doi:10.11707/j.1001-7488.20160301

汶川地震对四川理县典型受灾区岷江柏人工林 土壤理化性质的影响^{*}

赵丽丽1 钟哲科1 史作民2 杨慧敏1 邵 琼1

(1. 中国林业科学研究院 国家林业局竹子研究开发中心 杭州 310012;2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所 北京 100091)

【目的】 通过对四川理县地震灾区不同受灾程度森林土壤理化性质的对比调查,探索地震对土壤的影 要: 摘 响,为受灾地区土壤修复提供科学依据。【方法】 2013 年 11 月选取汶川地震受灾区岷江柏人工林地进行调查与 采样,在熊尔山调查点(山地褐土)选取1个对照(未受地震次生灾害明显破坏)和3个受灾林分,在蒲溪沟调查点 (山地棕壤)选取1个对照和2个受灾林分。测定表层土壤(0~20 cm)的密度、总孔隙度和颗粒组成特征,分析土 壤剖面 3 个土层(0~20,20~40 和 40~60 cm)土壤的 pH 值、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、有机质和阳离子交换 量等养分指标 【结果】 地震造成 0~20 cm 层土壤密度显著提高,受灾土壤密度平均值高达 1.28 g• cm⁻³,与对 照相比,熊尔山和蒲溪沟2调查点的土壤密度平均值分别提高6.1%和18.6%;伴随着土壤密度增大,土壤总孔隙 度均显著减少(两者极显著负相关,γ=0.998*),导致土壤透水能力下降,地表径流和水土流失危险增大;受地震 次生灾害影响,2调查点土壤有机质含量平均值分别下降56.1%和52.2%,表层土壤(0~20 cm)的黏粒含量分别 平均下降了 54.8% 和 57.1%,土壤砂粒和粉粒含量显著升高(P<0.05); 地震引起 2 个调查点各土层(0~20, 20~40和40~60 cm) 土壤 pH 值显著升高(P<0.05), 平均提高了11.5%, pH 值变化与土壤类型和土层深度相关 性不显著,土壤有机质含量减少及黏粒流失可能是导致土壤 pH 值升高的主要原因;受地震次生灾害影响,土壤全 氮、碱解氮、有效磷和速效钾含量均显著降低,熊尔山土壤中的有效磷和速效钾含量分别减少了 67.1% 和 72.2%, 而蒲溪沟土壤中碱解氮和速效钾含量分别减少了80.3%和78.0%;土壤有机质含量与全氮含量、碱解氮含量、有 效磷含量、阳离子交换量间均显著正相关; 土壤的阳离子交换量显著减少,下降 79.7% ~90.3%,土壤保水保肥能 力很弱;根据 C/N 比的变化分析可知地震后土壤的 C 损失率高于 N 损失率。【结论】 受地震次生灾害山体崩 塌、滑坡、泥石流、土体断裂及掩埋等影响,调查林分的土壤均出现明显的退化现象:土壤密度升高,总孔隙度下降, 土壤 pH 值增大, 黏粒流失十分严重, 养分含量和阳离子交换量明显降低。建议该类林地的土壤修复应着重提高土 壤有机质含量、改善土壤保水保肥性能和减少土壤黏粒流失等。

关键词: 森林土壤;理化性质;养分;汶川地震;生态修复;岷江柏人工林;次生灾害;理县 中图分类号: S714.5 文献标识码: A 文章编号: 1001 – 7488 (2016) 03 – 0001 – 01

Effect of Wenchuan Earthquake on Physical and Chemical Properties of Forest Soils in Li County of Sichuan Province

Zhao Lili¹ Zhong Zheke¹ Shi Zuomin² Yang Huimin¹ Shao Qiong¹

(1. China National Bamboo Research Center, Chinese Academy of Forestry Hangzhou 310012;

2. Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry Beijing 100091)

Abstract: **Cobjective In order to explore the ecological consequences caused by secondary earthquake disasters and to provide scientific evidences for disaster-affected soil restoration, the physical and chemical properties of forest soil in Li County, Sichuan Province, were investigated comparatively. Comparatively Comparatively Comparative**

收稿日期: 2015-03-13; 修回日期: 2016-01-20。

基金项目: "十二五"国家科技支撑项目(2012BAD22B0102);浙江省科技计划项目(2014F10047)。

^{*} 钟哲科为通讯作者。

porosity and particle composition in 0 - 20 cm soil layer were measured. Meanwhile, soil nutrient indices such as soil pH value, total nitrogen (TN), alkali-hydrolysable nitrogen (AN), available phosphorus (AP), available potassium (AK), soil organic matter (SOM) content and cation exchange capacity (CEC) in three soil layers (0 - 20, 20 - 40, and 40 - 60)cm) were also analyzed. [Results] Soil density in 0 - 20 cm soil layer was significantly increased in the earthquakeaffected sites, the average value of earthquake-effected soils was 1.28 g cm⁻³. In comparison with the controls, average values of soil density were increased by 6.1% and 18.6% in Xionger Mountain and Puxi Gully, respectively. The increased soil density caused the reduction of total soil porosity (a significant negative relationship between them, r =-0.998**), which brought in a reduction of soil water permeability and an increase of surface runoff and soil & water erosion. Affected by secondary earthquake disasters, the average soil organic matter contents were decreased by 56.1% and 52.2% in Xionger Mountain and Puxi Gully, respectively. Meanwhile, clay contents in surface soil (0 - 20 cm) decreased by 54.8% and 57.1% on average, respectively. But soil sand and silt contents increased significantly. The soil pH values were significantly increased at different soil depths (0 - 20, 20 - 40, and 40 - 60 cm) in both of the two study sites, and the average pH value was increased by 11.5%. The variability of pH value showed no significant relationship with the soil type and soil depth. The decrease of soil organic matter content and loss of soil clay content may be the main causes for the increase of pH value. Affected by secondary earthquake disasters, soil TN, AN, AP and AK contents were decreased significantly. The AP and AK contents were decreased by 67.1% and 72.2% in Xionger Mountain, meanwhile, decreased by 80.3% and 78.0% in Puxi Gully, respectively. Content of SOM was positively correlated with contents of TN, AN, AP, AK and CEC, respectively. The CEC values in earthquake-affected soils from both investigated areas were significantly decreased by 79.7% - 90.3%. The soils showed a very low capacity in maintaining soil water and nutrient. The changes of soil C/N ratio indicated that the C loss was higher than the N loss in earthquake-affected soils. [Conclusion] Affected by secondary earthquake disasters, the soils of Cupressus chenginana plantation in this study showed severe soil degradation: Increase of soil density, decrease of soil porosity, increase of soil pH value, loss of soil clay and nutrients and reduction of soil CEC. It is recommended that the soil remediation measures in the studied forest soils should be focused on the following aspects: increasing soil organic matter, improving soil water and nutrient retention, and reducing loss of soil clay.

