kg·hm⁻²,平均自然含水量是锐齿栎林的1.54倍。这种差异一方面与油松人工林枯枝落叶层分解慢,现存量较大有关;另一方面,也与锐齿栎林枯落物腐化、土化程度较高,导致测定数据偏小有关。

3.3.2 饱和持水量 枯枝落叶层的饱和持水率与林分类型、蓄积量、分解状况和林内微环境有关。

一般而言, 枯枝落叶层蓄积量大, 层次厚, 分解快, 分解彻底, 则饱和持水率越大。研究结果表明(表 2), 随林龄的增加饱和持水率为 246.95%~300.33%, 30 年生油松人工林达到最大值 300.33%, 这是由于随着林龄的增加, 生态恢复促进了枯枝落叶层的发育, 半分解、已分解层所占比例相应增加, 枯枝落叶层的持水性能因此增强。研究中饱和持水率小于刘广全等^[3]的研究, 这是因为刘广全等人研究的是天然林分, 其林分结构和与枯枝落叶层发育程度都与人工林不尽相同。23 年生油松人工林饱和持水率小于 10 年生和 16 年生油松林, 这是因为 23 年生油松林经过抚育间伐, 林内无阔叶树种, 其枯落物分解速度慢, 未分解层所占比例大等原因造成的。虽然人工林的饱和持水率随着林龄增加而增加, 但均小于次生锐齿栎林的饱和持水率(352.46%), 各林龄油松人工林与锐齿栎林的饱和持水率差异极显著($P < 0.001$)。这种差异是由枯落物本身的性质差异以及林分差异造成的。不同林龄油松人工林的最大持水量为 30.20~53.01 $t \cdot hm^{-2}$, 分别是自身干质量的 2.47~3.00 倍, 相当于 3.020~5.301 mm 的水深。可见枯枝落叶层涵养水源的作用极为显著。

数学分析表明, 不同林龄枯枝落叶层自然含水率与饱和持水率变化趋势相同, 且具有很好的拟合关系(图 6), 其关系表达式为: $S = 2.6257 C + 135.86$ ($r = 0.9023, n = 5$)。其中 S 为饱和持水率, C 为自然含水率。

