

海南岛 3 种森林类型的土壤特性及水源涵养功能

周玉杰^{1,2}, 李建华¹, 王春燕¹, 张广宇¹, 谭文丽¹, 王永鹏¹, 王宁¹, 曹启民¹, 林道春^{3*}

(1. 海南省农垦科学院, 海南海口 570206; 2. 海南省农垦农业科学研究所, 海南海口 571000; 3. 海南省天然橡胶质量检验站, 海南海口 570206)

摘要 [目的]研究海南 3 种森林类型的土壤特性及水源涵养功能。[方法]以海南岛琼中地区天然次生林、马占相思林和 15 年生的橡胶林为研究对象, 对不同森林类型的土壤理化特性和水源涵养功能进行了研究。[结果]不同森林的土壤理化特性及其持水量差异明显, 天然次生林和马占相思林土壤容重小、孔隙多、有机质含量丰富、持水量大, 而橡胶林土壤容重较大、孔隙少、有机质含量低、持水量低。3 种森林类型 0~40 cm 土层的饱和持水量、毛管持水量从大到小依次为天然次生林、马占相思林、橡胶林。[结论]该研究可为海南岛森林生态系统可持续发展提供科学依据。

关键词 土壤特性; 森林类型; 水源涵养功能; 海南岛

中图分类号 S714 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)36-0165-03

Soil Properties and Water Conservation Function of Three Forest Types in Hainan Island

ZHOU Yu-jie^{1,2}, LI Jian-hua¹, WANG Chun-yan¹, LIN Dao-chun^{3*} et al (1. Hainan State Farms Academy of Science, Haikou, Hainan 570206; 2. Agricultural Science Research Institute of Hainan Reclamation, Haikou, Hainan 571000; 3. Hainan Natural Rubber Quality Inspection Station, Haikou, Hainan 570206)

Abstract [Objective] To study the soil characteristics and water conservation function of forest types in Hainan Island. [Method] The soil properties and water conservation function of three different type forests (Secondary forest, *Acacia mangium* forest and *Hevea brasiliensis* forest) in Hainan Island of Qiongzong District were studied. [Result] The results showed that existed significant differences in soil properties and water conservation function among three types forest. The secondary forest and *Acacia mangium* forest had small bulk density, more soil porosity, rich organic matter and large water-holding capacity in soil. But the *Hevea brasiliensis* forest had large bulk density, fewer soil porosity, low organic matter and low water-holding capacity in soil. The saturation moisture capacity and capillary moisture capacity in soil (0-40 cm) for the three forest types from big to small were secondary forest, *Acacia mangium* forest, *Hevea brasiliensis* forest. [Conclusion] This study can provide a scientific basis for the sustainable development of Hainan Island forest ecosystem.

Key words Soil properties; Forest type; Water conservation function; Hainan Island

森林不仅在维持生态平衡方面具有极其重要的作用, 还具有保持土壤结构、维护土地肥力和涵养水源的重要功能。森林土壤是天然的大水库, 降雨能沿着土壤孔隙下渗, 成为土壤贮蓄水和地下径流, 是森林涵养水源的主体, 但不同森林类型由于树种生物学特性和林分结构的不同, 其土壤理化特性和水源涵养效应亦有所差异^[1-4]。研究不同森林类型的土壤理化特性和水源涵养功能, 对于防止水土流失及实现森林可持续发展具有重要意义。

海南岛是我国仅有的 2 个热带林区之一, 森林资源极为丰富, 森林覆盖率达 61.9%, 被称为“绿色之岛”“生态之岛”。近年来, 随着经济的快速发展, 人类盲目追求经济价值, 土地和植被资源被过度利用, 致使森林资源遭受严重破坏, 生态服务功能下降。尤其橡胶林是海南岛重要的经济林树种, 在产生巨大的经济效益和社会效益的同时也带来了诸多生态环境问题, 目前已引起学术界和媒体的争论, 尤其橡胶林对某些地区水文过程的负面影响已引起社会各界的关注, 但目前仍缺乏相关的科学量化数据来证明其影响程度^[5-7]。天然次生林、马占相思林与橡胶林是海南岛地区典