Key words: Forest soil; physical and chemical properties; nutrients; Wenchuan earthquake; ecological restoration; *Cupressus chenginana* plantation; secondary earthquake disasters; Li County

2008 年 5 月 12 日的汶川大地震主要发生在龙 门山断裂带,地震灾区南北跨度为400 km,东西宽 约70 km,该区域是青藏高原高寒植被区与东部湿 润森林区的结合部,土地利用以林业用地为主,森林 覆盖率达 44.51% (Wu et al., 2012)。据调查,地震 造成重灾区受损林地面积达 32.87 万 hm²,灾害类 型包括山体崩塌、滑坡、坠石、堰塞湖和泥石流,导致 该区域森林覆盖率下降 1.87% (骆建国等,2011)。 由于山地地质构造复杂、生态系统本身较为脆弱,震 后往往会发生滑坡、泥石流、塌方甚至山崩等次生灾 害,进一步造成森林植被的破坏及生境破碎化程度 的加剧,严重影响到该地区生态环境和动植物的生 存(马文宝等, 2012; Cheng et al., 2012),因此,加 速地震灾区的林业生态修复,对保障该区域生态安 全、构筑长江上游生态屏障具有重要现实意义。近 5年来,关于汶川地震在土壤侵蚀、环境次生灾害、 重金属污染等方面的影响已有不少调查与报道。杨 渺等(2013)采用 GIS/RS 技术监测了地震灾区石亭 江上游474.41 km²的典型流域水土保持功能恢复 效应,结果表明2011年震区土壤侵蚀总量比2008 年减少11.92%,但土壤侵蚀强度的面积分布格局 并未改变,灾区生态安全仍令人担忧。Xu等 (2012)通过研究震后土壤重金属 Cd, Pb 空间分布 特征及影响因素,认为地震导致土壤重金属污染程 度加剧。地震后发生的次生灾害对土壤动物,尤其 是大型土壤动物的群落结构及多样性有强烈的干扰 作用(吴鹏飞等,2010)。研究表明地震灾区土壤有 机质含量能较好地表征土壤抗蚀性,有机质含量的 减少是导致土壤水土流失的主要因素之一(宋旭 等,2010; 蔡艳等,2010)。目前,对地震引起的森 林土壤系统的变化研究大多数都是从宏观层面上对 水土流失和植被恢复的过程和变化开展比较和监测 的(郭兵等, 2012; Wu et al., 2012), 而对地震后森 林土壤系统的组成、结构和功能的变化过程研究还 很缺乏,导致对灾后森林土壤演变的途径、机制以及 特点尚不清楚。本研究通过对地震灾区四川理县典

型山地岷江柏(Cupressus chengiana)人工林土壤理 化性质变化的调查和比较,进一步了解地震对森林 土壤环境带来的影响及可能存在的生态后果,为震 后森林土壤保护和生态修复提供理论依据。

1 研究区概况

理县地处岷江上游杂谷脑河流域(102°33′— 103°30′E,30°54′—31°12′N),地质结构属龙门山断 裂带中段,地壳活动频繁,地质构造复杂,海拔 1442~3400 m,平均坡度30°~40°,属典型的高山峡 谷地貌(郭兵等,2012)。年均气温6~9℃,年均降 水量400~700 mm,年均蒸发量1400~1700 mm,属 典型的干旱河谷气候。

本研究选取理具的熊尔山和蒲溪沟2个典型受 灾区的岷江柏人工林,土壤类型分别为山地褐土和 山地棕壤,成土母质分别为碳酸岩和砂页岩。选择 海拔高于2000 m、坡度大于30°、东南/西南坡向的 岷江柏人工林作为受灾调查林分。岷江柏是当地的 乡土树种,也是我国特有的珍稀树种,耐寒、抗旱、根 深,具有良好的水土保持和水源涵养功能。调查林 分林龄为8~12年生,种植密度为1.5m×1.5m。 岷江柏群落结构比较简单,层次明显。熊尔山调查 点的主要林下植被有中华胡枝子(Lespedeza chinensis)、西南苔草(Carex austro-occidentalis)、虎榛 子 (Ostryopsis davidiana) 和 阿 坝 蒿 (Artemisia abaensis)等。蒲溪沟调查地的主要林下植被有秦 岭槲蕨(Drynaria sinic)和川甘亚菊(Ajania potaninii)等。调查区域约有近半数的森林在汶川 地震中受到严重影响,土体出现翻动、崩塌、滑坡、 泥石流等现象。同时,分别在熊尔山和蒲溪沟分 别选取1个与调查林分立地条件相近、位置条件 相对一致但没有明显的断裂、颠覆和滑坡等土地 破坏现象,土体及土表植被相对完整地段作为对 照地,编号分别为 CK1, CK2。在熊尔山研究区选 取的3个受害调查地编号为S1,S2,S3,在蒲溪沟 研究区选取的2个受害调查地编号为P1,P2。样 地具体情况见表1。

2 研究方法

2.1 土壤样品采集及测定

于 2013 年 11 月份进行土壤采样和调查。在每 个调查地分别选择 3 块 30 m×30 m 的典型林分作 为调查的标准样地,采用梅花形的布点方法设置 5 个取样点。表层土壤(0~20 cm)用 100 cm³环刀取 土,保持环刀土原状带回室内用于土壤密度、总孔隙 度和颗粒组成的测定。每块样地挖5个土壤剖面, 按0~20,20~40和40~60 cm 土层分别取土,各土 层分别采1 kg 土样,装入自封袋带回室内,将土样 铺平到牛皮纸上进行自然风干,拣出石砾和植物残 体,然后将风干土研碎,充分混匀后用四分法依次过 2,1和0.149 mm 筛,分装入新的自封袋编号,进行 土壤酸碱度、阳离子交换量、有机质含量、全氮含量、 碱解氮含量、有效磷含量和速效钾含量等化学性质 的分析测定。各林地土壤的理化性质分析数值用5 个采样点的数学平均值 ±标准差表示。

