

人工林伐区不同集材方式对林地土壤的影响

张正雄, 周新年, 陈玉凤
(福建农林大学, 福建 福州 350002)

摘 要: 选择福建人工林伐区 5 种常用集材方式进行作业试验, 分析不同集材方式对林地土壤理化性质的影响, 结果表明: 5 种集材方式作业后, 土壤理化性质指标都发生了明显的变化, 且各种土壤指标的变化值因集材方式的不同而异。经主成分分析, 5 种集材方式对林地土壤理化性质的干扰影响由大到小依次为土滑道集材、手扶拖拉机集材、手板车集材、人力担筒集材和全悬空索道集材。从生态采运角度出发提出减少集材作业对林地土壤破坏影响的技术措施。

关键词: 集材方式; 土壤理化性质; 人工林; 主成分分析
中图分类号: S754; S782 **文献标识码:** A

在我国大量的人工林(仅福建省就超过 $130 \times 10^4 \text{ hm}^2$)已逐渐进入主伐年龄。以往的生态采运研究主要集中在天然林方面, 由于人工林资源条件不同于天然林, 其林种、树种、林分结构等比较单一, 径级较小, 林地凋落物较少(尤其是针叶林林地), 所以人工林的采运作业技术和要求以及对林地生态环境的影响大小也不同于天然林^[1-3]。开展以人工林为研究对象的生态采运研究具有重要的现实意义和理论意义。

关于不同集材作业方式对南方人工林林地土壤理化性质影响的研究, 国内报道的很少。本文选择南方(福建省)人工林伐区 5 种常用的集材作业方式, 研究不同集材作业方式对林地土壤主要理化性质指标的影响, 并根据各指标的变化程度(大小), 应用优化理论对 5 种集材方式进行优劣排序, 得出最佳集材方式, 旨在为林业生产部门科学合理选择集材方式, 减小集材作业对林地生态环境(主要是土壤)的负面影响, 以及建立南方人工林生态采运理论提供科学依据。

1 试验地概况

试验地位于闽西北地区的永安市元沙林业采育场。永安市($116^{\circ}56' \sim 117^{\circ}47' \text{E}$, $25^{\circ}33' \sim 26^{\circ}12' \text{N}$)地形地貌属亚热带山地丘陵, 气候属中亚热带季风气候, 年平均气温 19.4°C , 相对湿度 80%, 年平均降水量 1564.2 mm, 年蒸发量 1455.5 mm。

试验伐区为元沙林业采育场 52 林班 3 小班(皆伐手扶拖拉机集材)、56 林班 1 小班(皆伐手板车集材)、56 林班 2 小班(皆伐土滑道集材)、53 林班 2 小班(皆伐人力担筒集材)、54 林班 4 小班(全悬空索道集材)。伐区均为低山丘陵地形, 海拔 500~700 m, 坡度 $23^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 土壤为花岗片麻岩发育成的山地红壤, 平均土层厚 80~100 cm。迹地前茬树种组成为 9 杉 1 阔, 平均树龄 21 a 平均胸径 20 cm, 平均树高 14 m, 郁闭度 0.7~0.8 立地质量等级为 II 级。阔叶树主要树种有丝栗栲(*Castanopsis fargesii*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)等。林下植被有:

收稿日期(Received date): 2006-09-15; 改回日期(Accepted): 2006-12-20.