型的森林类型。笔者在海南琼中地区选择这 3 种不同的森林类型开展其土壤理化特性和水源涵养功能研究, 探讨它们之间土壤性质和涵养水源功能的差异, 旨在为合理利用森林资源、维护地力、提高橡胶人工林生产力和可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况 研究区域位于海南省琼中黎族苗族自治县大丰农场, 地理位置为 109°45' E, 19°16' N, 该区属热带海岛季风气候类型, 年均气温 22.9 °C, 年均降水量 2 278 mm, 样地土壤类型为砖红壤酸性土壤。选择区域内 15 年生橡胶林、马占相思林、天然次生林 3 种不同森林类型为调查研究对象。3 种森林的林下植被主要以草本植物、蕨类植物和藤本植物居多, 如含羞草 (*Mimosa pudica* Linn.)、竹叶草 (*Armgrass*)、地胆头 (*Elephantopus scaber* L.)、鸡屎藤 [*Paederia scandens* (Lour.) Merr.]、铁线蕨 (*Adiantum Capillus-veneris* L.)、肾蕨 [*Nephrolepis auriculata* (L.) Trimen] 等。

1.2 土样采集 每个样地内设置 5 个取样点, 采用环刀法分层采集 0~20 和 20~40 cm 自然土壤样品各 2 份, 1 份用于测定土壤自然含水量及容重, 另 1 份用于测定土壤持水量。同时, 采用分层多点混合取土样方法采集各样地土壤, 自然风干, 捡去石块、草根等杂质, 过筛, 测定土壤养分含量。

1.3 土壤理化性质测定

1.3.1 土壤容重及孔隙度。 将环刀法采集的土样转移至已知重量的铝盒内, 称重, 并将样品带回实验室, 置于 105 °C 烘箱内烘干至恒重, 称量烘干土及铝盒重量, 计算土壤容重和孔隙度。

基金项目 海南省自然科学基金项目(317204); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-34-GW10); 2016 年海南省重点研发计划(ZDYF2016105); 海南耕地改良关键技术研究示范专项(HNGDhs2015); 海南农业遥感技术推广应用与示范研究(ZDKJ2016021-02-05)。

作者简介 周玉杰(1980—), 女, 湖南永州人, 助理研究员, 博士, 从事热带作物栽培生态研究。* 通讯作者, 助理农艺师, 从事土壤养分研究。

收稿日期 2017-10-25

1.3.2 土壤饱和持水量、毛管持水量及非毛管持水量。环刀采集的土样称重后带回实验室放入平底盘中,注入并保持盆中水层高度至环刀上沿,浸泡吸水 12 h,环刀内土壤所有毛管孔隙及非毛管孔隙都充满水分后取出,立即称量,计算土壤饱和持水量、毛管持水量及非毛管持水量。

1.3.3 土壤养分。土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法测定;全氮含量采用半微量开氏法测定;全磷含量采用钼锑抗比色法测定;全钾含量采用火焰光度计法测定。

2 结果与分析

2.1 不同森林类型土壤容重与孔隙状况 土壤容重和孔隙度是反映土壤物理性质的重要参数,直接影响土壤的通气性和透水性^[8-9]。土壤容重综合反映了土壤松紧度、通气性及透水性,土壤容重大,表明土壤紧实、板结,土壤退化趋势愈强;土壤容重小,则表明土壤疏松多孔,结构性良好^[10]。由表 1 可知,3 种森林类型 0~20 和 20~40 cm 土层的土壤容重从大到小依次为橡胶林、马占相思林、次生林,其中橡胶林