土壤密度采用环刀法测定(NY/T 1121.4 -2006);土壤总孔隙度采用水浸泡-环刀法测定 (LY/T 1215 - 1999); 土壤 pH 值采用电极电位法 (水土比为 2.5:1) 测定(NY/T 1377 - 2007); 土壤 机械颗粒组成采用激光粒度仪(济南微纳)分析;土 壤全氮含量采用凯氏定氮仪法测定(LY/T 1228 -1999);碱解氮含量采用碱解扩散法测定(鲁如坤, 2000);有效磷含量采用 0.5 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 浸 提一分光光度计比色法测定(鲁如坤,2000);速效 钾含量采用 NH₄OAc 浸提一火焰光度计法测定(鲁 如坤,2000);土壤有机质含量采用重铬酸钾氧 化一外加热法测定(鲁如坤,2000);土壤阳离子交 换量采用乙酸钠 - 火焰光度计法测定(GB 7857 -1987); 土壤黏粒的提取采用虹吸法(LY/T 1252 -1999); 黏土矿物组成含量采用 X 射线衍射分析 (SY/T 5163-1995):称取 40 mg 干样制成定向片, 在 X 射线衍射 仪 上 分 析, 测 试 条 件 为 Cu-K α 辐射, 扫描速度采用 4°•min⁻¹,工作电压 40 kV,电流 40 mA.

2.2 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据计算处 理;采用 SPSS16.0 软件进行统计分析,对不同立地 或不同理化性质的分析用 LSD 法进行多重比较 (*P* < 0.05)和 Pearson 相关分析。

3 结果与分析

3.1 土壤物理性质

表 2 为调查地 0~20 cm 土层土壤的物理性质, 熊尔山研究区的土壤密度为 1.15~1.18 g•m⁻³,蒲 溪沟研究区土壤密度为 1.35~1.52 g•m⁻³,熊尔山 土壤密度小于蒲溪沟。受地震次生灾害影响较严重 的蒲溪沟林地 P1 和 P2 的土壤总孔隙度显著减少, 分别低于对照 21.6% 和 9.8%。总孔隙度减少将导 致土壤下渗能力降低,容易造成水土流失。 0~20 cm土层土壤机械组成分析表明, S1, S2, S3 的 土壤黏粒成分相对于 CK1 分别降低 52.0%,55.1% 和 57.6%,粉粒分别升高 12.5%,17.2% 和 16.2%, 砂粒分别升高 13.6%,10.3% 和 12.2%; P1,P2 的 土壤 黏粒成分相对于 CK2 分别降低 54.8% 和 46.5%,粉粒分别升高 6.5% 和 8.5%,砂粒分别升 高 31.7% 和 17.5%。地震引发的一系列次生灾害, 如山体崩塌、泥石流、土层断裂、土壤侵蚀、滑坡和掩 埋等,造成土壤中砂粉粒含量显著增多,黏粒含量显 著减少。

土壤黏粒的 XRD 分析表明,2 个调查点所有林 地土壤主要黏土矿物组成接近(表 3),各调查地的 伊利石含量高达 69.8% ~79.9%,其次为绿泥石和 高岭石,伊蒙混层含量很少,无蒙脱石,黏土矿物的 组成未受到地震次生灾害明显影响。

表 1 调查地基本情况 Tab.1 Basic situation of study sites

调查地 Study site	土壤类型 Soil type	面积 Area/hm ²	海拔 Altitude/m	坡向及坡度 Aspect, slope	林分郁闭度 Canopy density	平均树高 Mean tree height/m	DBH/ cm	地表覆盖度 Coverage (%)	受灾类型 Type of disaster- affected
CK1	山地褐土 Mountain cinnamon soil	3. 50	2 350	东南 Southeast,30°	0. 50	5. 05	8. 65	25	无明显受灾现象 No obvious disaster- affected phenomena
S1	山地褐土 Mountain cinnamon soil	25.00	2 460	东南 Southeast,35°	0. 17	3. 68	5. 21	14	山体崩塌 Mountain collapse
S2	山地褐土 Mountain cinnamon soil	2. 75	2 420	东南 Southeast,30°	0. 16	3. 56	5.04	13	土壤滑移 Soil sliding
S3	山地褐土 Mountain cinnamon soil	14. 79	2 410	东南 Southeast,30°	0. 18	3. 92	5.56	15	土壤侵蚀 Soil erosion
CK2	山地棕壤 Mountain brown soil	5. 50	2 370	西南 Southwest,30°	0. 47	5. 13	8. 70	23	无明显受灾现象 No obvious disaster- affected phenomena
P1	山地棕壤 Mountain brown soil	4. 82	2 300	西南 Southwest,34°	0. 14	3. 14	4. 15	12	土体崩塌、掩埋 Soil collapse and burial
P2	山地棕壤 Mountain brown soil	9. 53	2 480	西南 Southwest,35°	0. 13	3.06	3. 89	11	滑坡、泥石流 Landslide and debris flow

表 2 土壤物理性质 1

Tab. 2 Physical properties of soil

	十壤密度	十壤 总 孔 隙 度	土壤机械组成 Soil mechanical composition			
调查地 Study site	Soil density/ (g•cm ⁻³)	Total porosity (%)	y 新粒 Clay <0.002 mm(%) 0.002	粉粒 Silt 0.002~0.05 mm(%)	砂粒 sand >0.05 mm(%)	
CK1	$1.10 \pm 0.04a$	59. 0 ± 1. 5 a	19.8 ± 1.2a	39.5 ± 1.0a	40. 7 ± 0. 5 a	
S1	$1.15\pm0.11\mathrm{b}$	56. 5 \pm 4. 0 ab	9.5 $\pm 0.7 \mathrm{b}$	44.4 \pm 1.0b	46.1 \pm 1.7 b	
S2	1.18 $\pm 0.11 \mathrm{b}$	55.5 $\pm 4.0\mathrm{b}$	$8.9\pm0.6\mathrm{b}$	46.2 $\pm 0.5 \mathrm{b}$	44.9 $\pm 0.1\mathrm{b}$	
S3	$1.18\pm 0.09\mathrm{b}$	55.6 \pm 3.4b	$8.4\pm0.7\mathrm{b}$	$45.\ 9 \pm 0.\ 6\mathrm{b}$	$45.~7\pm1.~3\mathrm{b}$	
CK2	$1.21 \pm 0.03 a$	54. 2 ± 1. 3 a	21.3 ± 1.4a	$41.4 \pm 0.5 a$	$37.2 \pm 0.9a$	
P1	$1.52\pm0.06\mathrm{b}$	42.5 \pm 2.2 c	$6.9\pm0.4\mathrm{b}$	44. 1 \pm 0. 4b	49.0 \pm 0.2 bc	
P2	$1.35 \pm 0.09 \mathrm{b}$	$48.9\pm3.4\mathrm{b}$	$11.4 \pm 1.0 \mathrm{b}$	44.9 $\pm 0.9 \mathrm{b}$	43.7 \pm 1.6b	

①同列不同小写字母表示差异显著 (P < 0.05)。 Different lowercase in the same column represents significant difference (P < 0.05).

