

不同集材方式对森林土壤理化性质的影响

郭建钢 周新年 丁艺

(福建林学院森工系, 南平 353001)

粟金云 邱仁辉

(南京林业大学) (福建林学院)

摘要 分析了常见集材方式(拖拉机、索道和滑道)对森林土壤理化性质的影响。结果表明:①拖拉机集材严重改变了土壤的硬度、容重和通透性,使伐区有机质含量下降 10.4%;②索道集材的主沟内总孔隙度和有机质含量分别降低 3.7% 和 3.614%,主沟外变化很小;③各类滑道对土壤的影响以塑料滑道最小,土滑道最大。为了减少集材作业对土壤的侵害,文章提出一些减少土壤侵害的技术措施。

关键词 集材; 森林; 土壤; 土壤物理性质; 土壤成分
中图分类号 S776.323

土壤是森林生长的基础。土壤为林木提供养分的能力主要依赖于土壤中的有机质、矿物质以及影响有机质和矿物质的因素,如气候和经营措施等。采运作业作为一项森林经营措施必然导致土壤扰动,引起其理化性状的变化。研究表明:集材作业对土壤的影响最大。因此研究集材方式对林地土壤的扰动,进而探索森林的重建和恢复,成为生态采伐作业的重要课题之一。

1 土样采集和研究方法

土样采集和研究方法见文献 [1]

2 集材对土壤物理性状的影响

集材对林地土壤影响分为垂直扰动和压实。垂直扰动包括森林枯落物层(A₀层)的移动,地被物层和表土层(A₁层)的混合,表土层和心土层(B层)的混合,心土层的移动使母质层(C层)暴露,以及有时造成的部分母质移动。土壤的垂直扰动和压实将随原森林土壤含水

收稿日期: 1997-01-23

第 1 作者简介: 郭建钢,男,1962年生,副教授,博士生

率、物理性状、迹地坡度、作业时间、集材机械的行走次数和机械质量等的不同而变化^[2,3]。因此,集材方式是生态采伐作业的主导因子。为了减少集材作业对土壤的侵害和由此所造成的水土流失,采伐前应设置缓冲带,优化集材方式和设备,使土壤侵蚀程度控制在尽可能小的范围内。

目前我国常用的集材方式主要有拖拉机集材、绞盘机集材、架空索道集材、滑道集材和人畜力集材。这些集材作业对土壤的扰动主要表现在集材路面的挖方、填方和集材车行道的各种侵害等 3 方面^[4]。

2.1 拖拉机集材

拖拉机集材使 82%~87% 的伐区面积受到不同程度的扰动,尤其在集材道上,表土层和心土层严重移动,造成土壤多项物理性质改变,如土温升高、团粒结构破坏和孔隙度减少等,从而使土壤表土层冲刷流失或与心土层混杂,表面压实土壤含水率减少等。此外由于压实,削弱了养分离子的扩散和团流活动,影响养分矿质化。总之,不良的土壤物理条件,减少了土壤生物体(如土壤动物和微生物)的有利活动。

2.1.1 硬度变化 对轮式和履带式拖拉机原条集材采伐迹地的土壤硬度研究表明:对土壤硬度影响最大的是拖拉机行走次数。当次数小于 100 次时,在 0~30 cm 的深度上,土壤硬度变化很大,随着深度的增加,土壤硬度受集材影响越来越小,当深度大于 40 cm 时,硬度变化很小。当行走次数大于 100 次后,不管在哪一深度上,土壤硬度变化都较小。研究结果还表明:轮式集材机轮胎宽度越大,影响越小;轮式集材机比履带式集材机的影响小。因此建议用宽轮胎拖拉机进行集材^[5]。

2.1.2 容重变化 对拖拉机集材在排水不良伐区上所造成的辙沟和排水良好伐区上所造成的压实情况的研究表明:轮式拖拉机造成的辙沟深度为 35.6 cm,路肩高度为 22.8 cm,使 90% 以上的肥沃心土层或被裸露或被覆盖。两轮间和路肩上的土壤容重与非集材道上相比虽无明显变化,但辙沟处的土壤容重则增大 15.0%。集材道上轮胎压实使土壤下沉 15.2 cm,两轮间土壤下沉 7.4 cm,轮胎压实面积占路面 82.0%,无裸露心土层。压实处土壤容重增大 19.6%,而且由于拖集原木,使表土层的移动较大。因此,拖拉机集材严重影响林木根系生长^[6,7]。集材道和非集材道上的土壤容重、非毛管孔隙度及饱和水导性见表 1。