0~20 cm 土层土壤容重极显著大于次生林,马占相思林和次生林的土壤容重差异不显著。土壤孔隙是土壤中水分、空气、养分及微生物的迁移通道和活动场所,尤其毛管孔隙是土壤水分贮存和水分运动相当强烈的地方^[11-12]。3 种森林类型 0~20 和 20~40 cm 土层的土壤总孔隙度和毛管孔隙度从大到小依次为次生林、马占相思林、橡胶林,其中次生林和马占相思林 0~20 cm 土层的总孔隙度极显著高于橡胶林,马占相思林和橡胶林 0~20 和 20~40 cm 的总孔隙度和毛管孔隙度差异不显著,3 种森林类型间土壤非毛管孔隙度差异不显著。

从 3 种森林的土壤容重和空隙状况可以看出,次生林和马占相思林土壤容重较小,孔隙多,而橡胶林土壤容重大,孔隙少。因此,次生林和马占相思林土壤疏松、透气,结构较好,橡胶林土壤紧实,结构相对较差,原因可能是橡胶林由于耕作、施肥等影响,受人为活动扰动较为频繁,林下植被稀少,使得林地土壤板结、孔隙度降低、透气性变差、结构退化。

表 1 3 种森林类型的土壤容重及孔隙度

Table 1 Volume weight and porosity of soil of three forests

森林类型 Forest types	0~20 cm 土层 0~20 cm soil layer				20~40 cm 土层 20~40 cm soil layer			
	容重 Bulk density g/kg	总孔隙度 Total porosity %	毛管孔隙度 Capillary porosity %	非毛管孔隙度 Non capillary porosity %	容重 Bulk density g/kg	总孔隙度 Total porosity %	毛管孔隙度 Capillary porosity %	非毛管孔隙度 Non capillary porosity %
次生林 Secondary forest	1.28 bB	51.64 aA	38.27 aA	13.36 aA	1.38 bA	48.04 aA	37.21 aA	10.82 aA
马占相思林 Acacia mangium forest	1.32 bAB	50.14 abA	35.06 abAB	15.09 aA	1.51 abA	43.11 abA	31.81 abA	11.30 aA
橡胶林 Hevea brasiliensis forest	1.53 aA	42.19 bB	31.23 bB	10.95 aA	1.56 aA	41.31 bA	29.32 bA	11.99 aA

注:同列不同大、小写字母分别表示不同处理在 0.05、0.01 水平差异显著

Note: Different large and lowercase letters in the same column showed significant differences at the 0.01 and 0.05 levels

2.2 不同森林类型土壤养分状况 不同森林类型由于受到植被类型、土壤结构、物理性质及凋落物等因素的影响,土壤养分状况存在差异。由表 2 可知,0~20 cm 土层的土壤养分状况:次生林、马占相思林土壤有机质和全氮含量大于橡胶

林,3 种森林土壤全磷和全钾含量差异不显著。20~40 cm 土层的土壤养分状况:次生林土壤有机质和全钾含量显著高于马占相思林和橡胶林;3 种森林土壤全氮、全磷含量差异不显著。

表 2 3 种森林类型的土壤养分状况

Table 2 Soil nutrient status of three forests

森林类型 Forest types	0~20 cm 土层 0~20 cm soil layer				20~40 cm 土层 20~40 cm soil layer			
	有机质 Organic matter %	全氮 Total nitrogen %	全磷 Total phosphorus %	全钾 Total potassium %	有机质 Organic matter %	全氮 Total nitrogen %	全磷 Total phosphorus %	全钾 Total potassium %
次生林 Secondary forest	2.20 aA	0.136 aA	0.025 aA	3.80 aA	1.94 aA	0.079 aA	0.014 aA	3.36 aA
马占相思林 Acacia mangium forest	1.92 aA	0.097 abA	0.028 aA	2.25 aA	1.08 bA	0.068 aA	0.015 aA	1.80 bA
橡胶林 Hevea brasiliensis forest	1.22 bA	0.082 bA	0.016 aA	1.93 aA	1.06 bA	0.055 aA	0.016 aA	1.71 bA

注:同列不同大、小写字母分别表示不同处理在 0.05、0.01 水平差异显著

Note: Different large and lowercase letters in the same column showed significant differences at 0.01 and 0.05 levels