Tab. 3 Composition of clay minerals							
调查地 Study site	伊利石 Illite(%)	绿泥石 Chlorite(%)	高岭石 Kaolinite(%)	伊蒙混层 Illite/smectite formation(%)			
CK1	71.1	14.7	11.0	3.2			
S1	73.0	13.1	11.2	2.7			
S2	79.9	19.7	14.1	6.3			
S3	79.4	11.4	8.7	0. 5			
CK2	72.2	22.8	5.9	0. 9			
P1	69.8	21.6	7.7	0. 9			
P2	77.7	20. 2	1.8	0. 3			

表 3 黏土矿物组成

3.2 土壤化学性质

由表4可知,受地震次生灾害影响土壤全氮含 量为0.5~3.3 g·kg⁻¹,碱解氮含量为11.5~ 242.4 mg·kg⁻¹。全氮和碱解氮含量在不同调查地 不同土层的变化幅度较大。与相应对照相比较, S1,S2和S3的全氮含量分别降低35.5%,71.0% 和41.9%,碱解氮含量分别降低35.5%,71.0% 和53.8%; P1和P2的全氮含量分别降低 85.7%和53.8%; P1和P2的全氮含量分别降低 85.7%和28.6%,碱解氮含量分别降低93.7%和 46.1%。S1,S2和S3调查地的有效磷含量均随土 层深度增加而降低,P1和P2有效磷含量并没有出 现这一趋势, P2 的有效磷含量是所有调查地中最高的,在40~60 cm 土层达到最大值 10.8 mg·kg⁻¹。P1 和 P2 的无规则变化和异常值可能与地震次生灾害影响较大导致土层变动有关。与对照相比,震后土壤的 3 个土层中的有效磷含量均显著降低。调查地土壤速效钾含量总体较低,对照地为 17.5~33.5 mg·kg⁻¹,而调查地速效钾含量最低为 1.7 mg·kg⁻¹。S1,S2 和 S3 的速效钾含量分别比 CK1 降低 64.4%,80.9% 和 78.5%; P1 和 P2 的速效 钾含量分别比 CK2 降低了 80.3% 和 81.6%。

表4 土壤氮、磷、钾养分含量^①

Tab. 4	Nitrogen,	phosphorus,	and	potassium	contents	of soil
--------	-----------	-------------	-----	-----------	----------	---------

土层 Soil layer	调查地 Study site	全氮 Total nitrogen/ (g•kg ⁻¹)	碱解氮 Alkali-hydrolysable nitrogen/ (mg•kg ⁻¹)	有效磷 Available phosphorus/ (mg•kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium/ (mg•kg ⁻¹)
	CK1	3.6 ± 0.10a	347. 6 ± 1. 24 a	15.6 ±0.64a	33. 5 ± 0. 95 a
	S1	2.4 $\pm 0.10 \mathrm{b}$	242. 4 ± 0.61 b	$6.4\pm0.57\mathrm{b}$	10.7 \pm 1.01 b
	S2	$1.1 \pm 0.09 \mathrm{c}$	98.4 ± 0.99 c	$2.5 \pm 0.99 c$	$7.7 \pm 0.33 \mathrm{c}$
$0 \sim 20 \ \mathrm{cm}$	S3	$2.~2~\pm 0.~10\mathrm{b}$	200. 9 $\pm 1.48\mathrm{b}$	$6.5\pm0.41\mathrm{b}$	9.5 $\pm 0.98\mathrm{bc}$
	CK2	5.4 ± 0.26a	414. 9 ± 11. 62a	15. 2 ± 0. 70a	$30.4 \pm 0.94 a$
	P1	0.5 $\pm 0.10\mathrm{c}$	24. 1 \pm 1. 02 c	$1.5 \pm 0.31 c$	$8.0\pm1.02\mathrm{b}$
	P2	$3.3 \pm 0.11 \mathrm{b}$	139.6 $\pm 0.54\mathrm{b}$	10.8 $\pm 0.62\mathrm{b}$	$5.4 \pm 0.39 \mathrm{c}$
	CK1	$3.2 \pm 0.10a$	293. 7 ± 1. 02a	13.9 ±0.99a	26. 1 ± 1. 02 a
	S1	$2.4\pm0.10\mathrm{b}$	192. 2 \pm 0. 54b	$3.7 \pm 1.04 \mathrm{b}$	$9.\ 6\pm1.\ 27\mathrm{b}$
	S2	$0.8 \pm 0.07 \mathrm{c}$	$51.\ 6\ \pm 1.\ 02\mathrm{c}$	$1.6\pm0.17\mathrm{b}$	$4.0 \pm 0.54 \mathrm{c}$
$20 \sim 40 \ \mathrm{cm}$	S3	$1.6 \pm 0.13 \mathrm{bc}$	117.4 ± 1.11 b	$5.4\pm0.43\mathrm{b}$	$5.1 \pm 1.07 \mathrm{c}$
	CK2	3.4 ±0.18a	351.8 ± 6.88a	13.2 ±0.60a	25. 1 \pm 0. 65 a
	P1	$0.5 \pm 0.12 \mathrm{c}$	$11.5 \pm 1.01 \mathrm{c}$	$1.4 \pm 0.43 \mathrm{c}$	$4.~7\pm0.~23\mathrm{b}$
	P2	$2.~2~\pm 0.~06\mathrm{b}$	195. 9 $\pm 0.98\mathrm{b}$	7.7 $\pm 0.24\mathrm{b}$	4. 5 \pm 0. 43 b
	CK1	$2.6 \pm 0.06 a$	250. 8 ± 0. 53 a	11.4 ±0.63a	18. 9 ± 0. 98a
	S1	$1.3\pm0.10\mathrm{b}$	93.5 $\pm 0.98\mathrm{b}$	$2.~3~\pm 0.~82\mathrm{bc}$	$7.~2\pm1.~00\mathrm{b}$
	S2	0.7 $\pm 0.10\mathrm{c}$	40.0 \pm 1.07 c	$1.2 \pm 0.27 \mathrm{c}$	$3.6 \pm 0.99 \mathrm{c}$
$40 \sim 60 ~\rm cm$	S3	$1.5 \pm 0.09 \mathrm{b}$	93.6 $\pm 0.98 \mathrm{b}$	$2.~7~\pm0.~22\mathrm{b}$	$3.2 \pm 1.03 \mathrm{c}$
	CK2	2. 4 ± 0. 23 a	228.8 ± 10.84a	$10.0 \pm 0.54a$	17.5 \pm 0.67a
	P1	$0.6 \pm 0.11 \mathrm{b}$	$26.8 \pm 1.03 \mathrm{c}$	$1.5 \pm 0.30 \mathrm{b}$	$1.7 \pm 0.41 \mathrm{c}$
	P2	2.5 ± 0.12a	200. 7 $\pm 1.01 {\rm b}$	10. 7 ± 0. 99a	$3.5\pm0.39\mathrm{b}$