基金项目(Foundation item): 福建省教育厅科学基金项目(JA03057); 福建省科技厅重点项目(2005D106); 福建省自然科学基金项目(2006J0301)。[Supported by the Science Foundation of Education Committee of Fujian Province(Na JA03057), Science Foundation of the Committee of Science and Technology of Fujian Province(Na 2005D106), the Natural Science Foundation of Fujian Province(Na 2006J0301)]

作者简介(Biography): 张正雄(1961-), 男, 教授, 主要从事森林生态采运与作业环境评价研究。[Zhang Zhengxiong born in 1961, Professor, Ph.D., studying in forest ecological harvesting and evaluation of operation environment. E-mail: zhengxingzhang@yahoo.com.cn]

灌木层高 2 m 以下, 盖度 20% ~ 25%, 主要有地稔 (*Melastoma dodecandrum*)、杜茎山 (*Maesa japonica*); 草本层高 0.2 ~ 0.7 m, 盖度 10% ~ 15%, 主要有狗脊蕨 (*Woodwardia japonica*) (频度 30% ~ 40%)、莎草 (*Cyperus* sp.) (频度为 15% ~ 25%) 等。

2 研究方法

在伐区调查的基础上, 选择福建省目前人工林伐区常用的 5 种集材方式, 即手扶拖拉机集材、手板车集材、土滑道集材、索道集材、人力担筒集材进行作业试验。同时为了便于比较, 选择立地条件(地形、地貌、植被、坡度、土壤等)、资源条件(单位蓄积量、出材量、径级等)及其他作业条件基本相同或相似的伐区作为试验地。

土壤取样方法按森林土壤样品的采集与制备国家标准 (GB7830-87) 规定执行^[4], 具体如下: 在皆伐伐区集材道(索道集材时为主索下拖集沟内)内上、中、下坡, 按同一坡向、同一坡位挖一主剖面 and 一副剖面, 共 3 个主剖面 and 3 个副剖面, 并与对应的集材道外相同坡位和坡向的采伐迹地所取土样进行对照比较, 每一剖面以多点 (3 点) 取样法, 同一剖面不同样点按 0 ~ 20 cm (表层) 和 20 ~ 40 cm (底层) 取样后, 供室内分析。土壤水分物理性质样品的采集用环刀 (环刀容积为 200 cm³), 每个剖面每层用环刀取 3 个土样; 土壤水稳性团聚体结构样品的采集是在土壤湿度不粘铲的情况下采集, 每个剖面每层取 1 个样品, 保留原状土样, 将其放入铝盒中, 使其不受挤压而变形; 土壤化学性质样品的采集是在每个剖面自下而上逐层均匀采集 (每层土样取 1 kg 左右), 将样品放入塑料袋内, 贴上标签^[4-5]。

土壤分析按森林土壤分析方法国家标准 (GB7830-87 ~ GB7857-87) 中的规定执行^[4], 其中土壤水稳性团聚体测定用机械筛分法 (GB7847-87); 水分-物理性质测定用环刀法 (GB7835-87); 土壤有机质用重铬酸钾氧化-外加热法 (GB7857-87); 土壤全磷用高氯酸-硫酸酸溶-钼锑抗比色法 (GB7852-87); 土壤速效磷用盐酸-氟化铵浸提法 (GB7853-87); 土壤全氮用高氯酸-硫酸消化扩散吸收法 (GB7848-87); 土壤水解性氮用碱解-扩散吸收法 (GB7849-87); 土壤全钾用氢氧化钠碱熔-火焰光度法 (GB7854-87); 土壤速效钾用乙酸铵浸提-火焰光度法 (GB7856-87); 土壤分析数据为

同一处理分析结果的平均值^[6-7]。

3 对林地土壤理化性质的影响

3.1 集材作业前后林地土壤理化指标的变化

根据对 5 种不同集材方式作业前后所取土壤样品理化性质的试验分析结果, 分别计算出各项理化指标变化 (净增加或减少值) 的绝对值。同时为了便于比较不同集材方式间对土壤影响的差别, 分别计算出各项理化指标的相对变化程度。不同集材作业方式林地土壤 (0 ~ 40 cm) 物理性质指标变化量见表 1, 化学性质指标变化量见表 2。