表 2 不同试验区表土层(0~20 cm)的土壤平均容重、非毛管孔隙度和饱和水导性

Table 1 Average soil bulk density, macropore space, and saturated hydraulic conductivity in different sites

试验处理	容 重		非毛管孔隙度		饱和水导性	
	数值 /g·cm ⁻³	增减率 /%	数值 /%	增减率 /%	数值 /cm ³ ·h ⁻¹	增减率 /%
辙沟试验处						
非集材道	1.04		7.80		8.89	
集材道	1.20	15.4	4.70	-39.7	0.76	-91.5
压实试验处						
非集材道	0.97		9.50		18.80	
集材道	1.16	19.6	7.00	-26.3	2.29	-87.8

说明: 增减率 % = [(集材道数值 - 非集材道数值) / 非集材道数值] × %

2.1.3 孔隙度的变化 车辆行走使土壤变硬,孔隙度减小,影响土壤通透性。辙沟使土壤非毛管孔隙度下降到原孔隙度的 60.3%,压实使其下降到 73.7% (表 1)。在兴安落叶松皆伐迹

地上的研究也得到类似结论。当轮式和履带式拖拉机行走 400次左右时, 10.0 cm 深处的孔隙度下降 71.7% 和 75.5%。

2.1.4 饱和水导性(渗透速度)的变化 饱和水导性是反映土壤排水性能的量化指标。辙沟使平均渗透速度下降 91.4%, 而压实为 87.8%。辙沟和压实使渗透速度大幅度降低, 严重影响伐区排水性能。集材道处地下水位与非集材道相比升高 43~64 cm

拖拉机集材所造成的压实和辙沟严重破坏了土壤的通透性, 阻碍林木根系的生长。因此建议在排水不良地区用其他集材方式(如索道)替代拖拉机集材。

2.2 索道集材

2.2.1 孔隙度变化 在没有合适活立木和伐根时, 常用地锚来支架钢索。故修建机房和地锚时, 使土壤孔隙度减小。据作者在福建沙县、邵武等地的研究, 修建绞盘机房。上支点和下支点处理地锚时, 0~10 cm 处的土壤总孔隙度分别减小 18.2%、7.9% 和 12.6%。在闽北松阔混交林全悬伐倒木索道集材试验地上, 对主沟内外和对照区的土壤(0~10 cm) 研究表明: 土壤总孔隙度分别减少 3.7% 和 1.9%, 非毛管孔隙分别减小 2.6% 和 0.6%。与对照区比较, 主沟内非毛管孔隙率与毛管孔隙率的比值(0.29) 降低 0.04, 但主沟外(0.33) 无变化。因此索道集材造成的主沟使表层土壤趋向板结, 土壤通气性变差

2.2.2 水土流失 全悬集材时, 木材不与地面接触, 且在同一采伐迹地上横向拖集次数(2~3次) 少, 对土壤和幼树影响小。但半悬集材木材沿主线地表呈半悬空状态拖移, 造成枯落物和表土层的严重移动, 影响林木更新和水土流失。尽管不同地区影响更新的效果不同, 但造成水土流失现象却普遍严重

据试验, 半悬集材单位长度土壤年流失量与坡度、坡长的二元线性回归方程为^[4]:

$$\hat{y} = 1.0237x_1 + 0.00545186x_2 + 0.1226637x_2^2$$

其中: \hat{y} 为平均单位长度年流失量 / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$, x_1 为坡长 / m, x_2 为平均坡度

2.3 滑道集材

各种滑道(土滑道、木滑道、竹滑道和塑料滑道)集材对土壤物理性质的影响主要表现为修建滑道和木材运行时对土壤的冲击两方面。

2.3.1 修建滑道造成的水土流失 修建滑道需挖掘土壤和移动植被, 造成大量枯落物和表土移动, 使心土层甚至母岩裸露, 造成水土严重流失。修建滑道造成的破坏与滑道长度有关, 不同滑道对土壤的破坏情况见表 2 其中: y 为林地破坏面积 / m^2 ; x 为滑道长度 / m