①同一土层不同调查地不同小写字母表示差异显著 (P < 0.05)。下同。Different lowercase of different study site in the same soil layer represents significant difference (P < 0.05). The same below.

由表 5 可知,受地震次生灾害影响,土壤 pH 值 呈现上升趋势。熊尔山研究区受害样地的不同土层 pH 值均大于 8.0,属于碱性土壤;蒲溪沟研究区的 土壤碱性与对照相比也明显增强,土壤平均 pH 值 提高了 11.5%。调查地土壤有机质含量低至 4.4 g•kg⁻¹,与对照相比,S1,S2 和 S3 的有机质含量分 别降低 48.6%,88.6%和 50.0%,P1 和 P2 分别降 低 89.2%和 11.1%。震后土壤的阳离子交换量最 大值为 5.88 cmol•kg⁻¹,最小值为1.74 cmol•kg⁻¹, 平均值为 3.72 cmol•kg⁻¹。与对照相比,S1、S2 和 S3 的阳离子交换量分别降低 87.5%,89.3%和 85.9%,P1 和 P2 分别降低 90.3%和 79.7%。一般 认为土壤阳离子交换量低于10 cmol·kg⁻¹为保肥力 弱,由此看来,地震后土壤的保肥能力都很弱。2 个 调查地中受灾林分与对照林分相比,土壤碳氮比虽 有差异但并没有呈现规律性变化;且同一样地不同 土层的土壤碳氮比也未发现规律性变化。但是可以 看出所有样地的碳氮比值均小于 12。

相关分析得到: 土壤有机质与全氮含量(n = 105, r = 0.956, P < 0.01) 与碱解氮含量(n = 105, r = 0.784, P < 0.01)、有效磷含量(n = 105, r = 0.947, P < 0.01)和阳离子交换量(n = 105, r = 0.850, P < 0.01) 均极显著正相关, 与速效钾含量的相关性不显著。

	表 5	土壤 pH 亻	直、阳离子	交换量∖有	机质含量及	とC/N 比	
-	C 11 II			•.			10

	Tab.5 Bon p	ii value, cation exchan	ige capacity; son orge	me matter and C/IV ratio	
土层 Soil layer	调查地 Study site	рН	土壤有机质含量 Soil organic matter/ (g•kg ⁻¹)	阳离子交换量 Cation exchange capacity/ (cmol•kg ⁻¹)	碳氮比 C/N ratio
	CK1	7.4 ± 0.21 a	76. 3 ± 5. 16a	34. 9 ± 3. 04 a	12. 3 ± 0. 91 a
	S1	8.2 \pm 0.21 b	46.3 ± 2.62 b	4.2 ± 0.92 b	11.2 $\pm 0.39 \mathrm{b}$
	S2	$8.3\pm0.33\mathrm{b}$	$11.5\pm1.74\mathrm{c}$	4.6 ± 0.38 b	$6.0 \pm 1.00 \mathrm{c}$
$0 \sim 20 \ {\rm cm}$	S3	$8.3\pm0.33\mathrm{b}$	42.6 $\pm 2.66 \mathrm{b}$	4.5 ± 0.39 b	11.8 $\pm 0.74\mathrm{ab}$
	CK2	5.4 \pm 0.07 a	83. 3 ± 4. 35 a	35. 6 ± 0. 43 a	13.5 $\pm 0.75a$
	P1	$6.\ 2 \pm 0.\ 34 \mathrm{b}$	$4.4 \pm 0.40 \mathrm{c}$	$2.6 \pm 0.38 \mathrm{c}$	$5.3\pm0.58\mathrm{b}$
	P2	$6.~3~\pm 0.~32\mathrm{b}$	75.3 $\pm 5.36 \mathrm{b}$	$5.9 \pm 1.04 \mathrm{b}$	13. 1 ± 0. 88a
	CK1	7.5 ± 0.09a	64. 9 ± 4. 38a	28. 2 ± 2. 08 a	7.5 ± 0.09a
	S1	8.4 $\pm 0.12 \mathrm{b}$	$31.2 \pm 3.60 \mathrm{c}$	$3.~7~\pm0.~27\mathrm{b}$	7.6 $\pm 0.87\mathrm{c}$
	S2	8.3 $\pm 0.28 \mathrm{b}$	5.3 ± 1.61 d	$2.6 \pm 0.48 \mathrm{c}$	$3.8 \pm 1.19 \mathrm{d}$
$20 \sim 40 \ \mathrm{cm}$	S3	$8.4\pm0.36\mathrm{b}$	$27.8 \pm 1.73 \mathrm{c}$	$3.6 \pm 0.43 \mathrm{b}$	10.3 ± 0.65 b
	CK2	$5.6 \pm 0.04 a$	68. 6 ± 2. 04 a	27. 1 ± 0. 69a	$13.0 \pm 0.35a$
	P1	$6.\ 6\pm0.\ 26\mathrm{b}$	$10.1 \pm 1.44 \mathrm{c}$	$2.4 \pm 0.33 \mathrm{c}$	12.8 ± 2.56a
	P2	$6.5 \pm 0.33 \mathrm{b}$	56. 0 $\pm 4.38\mathrm{b}$	5.1 $\pm 0.99\mathrm{b}$	14. 2 ± 1. 13a
	CK1	7.7 ± 0.10a	50. 1 ± 6. 98a	20. 8 ± 3. 05 a	10.9 ± 1.71a
	S1	8.6 $\pm 0.12 \mathrm{b}$	21.0 \pm 2.66 b	$2.6 \pm 0.45 \mathrm{c}$	9.7 ± 1.10a
	S2	8.3 $\pm 0.15\mathrm{bc}$	$5.0 \pm 1.47 \mathrm{c}$	$1.7 \pm 0.43 \mathrm{c}$	$4.3 \pm 1.29 \mathrm{b}$
$40 \sim 60 \ \mathrm{cm}$	S3	$8.4\pm0.39\mathrm{bc}$	$25.~3\pm1.~80\mathrm{b}$	$3.~7~\pm0.~23\mathrm{bc}$	$10.0 \pm 0.69a$
	CK2	$5.7 \pm 0.02 a$	48. 2 ± 1. 93 a	19. 5 ± 0. 92a	10. $5 \pm 0.49a$
	P1	$6.\ 6\pm0.\ 27\mathrm{b}$	$7.2 \pm 1.68 \mathrm{c}$	$3.0 \pm 1.02 \mathrm{c}$	$8.5 \pm 1.98 \mathrm{b}$
	P2	6.8 \pm 0.11 b	46.6 $\pm 5.62 \mathrm{b}$	$5.~7~\pm0.~93\mathrm{b}$	10.9 ± 1.37a