3.2 集材破坏系数与土壤理化性质受干扰程度

在资源条件 (单位出材量) 相近的情况下, 为了便于分析比较不同集材方式之间因集材量和集材道面积不同而引起的对林地土壤干扰的差别, 故引入集材破坏系数 K , 即

$$K = F/Q \quad (1)$$

式中 F —集材道总面积 (m²), Q —由该集材道承担完成的全部集材量 (m³)。

集材道面积计算方法是先根据伐区工艺设计平面图推算集材道长度, 再乘以集材道平均宽度。其中土滑道宽度是以集材后土滑道平均断面宽度来计算。各种集材方式的集材道面积及集材破坏系数值, 见表 3。

考虑集材破坏系数 K 的影响之后, 各种集材作业方式对林地土壤理化指标的干扰程度 X_{ij} 可按下列式计算

$$X_{ij} = H_{ij} K_i \quad (2)$$

式中 X_{ij} —第 i 种集材方式林地土壤第 j 个指标的受干扰程度; H_{ij} —第 i 种集材方式林地土壤第 j 个指标的相对变化率 (见表 1、表 2); K_i —第 i 种集材方式对林地土壤的影响系数, 即集材破坏系数 (见表 3)。

不同集材方式林地土壤主要理化性质指标受干扰程度 (取 0 ~ 40 cm 土层的平均值), 见表 4、表 5。

3.3 不同集材方式对林地土壤理化性质影响的主成分分析

主成分分析就是将多个观测指标 (因子、变量) 化为少数几个相互独立, 且又能综合原有指标的绝大部分信息的新指标 (这些新指标称为原来指标的主成分) 的一种多元统计方法^[8]。

表 1 集材作业后迹地土壤主要物理性质指标变化程度

Table1 The change levels of soil physical properties after harvesting operations

作 业 方 式	土 层 (cm)	主 要 物 理 性 质 指 标								
		容 重 [(g / cm ³) %]	> 0. 25 mm 水稳 性团聚体含量 (% %)	结构体 破坏率 (% %)	最大 持水量 (% %)	最小 持水量 (% %)	毛 管 持水量 (% %)	总孔 隙度 (% %)	毛 管 孔隙度 (% %)	非毛管 孔隙度 (% %)
皆伐作业 手扶拖拉 机 集 材	0 ~ 20	+ 0. 24	- 20. 68	+ 22. 24	- 15. 05	- 6. 70	- 7. 35	- 11. 92	- 2. 72	- 9. 20
		20. 00	24. 99	166. 22	35. 66	22. 00	22. 44	22. 32	6. 92	65. 25
皆伐作业 手 板 车 集 材	20 ~ 40	+ 0. 22	- 21. 41	+ 24. 89	- 11. 00	- 4. 00	- 4. 35	- 4. 34	- 0. 91	- 5. 25
		18. 18	28. 43	131. 62	27. 03	13. 18	13. 43	8. 81	2. 32	52. 29
皆伐作业 手 板 车 集 材	0 ~ 20	+ 0. 36	- 15. 31	+ 18. 96	- 23. 50	- 7. 85	- 8. 00	- 19. 37	- 1. 78	- 17. 59
		29. 75	21. 10	90. 03	48. 25	28. 49	26. 71	32. 87	4. 91	77. 52
皆伐作业 土 滑 道 集 材	20 ~ 40	+ 0. 21	- 12. 44	+ 9. 74	- 15. 10	- 6. 55	- 6. 75	- 14. 09	- 4. 07	- 10. 04
		16. 15	19. 79	31. 96	36. 39	24. 26	23. 08	26. 11	10. 70	63. 03
皆伐作业 架 空 索 道 集 材	0 ~ 20	+ 0. 07	- 5. 86	+ 2. 50	- 8. 20	- 4. 10	- 4. 40	- 9. 29	- 4. 40	- 4. 89
		5. 11	6. 62	32. 59	22. 84	16. 14	15. 91	18. 89	11. 62	43. 27
皆伐作业 架 空 索 道 集 材	20 ~ 40	+ 0. 08	- 3. 90	+ 7. 61	- 4. 85	- 3. 10	- 3. 30	- 4. 75	- 2. 86	- 1. 89
		5. 71	4. 79	84. 18	16. 03	13. 30	13. 07	11. 22	8. 09	27. 00
皆伐作业 人 力 担 筒 集 材	0 ~ 20	+ 0. 02	- 1. 00	+ 0. 90	- 1. 43	- 4. 69	- 0. 61	- 0. 89	- 0. 10	- 0. 79
		1. 74	1. 27	6. 17	3. 65	16. 27	2. 00	1. 98	0. 29	7. 88
皆伐作业 人 力 担 筒 集 材	20 ~ 40	+ 0. 01	- 1. 50	+ 0. 84	- 1. 89	- 1. 12	- 0. 68	- 2. 00	- 0. 57	- 1. 43
		0. 82	2. 21	3. 27	5. 71	5. 23	2. 50	4. 95	1. 72	19. 86
皆伐作业 人 力 担 筒 集 材	0 ~ 20	+ 0. 08	- 2. 25	+ 1. 20	- 8. 85	- 2. 80	- 5. 85	- 4. 39	- 2. 26	- 2. 13
		8. 51	3. 21	5. 53	15. 28	11. 39	12. 62	8. 06	5. 18	19. 70
皆伐作业 人 力 担 筒 集 材	20 ~ 40	+ 0. 01	- 1. 50	+ 1. 27	- 1. 76	- 2. 29	- 0. 87	- 1. 81	- 0. 76	- 1. 05
		0. 80	2. 29	4. 79	4. 39	10. 15	2. 62	3. 61	1. 83	12. 21