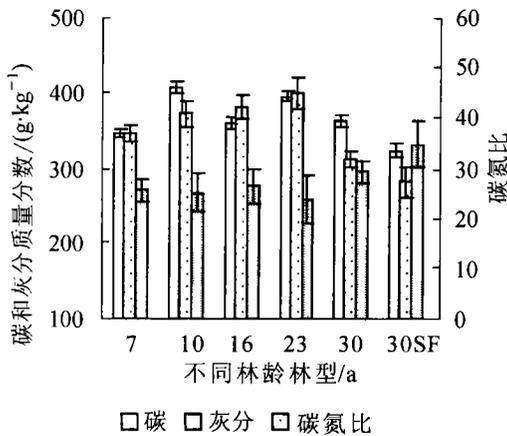


图 5 枯枝落叶层碳、灰分及碳氮比率

Figure 5 Contents of C, Ash and ratio of C/N of litter layers

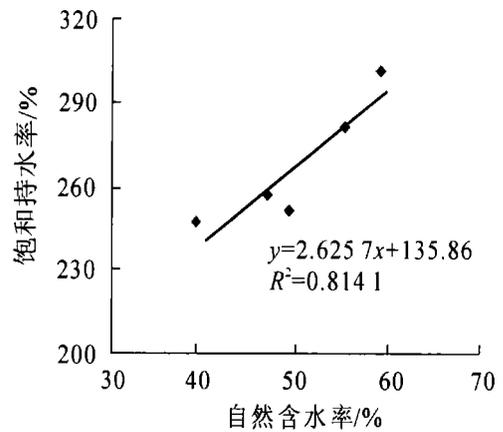


图 6 枯枝落叶层自然含水率与饱和持水率关系

Figure 6 Relation of water content and the saturate water-holding of litter

表 2 枯枝落叶层的持水特征

Table 2 Characteristics of water holding capability of the litter layers

林龄/a	自然含水率/%	饱和持水率/%	自然含水量/($t \cdot hm^{-2}$)	饱和持水量/($t \cdot hm^{-2}$)
7	39.98 ± 2.18	246.95 ± 9.96	4.77 ± 0.22	30.2 ± 2.69
10	46.85 ± 3.60	256.67 ± 10.55	7.41 ± 0.40	40.58 ± 4.04
16	55.23 ± 2.24	280.26 ± 7.58	9.86 ± 0.29	50.05 ± 3.20
23	49.34 ± 3.71	250.51 ± 10.20	9.27 ± 0.52	47.05 ± 2.83
30	59.22 ± 2.57	300.33 ± 8.35	10.45 ± 0.47	53.01 ± 3.79
30SF	53.20 ± 2.38	352.46 ± 14.79	5.44 ± 0.40	36.02 ± 4.18

说明: 7, 10, 16, 23, 30 30SF 分别代表 7, 10, 16, 23, 30 年生油松人工林, 30 年生锐齿栎次生林。

4 结论

小陇山油松人工林的枯落物现存量 12.23~18.78 $t \cdot hm^{-2}$, 其中, 30 年生油松人工林枯落物现存量仅与 16 年生油松人工林枯落物的现存量相当。这与其林分中阔叶树种所占比例较高有关。

不同林龄油松人工林枯枝落叶层的氮、磷和钾的质量分数分别为 8.56~11.40, 0.45~0.63 和 0.74~1.23 $g \cdot kg^{-1}$, 30 年生油松人工林枯枝落叶层的氮和磷质量分数最高, 而钾低于其他林分; 油松人工林枯枝落叶层全氮、全磷和全钾的平均储存量分别为 158.36, 8.44 和 15.92 $kg \cdot hm^{-2}$, 全氮和全

钾储量分别是对照锐齿栎林的 1.31 和 2.99 倍, 全磷的储存量略小于锐齿栎林。

随着林龄的增加, 油松人工林枯枝落叶层的自然含水率与饱和含水率均呈递增趋势, 且具有较好的拟合关系, 两者分别在 38.98%~59.22%和 246.95%~300.33%, 30 年生油松林的自然含水率与饱和含水率分别达到最大值 59.22%和 300.33%; 油松人工林的平均自然含水率略小于锐齿栎林, 而饱和含水率却显著低于锐齿栎林 ($P < 0.001$)。

油松人工林枯枝落叶层的分解程度与森林的进展演替和阔叶树种的引入密切相关, 不仅影响着人工林综合效益功能的发挥程度, 也是衡量其森林生态系统恢复效果的重要指标。为此, 在营造油松人工林和其他针叶林时, 注重阔叶树种的合理搭配, 是充分提高林地涵养水源功能和生态效益的有效途径之一。

参考文献:

- [1] 吴钦孝, 赵鸿雁, 刘向东, 等. 森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 23-28.
- [2] 张洪江, 程金花, 史立虎, 等. 三峡库区 3 种林下枯落物储量及其持水特性[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 55-58.
- [3] 刘广全, 王浩, 秦大庸, 等. 黄河流域秦岭主要林分凋落物的水文生态功能[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 55-62.
- [4] 刘少冲, 段文标, 赵雨森. 莲花湖库区几种主要林型枯落物层的持水特征[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(2): 81-86.
- [5] 程金花, 张洪江, 史玉虎. 林下地被物保水保土作用研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(2): 96-97.
- [6] 薛立, 何跃君, 屈明, 等. 华南典型人工林凋落物的持水特性[J]. 植物生态学报, 2005, 29(3): 415-421.
- [7] 张冀, 汪有科, 吴钦孝. 黄土高原几种主要森林类型的凋落及其过程比较研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 91-94.
- [8] 林德喜, 樊后保. 马尾松林下补植阔叶树后森林凋落物量、养分含量及周转时间的变化[J]. 林业科学, 2005, 41(6): 7-15.
- [9] 林波, 刘庆, 吴彦, 等. 森林凋落物研究进展[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 60-64.
- [10] 陈金林, 吴春林, 姜志林, 等. 栎林生态系统凋落物分解及磷素释放规律[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(4): 367-371.
- [11] 徐秋芳, 钱新标, 桂祖云. 不同林木凋落物分解对土壤性质的影响[J]. 浙江林学院学报, 1998, 15(1): 27-31.
- [12] 林波, 刘庆, 吴彦, 等. 川西亚高山针叶林凋落物对土壤理化性质的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(4): 346-351.
- [13] 项文化, 田大伦. 不同年龄阶段马尾松人工林养分循环的研究[J]. 植物生态学报, 2002, 26(1): 89-95.
- [14] 林波, 刘庆, 吴彦, 等. 川西亚高山人工针叶林枯枝落叶及苔藓层的持水性能[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(3): 234-238.
- [15] BINKLEY D. *Forest Nutrition Management* [M]. New York: John Wiley and Sons, 1987: 1-174.
- [16] CHARLES K. *Ecology-The Experimental Analysis of Distribution and Abundance* [M]. 3 rd. New York: Harper Collins Publishers, 1992: 668-702.
- [17] 高甲荣, 张东升, 肖斌, 等. 黄土区油松人工林生态系统营养元素分配格局和积累的研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(1): 26-30.
- [18] ATTIWILL P M, ADAMS M A. Nutrient cycling in forests [J]. *New Phytol*, 1993, 124: 561-582.
- [19] BERG B. The influence of experimental acidification on nutrient release and decomposition rate of needle and root litter in the forest floor [J]. *For Ecol Manage*, 1986, 15(3): 195-213.
- [20] NAGY L A, MACAULEY B J. *Eucalyptus* leaf litter decomposition: effects of relative humidity and substrate moisture content [J]. *Argic Ecosyst Enviro*, 1982, 14: 233-236.
- [21] PRESCOTT C E. Influence of forest floor type on rates of litter decomposition in microcosms [J]. *Soil Biol Biochem*, 1996, 28(10/11): 1319-1325.

Water holding capacity and nutrients of litter layers in a *Pinus tabulaeformis* plantation at different ages in Mount Xiaolong of Gansu

LU Jun-feng¹, WANG Hui¹, CAO Jing², YUAN Hong-bo¹

(1. College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Key Laboratory of Arid and Grassland Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: The standing stock, nutrient content, and water holding capacity from litter layers of a *Pinus tabulaeformis* (oil pine) plantation at different ages (7, 10, 16, 23 and 30 years old) were compared with the control (*Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forest). Results showed that the plantation standing stock at different ages ranged from 12.23 to 18.78 t[°]hm⁻² and was higher than that of the control. Macronutrients in the litter layer of the plantation at different ages varied between 8.56–11.40 g[°]kg⁻¹ for N, 0.45–0.63 g[°]kg⁻¹ for P, and 0.74–1.23 g[°]kg⁻¹ for K. In forest litter of the *P. tabulaeformis* plantation, N and P were less than that of the control, but K was higher. The average nutrient content in forest litter of the *P. tabulaeformis* plantation was 158.36 kg[°]hm⁻² for N, 8.44 kg[°]hm⁻² for P, and 15.92 kg[°]hm⁻² for K. P in the plantation was a little less than the control; but N and K were 1.31 and 2.99 times greater, respectively. In both *P. tabulaeformis* and *Q. aliena* var. *acuteserrata* plantations, water content, ranging from 38.98% to 59.22%, and saturated water-holding capacity, ranging from 246.95% to 300.33%, increased with age, and both were maximum in the 30-year-old plantation. The average water content of the plantation was slightly less than the secondary forest, but the saturated water-holding of the plantation was lower. [Ch. 6 fig. 2 tab. 21 ref.]

Key words: pedology; *Pinus tabulaeformis*; plantation; litter layer; water holding capacity