4 讨论

本研究调查发现,研究区下层土体中碎石、砾石 含量高达 10% ~ 30%,因此,只能采集0~20 cm土 层土壤开展物理性质分析,未对20 cm以下土层用环 刀精确地采集土壤样品。庞学勇等(2004)曾对该 地 27 个岷江柏林下土壤密度开展调查,0~20 cm 层的变化范围为0.87~1.13 g•cm⁻³,而本研究调查 得到的土壤密度较高,尤其是在蒲溪沟发育于页岩 的土壤,该点对照土壤的密度高达 1.21 g•cm⁻³。 地震次生灾害导致土壤密度显著提高,这一结果同 李志华等(2014)的无林地中调查结果不一致,他们 发现地震造成无林地的土壤密度显著降低。这一现 象可能与土地利用方式有关,林地土壤地下部分根 系深且密度大,再加上地上部分生物量高,对土体有 一定的挤压作用(Nancy et al., 2012),因此本研究 中受灾林地的密度增大。有些森林土壤研究中发 现,土壤密度常常同土壤有机质含量、土壤粗颗粒 (粉粒、沙粒)含量有关(Nancy et al., 2012),但在本 调查中没有得到类似关系,这可能同调查地土壤质 地粗、样地数量少有关。本研究发现土壤密度增大 直接导致土壤孔隙度下降、通透性降低,因此产生地 表径流,引起水土流失和肥力下降,并发生不同程度的泥石流(王东升等,2011)。

受地震次生灾害严重破坏土壤的砂粒和粉粒含 量明显增多,黏粒含量急剧减少。该地区土壤黏粒 的主要成分是伊利石和绿泥石,主要与成土母质类 型有关(刘学录,2011)。伊利石具有一定的比表面 积和大量负电荷,能通过与土壤有机质的作用形成 团聚体结构(袁仁茂等,2013)。但是地震造成土壤 团聚结构体破坏,导致土壤颗粒缺乏有机质的胶结, 进而土壤抗侵蚀能力减弱,发生黏粒淋失(薛立等, 2011)。土壤黏粒含量与有机质、全氮等养分含量 呈正相关,土壤黏粒的减少直接导致土壤养分减少, 肥力下降(王文艳,2013)。

岷江柏生长的土壤环境为碱性或强碱性,林下 土壤 pH 值为 6.00~9.14 (庞学勇等, 2005),本研 究选取的调查林地的 pH 在此范围中,因此所选调 查地具有较强的代表性。本调查点2种土壤类型 (山地褐土和山地棕壤)的土壤 pH 值受地震次生灾 害影响与对照相比出现升高趋势,并随土层深度增 加而升高。这一现象同土壤中有机质和黏粒流失有 关,森林土壤中有机质常在盐基离子含量少的土壤 中呈现酸性或偏酸性(Nancy et al., 2012),但是调 查地土壤瘠薄,有机质大量淋失造成了土壤 pH 值 改变。岷江柏分布区 0~20, 20~40 和 40~60 cm 土层有机质含量的平均值分别为(90.06 ± 8.72), (38.31 ± 4.25) 和 (32.58 ± 6.99) g•kg⁻¹ (庞 学 勇 等,2005),与本研究选取的对照地的有机质含量相 近,而地震破坏林地的不同土层有机质含量差异显 著,土壤有机质含量显著降低且随土层深度增加无 变化规律,主要是地震扰动造成土壤剖面结构改变 (Wu et al, 2012)。该地区土壤土层较薄,泥石流及 滑坡等造成岩石裸露,地表裸露后又没有足够的调 落物和植物残体补充,也是造成有机质缺乏的原因 (刘旦旦等,2013; 文炯等,2009)。调查地土壤有 机质含量与全氮含量、碱解氮含量、有效磷含量和阳 离子交换量之间均显著正相关,说明有机质含量对 土壤理化特性影响很大(文炯等,2009)。调查地的 CEC 均小于10 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$,说明保肥能力很弱。除 速效钾外,研究林地的土壤养分含量在土壤剖面均 表现为0~20 cm>20~40 cm>40~60 cm 十层,这 与庞学勇等(2005)的研究结果相同。C/N 比是衡 量土壤 C,N 营养平衡状况的指标,土壤微生物获得 平衡营养的 C/N 比约为 25(林青等, 2011)。但是 调查地的土壤 C/N 比大部分在 12 以下,说明地震 造成土壤的碳损失率大于氮损失率,这与前人的研 究一致(Wu et al., 2012)。