注:表中分子为土壤各项指标集材作业前后的(净增减变化值),其计算方法为:净增(减)值=集材后指标-集材前指标,“+”号为净增值,

“-”号为净减值;分母为各项指标增加或减小的相对值,其计算方法为:相对值(%)= $\frac{\text{集材后指标}-\text{集材前指标}}{\text{集材前指标}} \times 100\%$,表中相对值用绝对值表示。

表 2 集材作业后迹地土壤化学性质指标变化程度

Table 2 The change levels of soil chemical properties after harvesting operations

作 业 方 式	土 层 (cm)	有机质 [(g / kg) %]	全 N [(g / kg) %]	全 P [(g / kg) %]	全 K [(g / kg) %]	水解性 N [(g / kg) %]	速效 P [(g / kg) %]	速效 K [(g / kg) %]
皆伐作业 手扶拖拉 机 集 材	0 ~ 20	- 3. 42	- 0. 16	- 0. 24	- 1. 01	- 35. 70	- 6. 13	- 0. 29
		9. 75	16. 16	50. 00	4. 14	24. 14	59. 00	0. 78
皆伐作业 手 板 车 集 材	20 ~ 40	- 8. 29	- 0. 06	- 0. 12	- 0. 51	- 49. 99	- 6. 10	- 3. 33
		35. 25	7. 40	50. 00	2. 22	48. 07	77. 61	11. 21
皆伐作业 手 板 车 集 材	0 ~ 20	- 6. 80	- 0. 48	- 0. 06	- 0. 97	- 3. 85	- 3. 38	- 6. 34
		29. 06	41. 38	26. 09	3. 08	4. 41	62. 71	19. 40
皆伐作业 土 滑 道 集 材	20 ~ 40	- 4. 41	- 0. 06	- 0. 05	- 1. 56	- 1. 97	- 1. 23	- 8. 57
		25. 73	8. 96	23. 81	5. 21	2. 51	44. 24	26. 74
皆伐作业 架 空 索 道 集 材	0 ~ 20	- 38. 95	- 1. 02	- 0. 16	- 9. 90	- 64. 99	- 4. 71	- 21. 05
		74. 77	49. 04	31. 37	34. 88	43. 62	60. 08	44. 84
皆伐作业 架 空 索 道 集 材	20 ~ 40	- 28. 15	- 0. 85	- 0. 04	- 8. 60	- 60. 49	- 5. 06	- 13. 89
		70. 39	55. 92	12. 50	32. 42	50. 75	76. 67	42. 43
皆伐作业 人 力 担 筒 集 材	0 ~ 20	1. 34	- 0. 04	- 0. 10	- 1. 01	- 6. 46	- 0. 04	- 11. 00
		5. 57	4. 71	3. 85	3. 68	5. 68	1. 25	11. 70
皆伐作业 人 力 担 筒 集 材	20 ~ 40	- 0. 18	- 0. 04	0	- 0. 51	- 0. 41	- 0. 09	- 6. 00
		1. 66	8. 50	0	1. 96	0. 80	2. 89	6. 45
皆伐作业 人 力 担 筒 集 材	0 ~ 20	- 3. 62	- 0. 26	- 0. 11	- 1. 31	- 36. 70	- 3. 63	- 0. 59
		10. 95	29. 55	34. 38	5. 47	25. 33	38. 33	1. 63
皆伐作业 人 力 担 筒 集 材	20 ~ 40	- 6. 49	- 0. 06	- 0. 10	- 0. 96	- 29. 99	- 4. 10	- 3. 33
		33. 26	8. 57	47. 62	4. 18	29. 70	53. 66	11. 61