2.3 不同森林类型土壤水源涵养功能 土壤是森林水源贮藏的主要场所,饱和持水量是土壤全部孔隙充满水时所保持的水量,是毛管孔隙和非毛管孔隙贮存水分之和,为土壤所能容纳的最大持水量,反映土壤贮存和调节水源的潜在能力^[13]。毛管持水量为吸持贮存水,供植物根系吸收供其正常生理活动所需的有效水分和土壤蒸发。非毛管持水量通过重力作用在土壤中可做上下运动,能够调节土壤水分流量

和稳定水位。

由表 3 可知,从 0~20 cm 土层土壤持水量来看,次生林、马占相思林的饱和持水量显著高于橡胶林,次生林土壤自然含水量显著高于橡胶林,毛管持水量极显著高于橡胶林,次生林和马占相思林间的自然含水量差异不显著,3 种森林类型的土壤非毛管持水量差异亦不显著。从 20~40 cm 土层的持水量来看,次生林的自然含水量显著高于马占相思林和

橡胶林,饱和持水量和毛管持水量均显著高于橡胶林;3种森林类型的土壤非毛管持水量差异不显著。0~40 cm 土层的饱和持水量和毛管持水量从大到小依次为次生林、马占

相思林、橡胶林,其中次生林的饱和持水量显著高于橡胶林,3种森林类型彼此间毛管持水量差异显著,土壤非毛管持水量差异不显著。

表 3 3 种森林类型的土壤水源涵养功能

Table 3 Water conservation function of soil of three forests

土层深度 Soil depth cm	森林类型 Forest types	自然含水量 Natural moisture content/%	饱和持水量 Saturated water holding capacity/t/hm ²	毛管持水量 Capillary water holding capacity t/hm ²	非毛管持水量 Non capillary water holding capacity/t/hm ²
0~20	次生林	19.57 aA	1 032.54 aA	765.32 aA	267.23 aA
	马占相思林	17.24 abA	1 002.88 aAB	701.16 abAB	301.73 aA
	橡胶林	15.58 bA	843.76 bB	624.69 bB	257.29 aA
20~40	次生林	19.06 aA	960.71 aA	744.29 aA	287.75 aA
	马占相思林	14.92 bA	862.15 abA	636.13 abA	336.79 aA
	橡胶林	14.77 bA	826.14 bA	586.36 bA	377.40 aA
0~40	次生林		1 993.26 aA	1 509.60 aA	554.00 aA
	马占相思林		1 865.03 abA	1 337.28 bB	638.51 aA
	橡胶林		1 669.91 bA	1 211.05 cB	596.47 aA

注:同列不同大、小写字母分别表示不同处理在 0.05、0.01 水平差异显著

Note: Different large and lowercase letters in the same column showed significant differences at 0.01 and 0.05 levels

2.4 不同森林土壤水源涵养功能与土壤性质的相关性 由表 4 可知,3 种森林土壤水分蓄积量受土壤容重和孔隙度的影响很大,但不同类型持水量与土壤容重和孔隙度的关系不同。3 种森林土壤的饱和持水量与土壤容重呈极显著负相关,与总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度均呈极显著正

相关,说明土壤容重小、孔隙度多的森林土壤水分蓄积量大,水源涵养功能强;毛管持水量与土壤容重呈显著负相关,与总孔隙度、毛管孔隙度呈极显著正相关;非毛管持水量与毛管孔隙度呈极显著负相关,与非毛管孔隙度呈极显著正相关。

表 4 土壤水源涵养功能与土壤性质的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between soil water conservation function and soil properties

指标 Index	容重 Bulk density	总孔隙度 Total porosity	毛管孔隙度 Capillary porosity	非毛管孔隙度 Non capillary porosity
饱和持水量 Saturated water holding capacity	-1.00**	1.00**	0.70**	0.57**
毛管持水量 Capillary water holding capacity	-0.70*	0.70**	1.00**	-0.18
非毛管持水量 Non capillary water holding capacity	-0.15	0.14	-0.51**	0.79**