生态修复的目标是通过人工设计和恢复措施, 在受地震干扰破坏的生态系统的基础上,恢复和重 新建立一个具有自我恢复能力的健康的生态系统 (杨立东,2011)。调查地土壤存在明显的障碍因 子: 土壤有机质含量减少,碳酸岩母质上发育的土 壤碱性严重升高,表层土壤质地较粗,黏粒含量少。 围绕上述障碍因子提出以下修复建议:1) 增加土 壤有机质。根据研究地属高坡度林地的实际情况建 议种植适于当地干冷环境的绿肥品种如鼠茅草 (Vulpia myuros)、毛 苕 子 (Vicia villosa) 和 苜 蓿 (Medicago sativa)等,达到有机质长期有效输入的目 的;2) 改良黏土矿物。补充土壤黏粒,优化土壤颗 粒组成,适当添加缓冲性能强的黏土矿物如蛭石和 凹凸棒土等,促进土壤有机无机复合体的形成,从而 提高土壤阳离子交换量;3)对碳酸岩发育土壤,应 改善土壤 pH 值。施用酸性有机材料如褐煤 (pH5.6)等修复该地土壤,可以在一定程度上降低 土壤 pH 值,其巨大的比表面积和丰富的孔状结构 也能提高土壤通气性;4)降低人为干扰。在进行 土壤修复的林地设置警示牌和栅栏,避免伐木、放牧 和施工等人为活动的干扰。

5 结论

综上所述,汶川地震对理县地区人工岷江柏林 下土壤理化性质具有很强的破坏影响,主要受灾类 型为山体崩塌、滑坡、泥石流和土体断裂及掩埋。岷 江柏林下的山地褐土和山地棕壤均出现土壤碱性增 强、密度升高的现象,并且土壤黏粒含量大幅度降 低,砂粒和粉粒明显增多。地震在很大程度上引起 了土壤剖面扰动,导致不同采样地不同土层土壤养 分含量出现较大波动和明显降低,受灾林地土壤全 氮含量、碱解氮含量、有效磷含量、速效钾含量、有机 质含量和阳离子交换量均出现显著下降。因此,该 地区应该加强对地震次生灾害破坏的森林土壤生态 修复的重视,尽快改善岷江柏林下土壤环境、提高林 地生产力。

参考文献

- 蔡 艳,张 毅,张世熔,等.2010.地震后土壤Cd、Pb分布特征及其 影响因素分析——以地震灾区彭州市新黄村为例.核农学报, 24(4):796-801.
- (Cai Y, Zhang Y, Zhang S R, et al. 2010. Distribution charateristics of Cd, Pb and their influencing factors after earthquake——with example of a disater area named Xinhuang Village. Journal of Nuclear Agricutural Science, 24 (4) : 796 - 801. [in Chinese])

- 郭 兵,陶和平,刘斌涛,等.2012. 基于 GIS 和 USLE 的汶川地震后
 理县土壤侵蚀特征及分析.农业工程学报,28(14):118-126.
- (Guo B, Tao H P, Liu B T, et al. 2012. Characteristics and analysis of soil erosion in Li Country after Wenchuan earthquake based on GIS and USLE. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 28 (14) : 118 – 126. [in Chinese])
- 李志华,陈 博,李吉跃,等.2014. "5·12" 汶川大地震后无林地土壤 物理性质的变化. 广东林业科技,30(1):46-51.
- (Li Z H, Chen B, Li J Y, et al. 2014. Physical properties change of nonforest soils after 5 • 12 Wenchuan Earthquake. Forestry Science and Technology of Guangdong Province, 30 (1) : 46 - 51. [in Chinese])
- 林 青,曾 军,马 晶,等.2011. 新疆地震断裂带次生植物根际土 壤微生物碳源利用.应用生态学报,22(9):2297-2302.
- (Lin Q, Zeng J, Ma J, et al. 2011. Microbial carbon utilization in rhizosphere soils of secondary plants in earthquake fault zone of Xinjiang. Chinese Journal of Applied Ecology, 22 (9) : 2297 - 2302. [in Chinese])
- 刘旦旦,张鹏辉.2013.黄土坡面不同土地利用类型土壤抗蚀性对比. 林业科学,49(9):102-106.
- (Liu D D, Zhang P H. 2013. A comparison on soil anti-erodibility over different land use types on loess slope. Scientia Silvae Sinicae, 49(9): 102 – 106. [in Chinese])
- 刘学录.2001.秦川盆地土壤粘土矿物分析.甘肃农业大学学报, 36(3):278-281.
- (Liu X L. 2001. Analysis on soil clay minerals in Qinchuan Basin, Gansu, China. Journal of Gansu Agricultural University, 36 (3): 278 - 281. [in Chinese])
- 鲁如坤.2000.土壤农业化学分析方法.北京:中国农业科技出版社.
- (Lu R K. 2000. Chemical analysis method of soil in agriculture. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. [in Chinese])
- 骆建国,周立江,刘 波,等.2011. "5·12"汶川特大地震灾害造成四 川森林资源损失的评估研究.安徽农业科学,39(7):3914 -3917.
- (Luo J G, Zhou L J, Liu B, et al. 2011. Study on the assessment of Sichuan forest resources losses caused by Wenchuan catastrophic earthquake disasters. Journal of Anhui Agricuture Science, 39 (7): 3914 – 3917. [in Chinese])
- 马文宝,徐雪梅,胡顺彬,等.2012. 汶川地震灾区森林植被恢复问题 及其生态对策.四川林业科技,33(4):36-38.
- (Ma W B, Xu X M, Hu S B, et al. 2012. The problems of forest vegetation restoration and the ecological strategies in Sichuan Earthquake Regions. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 33 (4): 36 - 38. [in Chinese])
- 庞学勇,包维楷.2005. 岷江柏林下土壤养分特征及种群间差异分析. 山地学报,23(5):596-605.
- (Pang X Y, Bao W K. 2005. Characteristic and population difference comparison of soil nutrients under cupressus chengiana forests. Journal of Mountain Research, 23 (5): 596 – 605. [in Chinese])
- 庞学勇,包维楷,张咏梅,等.2004. 岷江柏林下土壤物理性质及其地 理空间差异.应用与环境生物学报,10(5):596-601.
- (Pang X Y, Bao W K, Zhang Y M, et al. 2004. Geographical comparison of soil physical properties under *Cupressus chengiana* forests. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 10 (5): 596 - 601.