注:表中分子为土壤各项指标皆伐作业前后的净减变化值,其计算方法为:净减值=伐后指标-伐前指标,“-”号为净减值,分

母为各项指标增加或减小的相对值,其计算方法为:相对值(%)= $\frac{\text{伐后指标}-\text{伐前指标}}{\text{伐前指标}} \times 100\%$,表中相对值用绝对值表示。

表 3 集材道面积及集材破坏系数情况				
Table 3 Area of skidding roads and coefficient of effect by skidding				
集材方式	伐区面积 (hm^2)	集材量 (m^3)	集材道面积 (m^2)	集材破坏系数 K
手扶拖拉机	9.87	1 086	1 692	1.55
手板车	12.87	1 389	1 576	1.13
土滑道	3.47	367	668	1.82
全悬索道	10.53	1 06	1 15	1.10
人力担筒	3.20	335	396	1.18

注: 计算集材道面积时, 手扶拖拉机道、手板车、土滑道、担筒道等宽度分别按 2.1 m、1.5 m、0.8 m 和 1.2 m 计。全悬索道主索下拖集沟宽度以 2 m 计。

选择容重 (X_1)、 $>0.25\text{ mm}$ 水稳性团聚体含量 (X_2)、结构体破坏率 (X_3)、最大持水量 (X_4)、最小持水量 (X_5)、毛管持水量 (X_6)、总孔隙度 (X_7)、毛管孔隙度 (X_8)、非毛管孔隙度 (X_9)等 9 项土壤物理性质指标及有机质 (X_{10})、全 N (X_{11})、水解性 N (X_{12})、全 P (X_{13})、速效 P (X_{14})、全 K (X_{15})、速效 K (X_{16})等 7 项土壤化学性质指标, 对手扶拖拉机集材、手板车集材、土滑道集材、索道集材和人力担筒集材等 5 种集材方式, 以 0~40 cm 的土壤理化性质指标的干扰度 (见表 4 表 5) 作标本 (共 6 个), 进行主成分分析。不同集材方式林地土壤理化性质受干扰程度主要成份分析结果, 见表 6。

表 4 集材作业对迹地土壤物理性质指标的干扰程度									
Table 4 The disturbance degree of soil physical properties by different harvesting operations									
作业方式	主要物理性质指标受干扰程度								
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
皆伐手扶拖拉机集材	29.59	41.40	230.83	48.57	27.26	27.83	24.11	7.16	91.05
皆伐手板车集材	25.93	23.10	68.93	47.82	29.80	28.12	33.31	8.21	79.41
皆伐土滑道集材	9.85	10.37	106.22	35.35	26.77	26.37	27.38	17.93	63.94
皆伐架空索道集材	1.41	1.91	5.19	5.15	11.83	2.48	3.81	1.11	15.26
皆伐人力担筒集材	5.49	3.25	6.09	11.61	12.71	8.99	6.89	4.14	18.83