表 2 不同滑道对土壤的破坏情况

Table 2 Effects of different kinds of chute on soils

滑道类型	破坏面积和滑道长度的关系	挖土深度 / cm	挖土宽度 / cm
土滑道	$y = 5.34094x + 0.023411x^2$	12~24	20~30
竹滑道	$y = 10.23019x + 0.23113x^2$	12~26	20~30
木滑道	$y = 14.36925x + 0.24954x^2$	12~26	20~30

2.3.2 木材运行时对土壤的冲击 木材在土滑道中运行时会对滑道两侧及底部土壤产生冲击, 使滑槽加宽, 滑槽内土壤疏松, 加剧土壤流失。木、竹滑道和塑料滑道集材时, 木材不与土壤直接接触, 对土壤无冲击, 但在集材作业完成拆除滑道材料后, 使土壤裸露和疏松, 也会造成水土流失。据研究, 各种集材滑道对土壤扰动最小的是塑料滑道, 最大的是土滑道、木

竹滑道居中。但应注意的是: 集材作业完成后, 滑道材料对森林生态系统的影响和塑料对林地土壤的毒害等问题不可忽视。目前尚未见到有关方面研究的报道。

3 集材对土壤化学性状的影响

集材作业改变了土壤的水热条件, 直接影响土壤中生物活动过程, 导致有机物质的分解与积累, 养分元素的释放与转化等一系列过程异常。采伐迹地土温升高, 对微生物活动有利, 使有机质分解加快, 加速营养物质的释放。

3.1 有机质含量变化

3.1.1 拖拉机集材 集材作业在改变土壤物理性状的同时, 也改变了土壤的有机质含量。轮式拖拉机集材对施业区内不同区域的有机质影响见表 3 与非集材道(未受干扰区)的有机碳和有机质含量相比, 主集材道上有有机碳和有机质含量分别下降 5.7% 和 10.4%, 副集材道上分别下降 5.3% 和 10.3%, 装车场内(使用小型装载机)分别下降 4.3% 和 8.2%。

表 3 不同区域有机质含量(平均值±标准差)

Table 3 Organic carbon, organic matter of 0-100 mm soil depth on snig tracktracks and log landing

样 地 位 置	有机碳含量 %	有机质含量 %
未受干扰区	10.7±0.9	24.6±3.0
主集材道	5.0±0.5	14.2±1.1
副集材道	5.2±1.3	14.3±1.5
装 车 场	6.2±0.7	16.4±1.5

有机物质促进了土壤结构的形成和稳定性, 因此, 由于集材作业, 使伐区林地土壤有机碳和有机质下降, 降低其土壤团聚稳定性, 增加土壤冲刷的可能性。同时, 由于有机物质的下降, 改变了土壤孔隙的分布和土壤保水特性, 影响土壤肥力和保水能力。

采伐迹地土壤有机质增补的主要形式是枯落物的分解和原林下土壤腐殖质的消耗。据伐后逐年有机质含量分析可得: 伐后 5 a 内急剧下降, 5 a 后又回升。原因是采伐迹地土壤裸露, 加快有机质分解, 一部分被淋失, 一部分被消耗。5 a 后次生灌木生长旺盛, 又通过其凋落物的加入, 使土壤有机质回升。

3.1.2 索道集材 在全悬伐倒木索道集材试验地上, 对主沟内外和对照区的表土层(0-10 cm)分析表明: 与对照区有机质含量(3.614%)相比, 主沟外有机质含量(3.439%)相差甚微, 而主沟内土壤有机质降低 0.391%。

3.2 主要养分元素的变化

3.2.1 氮素的变化 皆伐后土壤矿物质矿化作用加强, 高温下枯落物加速分解, 使氮含量增加, 但 2 a 后急剧下降。主要原因是土壤失去原植被的保护, 氮元素随土壤表土大量流失, 5 a 后又逐年回升^[8]。但据闽北松阔混交林小面积皆伐迹地上皆伐 6 个月后的研究发现, 表土层的全氮和水解氮分别下降 0.029% 和 20 mg·kg⁻¹。这是否与研究时间长短有关, 有待进一步证实。

3.2.2 磷素的变化 据作者的研究和其他研究报道, 采伐后前 5 a, 采伐迹地各土层全磷和速效磷的变化甚微。其原因可能是与土壤中的铁含量有关。铁能固定磷, 变成磷酸铁盐, 使磷的活性大大减弱, 植物也难以吸收。