[in Chinese])

- 宋 旭,蔡 艳,张世熔,等.2010.彭州市新黄村地震灾后土壤有机 碳含量分布特征及影响因素.土壤,(4):589-594.
- (Song X, Cai Y, Zhang S R, et al. 2010. Distribution characteristics and influencing factors of soil organic carbon content after earthquake in New Huang Village of Pengzhou City. Soils, (4): 589 - 594. [in Chinese])
- 王东升,刘 海.2011.理县桃坪乡桃坪滑坡特征分析及稳定性研究. 科技传播,(4):134-135.
- (Wang D S, Liu H. 2011. Study landslide characteristics analysis and stability of Taoping in Li County. Science and Technology Communication, (4): 134 - 135. [in Chinese])
- 王文艳.2013.黄土中主要粘土矿物构成对土壤肥力与抗蚀性的影响 及空间变异研究.杭州:浙江大学硕士学位论文.
- (Wang W Y. 2013. The influence and spatial variability of main clay mineral composition in loess on the soil fertility and corrosion resistance. Hangzhou: MS thesis of Zhejiang University. [in Chinese])
- 文 炯,罗尊长,李明德,等.2009. 土壤活性有机质及其与土壤养分的关系.湖南农业科学,(1):57-60.
- (Wen J, Luo Z Z, Li M D, et al. 2009. Soil active organic matter and its relationship with soil nutrients. Hunan Agricultural Sciences, (1): 57 - 60. [in Chinese])
- 吴鹏飞,刘世荣.2010.汶川地震次生灾害对土壤动物群落的影响.林 业科学,46(9):115-123.
- (Wu P F, Liu S R. 2010. Impacts of secondary geological disasters induced by Wenchuan earthquake on soil fauna community. Scientia Silvae Sinicae, 46 (9) : 115 – 123. [in Chinese])
- 薛 立,陈红跃,杨振意,等.2011.火灾对马尾松林地土壤特性的影响.生态学报,31(22):6824-6830.
- (Xue L, Chen H Y, Yang Z Y, et al. 2011. The effect of fire on soil properties in a Pinus massoniana stand. Acta Ecologica Sinica, 31 (22): 6824 - 6830. [in Chinese])
- 杨立东.2011.马尔康县生态环境存在的问题及保护修复对策.现代 农业科技,(15):300-302.
- (Yang L D. 2011. Problems and counter measures for protection and restoration of ecological environment in Maerkang County. Modern Agricultural Science and Technology, (15): 300 - 302. [in Chinese])
- 杨 渺,谢 强,谭晓蓉,等.2013. 基于 GIS/RS 的地震灾区流域水 土保持功能恢复效应评价.四川环境,(1):39-45.
- (Yang M, Xie Q, Tan X R, et al. 2013. Assessment of restoration of soil and water conservation function in watershed in earthquake disaster area based on GIS/RS. Sichuan Environment, (1): 39 - 45. [in Chinese])
- 袁仁茂,张秉良,徐锡伟,等.2013. 汶川地震北川 映秀断裂北段断 层泥显微构造和黏土矿物特征及其意义. 地震地质,35(4): 685-699.
- (Yuan R M, Zhang B L, Xu X W, et al. 2013. Microstructural features and mineralogy of clay-rich fault gouge at the northern segment of the Yingxiu - Beichuan fault, China. Seismology and Geology, 35 (4): 685 - 699. [in Chinese])
- Cheng S, Yang G, Yu H, et al. 2012. Impacts of Wenchuan Earthquake-

induced landslides on soil physical properties and tree growth. Ecological Indicators, 15 (1): 263 - 270.

- Nancy R, Werdin P, Knut K, et al. 2012. Buried organic horizons represent amino acid reservoirs in boreal forest soils. Soil Biology and Biochemistry, 55 (6): 122 - 131.
- Wu C, Wang J N, Lu T, et al. 2012. Effect of Wenchuan Earthquake on soil physical and chemical properties of the Longmen Mountain, Southwestern China. Chinese Journal of Applied & Environmental

Biology, 18 (6): 911 - 916.

Xu X J, Yan D D, He B H, et al. 2012. Effect on soil nutrient situation of water and soil loss made by earthquake in Wenchuan zone. Journal of Soil and Water Conservation, 26 (3): 34 - 38.

(责任编辑 于静娴)

EI收录《林业科学》

2016年2月11日,国际著名数据库《工程索引》(EI Compendex)发布最新收录期刊目录、《林业科学》 (Scientia Silvae Sinicae)(ISSN 1001 - 7488)自2016年起被 EI 数据库收录。据统计,新公布的 EI 数据库目 录共计收录中国大陆期刊 198种,其中中文刊 146种,英文刊 52种,《林业科学》为唯一被收录的林业类科技 期刊。

EI(工程索引, Engineering Index)创刊于 1884 年, 是美国工程信息公司(Engineering Information Inc.)出版的著名工程技术类综合性检索工具, 是世界最广泛和最完整的工程文献数据库, 以收录工程技术领域的文献水平高、权威性强为特点。每年 Compendex 数据库都会收录约 4,000 种期刊和 5,000 多种会议记录文献, 收录范围包括核技术、生物工程、运输、化学和工艺、光学、农业和食品、计算机和数据处理、应用物理、电子和通信、材料、石油、航空和汽车工程等学科领域。

《林业科学》一直以把我国优秀的科研成果推向世界为己任,虽然为中文期刊,在推进国际化方面也在 不懈努力。编委会中设有海外编委,编辑部加强国际交流,如参加国际书展,向海外知名图书馆赠阅期刊等。 为了增加期刊国际检索量,更好地服务于非中文语种的读者,论文的中英文摘要均增加信息量改为结构式长 摘要,参考文献及文中图表均有英文对照。期刊曾荣获首届并蝉联第二届"中国期刊奖"、连续11年获得中 国科协精品科技期刊工程资助项目并连续4年获得"中国国际影响力优秀学术期刊"的殊荣。此次被EI数 据库收录,标志着《林业科学》在国际化方面又迈上新台阶,这与编委、审稿专家、作者、读者一直以来的支持 密不可分。《林业科学》编辑部将继续以提高稿源质量为根本,努力将期刊的质量和影响力再上一个台阶, 使其真正成为国内一流、国际上有重要影响的林业科技期刊。