表 5 集材作业对迹地土壤化学性质指标的干扰程度							
Table 5 The disturbance degree of soil chemical properties by different harvesting operations							
作业方式	主要化学性质指标受干扰程度						
	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}
皆伐手扶拖拉机集材	34.88	17.81	77.47	4.93	55.96	105.83	9.3
皆伐手板车集材	30.95	28.44	28.19	4.69	3.91	60.43	26.07
皆伐土滑道集材	131.68	95.48	39.89	61.22	85.83	124.00	80.06
皆伐架空索道集材	3.98	7.27	2.12	3.10	3.56	2.28	9.98
皆伐人力担筒集材	23.45	22.49	48.38	5.69	32.46	54.27	7.81

由表 6 可看出, 第 1 主成份 Y_1 对各因子的因子负荷量绝对值由大到小依次为: X_6 、 X_{15} 、 X_5 、 X_9 、 X_7 、 X_4 、 X_8 、 X_3 (前 8 个指标), 它主要是反映毛管持水量、速效 P、最小持水量、非毛管孔隙度、总孔隙度、最大持水量、毛管孔隙度、结构体破坏率等变化的综合指标; 第 2 主成分 Y_2 对各因子的因子负荷量由大到小依次为: X_{13} 、 X_{11} 、 X_{16} 、 X_2 、 X_1 、 X_{10} 、 X_8 、 X_{14} (前 8 个指标), 它主要是反映全 K、全 N、速效 K、 $>0.25\text{ mm}$ 水稳性团聚体、容重、有机质、毛管孔隙度、水解性 N 等变化的综合指标; 第 3 主成分 Y_3 对各因子的因子负荷量由大到小依次为: X_{12} 、 X_{14} 、 X_7 、 X_3 、 X_5 、 X_{15} 、

X_{16} 、 X_4 (前 8 个指标), 它主要反映了全 P、水解性 N、总孔隙度、结构体破坏率、最小持水量、速效 P、速效 K、最大持水量等变化。前 2 个主成分 Y_1 、 Y_2 的累计贡献率已达 89.869 7%, 它们综合了原有 16 个指标的绝大部分信息, 基本上能反映不同集材方式林地土壤理化性质变化情况。

从第 1 和第 2 主成分的因子负荷量及反映土壤主要理化性质的指标来看, 毛管持水量、最小持水量、非毛管孔隙度、 $>0.25\text{ mm}$ 水稳性团聚体、全 P、全 N、速效 K、全 K 等指标的变化率能较好地反映了不同集材方式土壤理化性质变化状况。将表 7 各样

表 6 不同集材方式林地土壤理化性质受干扰程度主要成分分析

Table 6 The principle components analysis of the disturbance degree of soil physical and chemical properties by different harvesting methods