3.2.3 钾素的变化 采伐6个月,表层土壤的速效钾下降 $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 5 a内随着年数的增加,钾元素全量的损失以 0.01%递增,5 a后钾的损失加快。这可能与次生灌木滋生,需要大量钾供茎叶生长有关。

4 结论

不同集材作业方式对林地土壤侵害程度不同。为了减小集材作业的伤害,应做到以下几点:

4.1 制定允许的土壤最大侵害值

为了便于监督、指导采伐作业,减少森林地力损失,消除不必要的林地侵害,有必要规定集材道和整个施业区由集材引起的最大侵害值。加拿大森工委员会制定并推荐的采集作业对土壤侵害问题的标准值得我们借鉴。

4.2 从森林综合效益出发择优集材方式

不同集材方式有其各自的特点和适用条件,因此应根据森林类型(生态林、多功能林和商用林)、具体山场和当地经济条件选择合适的集材方式。据南方集体林区条件,应推广使用滑道集材和适当增加畜力集材。

4.3 加强伐区作业规划和管理

4.3.1 集材机械分散问题 在缓破和干燥地区,它可减少同一地点的行走次数,改善土壤压实,降低侵害程度,且有利于森林天然更新。因此从客观上把采伐和更新结合起来。但在湿润和结构较好的土壤上,集材机械分散会造成大面积辙沟,故应限制使用。在陡坡,出于安全考虑,也应限制它的使用。

4.3.2 尽量选用小型集材机械 与常规集材机相比,小型机械所需路面较窄。小型机械所需路面较常规集材机窄 25%,修建集材道时对土壤的破坏程度较轻。如再采用加宽轮胎,可大大减轻土壤的压实。

4.3.3 推广使用各种索道集材 在大多数地区,索道集材能满足对林地的扰动小的要求。全悬索道横向集材时,对林地的扰动很小。半悬集材为林木天然更新和幼苗生长创造良好的条件,但要控制木材和土壤的接触次数和范围,并避开雨季作业,以减少水土流失。

4.3.4 充分利用季节特点 不管是山地或内陆,冬季由于冰雪的物理性保护,修建集材道和集材作业对集材道的压实和辙沟的形成都比夏季减少 50%左右。因此伐区作业时应充分利用季节优势,减少对林地土壤的侵害。

参 考 文 献

- 1 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 62~ 136; 51~ 524
- 2 Rab M A. Changes in physical properties of a soil associated with logging of *Eucalyptus regnans* forest in south eastern Australia. *For Eco Manage.* 1994, **70**: 215~ 229
- 3 Aust W M, Tippett M D. Compaction and rutting during harvesting affect better drained soil more than poorly drained soil on wet pine plats. *South J Appl For*, 1995, **18**(2): 72~ 77
- 4 林涛. 闽北地区采伐作业系统研究: [博士学位论文]. 南京: 南京林业大学, 1996
- 5 赵秀海, 范秀华, 张伟森. 拖拉机对集材道土壤及苗木生长影响的研究. *林业科学*, 1994, **30**(2): 158~ 164
- 6 Gent J A, Ballard R, Hassan A E, et al. Impact of harvesting and site preparation on physical properties of piedmont

forest soils. *Soil Sci*, 1984, **48**: 173- 177

7 周新年. 考虑生态的伐区作业研究. 中南林学院学报, 1996, **16**(3): 71- 75

8 赵秀海, 范秀华, 唐景义, 等. 论采伐对迹地的影响. 吉林林学院学报, 1993, **9**(4): 1- 8

Guo Jangang (Fujian College of Forestry, Nanping 353001), Zhou Xinnian, Ding Yi, Su Jinyun, and Qiu Renhui. **Effect of Different Logging Systems on Phy-chemical properties of Forest Soil**. *J Zhejiang For Coll*, 1997, **14**(4): 344- 349

Abstract The effect of different logging systems, such as the tractor skidding, cable yarding and chutting on forest soil, were analysed. The results showed that tractor skidding seriously affected the hardness, bulk density and macropore space of the soil and hindered growth of woods, the organic matter was reduced by 10.4%, and that cable yarding created ditches and the macropore space and organic matter of soil in the main ditch were reduced by 3.7% and 3.61%, and that in all kinds of chutting, the effect of plastic chutting on the soil was least and the effect of soil chutting was largest. In order to reduce the disturbance of logging systems on the soil, some technical measures were given.

Key words log assemblage; forests; soils; soil physioal properties; soil constituent