注: * 表示在 0.05 水平显著相关; ** 表示在 0.01 水平显著相关

Note: * stands for significant correlation at 0.05 level; ** stands for significant correlation at 0.01 level

3 结论与讨论

人工林与天然林由于林分起源和结构不同,人工林多为单一树种,在功能上存在较大差异。研究表明,人工林在涵养水源、土壤维持、生物多样性等方面的功能较天然次生林差^[14-15]。海南岛橡胶林多为单一人工树种群落,且第 1 代胶园基本上都是在自然植被土地上建立起来的,在长期大规模替代自然植被的背景下,再加上不合理的经营管理,必定对橡胶林人工林生态系统生态服务功能产生一定影响。

土壤持水能力受植被、土壤物理性质、土层厚度、地质、地形等自然因素及人为因素的长期影响,其中土壤物理性质尤为重要^[16]。该研究中 3 种森林土壤持水量与土壤物理性质中的土壤容重、孔隙度关系密切。从 3 种森林类型的土壤性质和持水量可以看出,天然次生林和马占相思林土壤疏松、孔隙多,土壤保水、通气性能好,土壤持水量大,具有较高的水源涵养功能,其 0~40 cm 土层的饱和持水量分别为 1 993.26 和 1 865.03 t/hm²,而橡胶林土壤相对较为紧实、孔隙少,土壤保水、通气性能较差,土壤持水量较小,水源涵养功能相对最低,0~40 cm 土层的饱和持水量为 1 669.91 t/hm²。总体来看,橡胶林水源涵养功能要低于次生林和马占相思林,表明橡胶林已经出现了土壤衰退和水土流失现象,但其仍具

有一定的水源涵养能力,通过合理种植、加强经营管理可增强其水源涵养功能。建议在追求经济效益的同时,改善橡胶林现有的种植和经营管理模式,严禁超海拔、超坡度种植橡胶树,并严格做好水土保持工程措施,以防止水土流失;同时,充分利用橡胶种植空间生态位,采用胶园间作技术,在橡胶林中间作豆科、南药、牧草等作物,改善林分结构,改良土壤结构,以提高橡胶林的水源涵养功能。

参考文献

- [1] 姜志林. 森林生态学(五):森林生态系统蓄水保土的功能(1)[J]. 生态学杂志, 1984(6):58-61,63.
- [2] 薛立,梁丽丽,任向荣,等. 华南典型人工林的土壤物理性质及其水源涵养功能[J]. 土壤通报, 2008,39(5):986-989.
- [3] 何斌,黄承标,秦武明,等. 不同植被恢复类型对土壤性质和土壤水源涵养功能的影响[J]. 水土保持学报, 2009,23(2):71-74,79.
- [4] 周允安,黄承标,曾成秀,等. 不同人工林类型枯枝落叶层及土壤层水源涵养功能分析[J]. 广东农业科学,2013,40(14):85-87,91.
- [5] HE Y L, ZHANG Y P, YANG X B. Climate change in tropical area of southwestern China since 1950s[J]. Scientia geographica sinica, 2007, 27(4): 499-505.
- [6] ZIEGLER A D, BRUUN T B, GUARDIOLA C M, et al. Environmental consequences of the demise in swidden cultivation in montane mainland southeast Asia: Hydrology and geomorphology [J]. Human ecology, 2009, 37(3):361-373.
- [7] 周外,吴兆录,何警成,等. 橡胶种植与饮水短缺:西双版纳戈牛村的案例[J]. 生态学杂志, 2011, 30(7):1570-1574.