变量代码	指 标	主成分					
		Y_1		Y_2		Y_3	
		β_{1i}	$\rho(y_1, x_j)$	β_{2i}	$\rho(y_2, x_j)$	β_{3i}	$\rho(y_3, x_j)$
X_1	容 重	0.219 0	0.684 9	-0.334 8	-0.717 8	-0.098 9	-0.116 3
X_2	> 0.25 mm 水稳性团聚体含量	0.212 9	0.666 0	-0.336 1	-0.720 6	0.105 5	0.124 1
X_3	结构体破坏率	0.250 0	0.781 8	-0.197 9	-0.424 2	0.295 0	0.347 1
X_4	最大持水量	0.283 5	0.886 7	-0.194 3	-0.416 6	-0.167 7	-0.197 3
X_5	最小持水量	0.293 9	0.919 4	-0.108 3	-0.232 1	-0.269 9	-0.317 5
X_6	毛管持水量	0.306 0	0.957 1	-0.101 4	-0.217 4	-0.142 9	-0.168 1
X_7	总孔隙度	0.284 3	0.889 2	-0.075 4	-0.161 7	-0.354 9	-0.417 5
X_8	毛管孔隙度	0.266 5	0.833 6	0.252 0	0.540 2	-0.090 7	-0.106 8
X_9	非毛管孔隙度	0.284 9	0.891 0	-0.199 2	-0.427 1	-0.113 1	-0.133 0
X_{10}	有机质	0.233 5	0.730 5	0.318 0	0.681 7	0.031 3	0.036 8
X_{11}	全 N	0.210 0	0.656 7	0.349 9	0.750 0	-0.048 7	-0.057 3
X_{12}	全 P	0.192 8	0.603 2	-0.172 1	-0.369 0	0.560 1	0.658 9
X_{13}	全 K	0.185 0	0.578 6	0.377 7	0.809 7	0.020 1	0.023 7
X_{14}	水解性 N	0.225 8	0.706 1	0.213 6	0.458 0	0.456 5	0.537 1
X_{15}	速效 P	0.299 0	0.935 1	0.069 6	0.149 2	0.257 9	0.303 5
X_{16}	速效 K	0.201 1	0.629 1	0.347 6	0.745 3	-0.177 2	-0.208 5
	特征根	9.783 2		4.596 0		1.384 3	
	贡献率 (%)	61.144 8		28.724 8		8.652 0	
	累计贡献率 (%)	61.144 8		89.869 7		98.521 6	

注: β_{ij} 为第 i 个主成分、第 j 个变量的特征向量; $\rho(y_i, x_j)$ 为第 i 个主成分对 j 个变量的因子负荷量。

点的坐标值描绘在 Y_1OY_2 坐标平面上便能大致看出各样点的分类归属,见图 1。

表 7 各样点主成分坐标

Table 7 The coordinate of principle components analysis points

样点代码	主成分值	
	Y_1	Y_2
I	2.604 6	-2.787 5
II	1.160 2	-1.608 9
III	3.537 0	3.494 6
IV	-4.550 2	0.418 0
V	-2.751 5	0.484 0

由图 1横轴方向可以看出,不同集材方式对林地土壤的干扰程度大小以土滑道集材(样点 III)为最大,其余依次为:手扶拖拉机集材(样点 I)、手板车集材(样点 II)、人力担筒集材(样点 V)和全悬空索道集材(样点 IV)。

4 结论与建议

通过对人工林伐区 5 种不同集材作业方式对林地土壤理化性质影响的试验研究和主成分分析,结果表明不同集材作业方式对林地(迹地)土壤理化性质的影响不同,由大到小依次为土滑道集材、手扶拖拉机集材、手板车集材、人力担筒集材和全悬空索道集材。这是由于不同集材方式所需开挖的集材道大小(集材道宽度和深度)不同,对地表土壤造成的影响不同,以及集材作业过程中集材设备和木材对地表(主要是集材道)土壤造成的压实和刮伤程度不同所致^[9]。索道集材由于不需要开挖集材道且集材作业过程中木材基本上处于悬空状态不与地表接触,故对林地土壤影响最小。

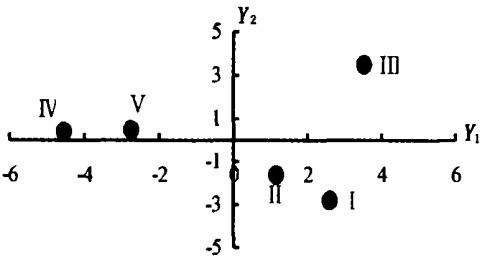


图 1 不同集材方式林地土壤受干扰程度排序

Fig 1 Putting in order of the disturbance of soil by different logging methods

因此, 建议林业生产部门在选择集材方式时, 不仅要考虑其经济效益(作业成本), 而且还要考虑其生态效益(对林地土壤的影响)。一方面要根据立地条件和资源条件合理选择集材方式, 另一方面还要合理规划和布设集材道, 以减少集材道的开挖量和集材设备在集材道上的通过次数。应优先选择综合效益较好的索道集材, 而尽量少用或不选土滑道集材。