(下转第 172 页)



图12 太湖大道北侧绿化带郁闭后植物的变化

Fig. 12 Changes of vegetation in the green belt of the north side of Taihu Avenue

树应该以单一落叶树种为主,机动车与非机动车绿化带与行道树选择不同树种可以改善道路景观,降低发生病虫害的风险。中间绿化带、道路两侧绿化带树种选择多层次植物配植,注意落叶与常绿树种、乔木与花灌木、地被植物搭配之间生物学特性、生态习性的互补。既要考虑群落的尽快形成与景观效果,科学选定种植植物的规格和种植密度,避免群落早期出现空间竞争,推迟群落出现分化的时间,调整植物组成而增加的费用,更要考虑构建的群落要在空间结构、时间结构、营养结构方面科学合理有效且稳定可靠,并能良性循环。

5.2 养护管理 自然界植物群落的演化完全是由植物的天然竞争来完成,群落形成后,可以存在相当长的时间,再经过群落内外植物有序的演替实现自我恢复。而道路人工植物群落天然竞争会严重影响道路景观。在道路人工植物群落接近郁闭前(植物成活后5~7年,视植物生长情况确定),通过人工干预措施,即加强养护管理,主动去调节植物群落之间的密度和相互关系,及时清除濒死或死亡的植株(物种),移植部分植株或不适宜群落中生存的物种,并加以利用。对已郁闭或出现群落内植物被压抑或分化的群落,适时、适度扶强去弱,保留乔、灌木层骨干或珍贵树种,疏减过多过密的植物,或调整处于群落下层的植物种类,诱导人工植物群落

内部植物的竞争。

6 结语

通过对无锡市道路绿地人工植物群落的调查,反映了道路绿地人工植物群落内不同植物种类自建立至十余年生长演变的全部过程,即中、上层植物在成活后,恢复生长并占领上层空间;中下层植物成活后迅速占领下层空间,以后随着上层植物生长,对下层植物产生抑制,如能及时调整中、下层绿地植物种类,可以保持道路绿地人工植物群落向良性转化。这样的变化规律可为城市道路绿地设计、养护及群落内植物密度的调整提供参考,未来将继续关注无锡市道路绿地人工植物群落的新变化。

参考文献

- [1] 王浩,谷康,孙新旺,等.城市道路绿地景观规划[M].南京:东南大学出版社,2005.
- [2] 俞孔坚,李迪华.城市景观之路:与市长们交流[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [3] 季静,王罡,杜希龙,等.京津冀地区植物对灰霾空气中PM_{2.5}等细颗粒物吸附能力分析[J].中国科学:生命科学,2013,43(8):694-699.
- [4] 无锡市公园景区管理中心,无锡市园林文化研究会.无锡园林志[M].南京:凤凰出版社,2013.
- [5] 钱又宇.解析营造城市复层植物群落的耐阴植物[J].园林,2013(3):12-15.
- [6] 周琦,季旭华,车生泉,等.上海市外环线人工植物群落调查:以2000年段为例[J].上海交通大学学报(农业科学版),2005,23(4):416-423.

(上接第167页)

- [8] 魏强,张秋良,代海燕,等.大青山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2008,22(2):111-115.
- [9] 许景伟,李传荣,夏江宝,等.黄河三角洲滩地不同林分类型的土壤水文特性[J].水土保持学报,2009,23(1):173-176.
- [10] 胡定宇.土壤学[M].杨凌:天则出版社,1990:35-37.
- [11] 孙艳红,张洪江,程金花,等.缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2006,20(2):106-109.
- [12] 胡淑萍,余新晓,岳永杰.北京百花山森林枯落物层和土壤层水文效

应研究[J].水土保持学报,2008,22(1):146-150.

- [13] 李文影,满秀玲,张阳武,等.不同林龄白桦次生林土壤特性及其水源涵养功能[J].中国水土保持科学,2009,7(5):63-69.
- [14] 王威,郑小贤,宁杨翠.北京山区水源涵养林典型森林类型结构特征研究[J].北京林业大学学报,2011,33(1):60-63.
- [15] 王勤,张宗应,徐小牛.安徽大别山库区不同林分类型的土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2003,17(3):59-62.
- [16] 林大仪.土壤学[M].北京:中国林业出版社,2002:122-132.

科技论文写作规范——讨论

着重于研究中新的发现和重要方面,以及从中得出的结论。不必重复在结果中已评述过的资料,也不要模棱两可的语言,或随意扩大范围,讨论与文中无多大关联的内容。