参考文献 (References)

- [1] Zhang Zheng xiong. The Technology of Skidding Operation of Artificial Forest in Mountainous Regions[J]. *Journal of Mountain Science*. 2002 20(6): 761 ~ 764[张正雄. 山地人工林集材作业技术 [J]. 山地学报, 2002 20(6): 761 ~ 764]
- [2] Zhou Xin nian. Forestry Production Plan[M]. Beijing: Beijing Science and Technology Publishing House. 1994. 4 ~ 137 [周新年. 林业生产规划 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1994. 4 ~ 137]
- [3] Su Jin yun Mountain Forest Logging[M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 1993. 153 ~ 305 [粟金云. 山地森林采伐学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1993. 153 ~ 305]
- [4] Science and Technology Department of Forestry Ministry of China. A Collection of Forestry Standard (3) [S]. Beijing: China Forestry Publishing House. 1991. 87 ~ 230[中华人民共和国林业部科技

- 司. 林业标准汇编(三) [S]. 北京: 中国林业出版社, 1991. 87 ~ 230]
- [5] Zhang Wan m. Methods of Soil Location Study of Forest[M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 1984. 17 ~ 117[张万儒. 森林土壤定位研究方法 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1984. 17 ~ 117]
- [6] Zhou Xin nian, Shen Bao gui, Wu Yuan bin, *et al*. Evaluation on the comprehensive benefits of harvesting and skidding operation in cutting area [J]. *Scientia Silvae Sinicae*. 2002 20(3): 331 ~ 337 [周新年, 沈宝贵, 吴远彬, 等. 伐区采集作业综合效益评价的研究 [J]. 山地学报, 2002 20(3): 331 ~ 337]
- [7] Qiu Ren hui, Zhou Xin nian, Yang Yu sheng, *et al*. Study on the trail soil by push cart skidding [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*. 1998 18(1): 16 ~ 18 [邱仁辉, 周新年, 杨玉盛. 手板车集材对集材道土壤影响的研究 [J]. 福建林学院学报, 1998 18(1): 16 ~ 18]
- [8] Chen Jia hao. Applying of Mathematical Statistics in Forestry[M]. Dalian: Dalian College of Sea Transportation Publishing House. 1992. 33 ~ 106 [陈华豪. 林业应用数理统计 [M]. 大连: 大连海运学院出版社, 1992. 33 ~ 106]
- [9] Zhao Xir hai. Study on Logging of Forest Ecology [M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Publishing House. 1995. 1 ~ 142[赵秀海. 森林生态采伐研究 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1995. 1 ~ 142]

Effect of Different Skidding Ways on the Trail Soil of Artificial Forest Cutting Area

ZHANG Zhengxiong ZHOU Xinnian CHEN Yufeng

(Fujian Agriculture and Forestry University Fuzhou 350002 Fujian, China)

Abstract The effect of five kinds of different skidding ways on the physical and chemical properties of trail soil in our country's southern artificial forest area was analyzed by operating test. The results showed that the indexes of physical and chemical properties of trail soil have changed after skidding and the changing degree of indexes of different skidding ways is different. Logging methods are put in order by degree of disturbance by principle component analysis. The result is that clear cutting with dirt chute skidding is of largest disturbance. The interference influencing of the others from great to small degrees successively is clear cutting with walking tractor bogging, clear cutting with push cart logging, clear cutting with manpower logging and clear cutting with suspended cable bogging. Some technological measures for reducing the damage of skidding on the soil were put forward from the view of ecological harvesting operation.

Key words skidding ways; physical and chemical properties of soil; artificial forest; analysis of principle components