

# 不同年龄阶段马尾松人工林土壤水分-物理性质<sup>\*</sup>

秦佳双<sup>1</sup>, 李明金<sup>2</sup>, 宋尊荣<sup>1</sup>, 零天旺<sup>2</sup>, 马姜明<sup>1\*</sup>, 杨章旗<sup>3</sup>, 颜培栋<sup>3</sup>, 菅瑞<sup>1</sup>, 陆绍浩<sup>2</sup>

(1. 珍稀濒危动植物生态与环境教育重点实验室, 广西桂林 541006; 2. 横县镇龙林场, 广西横县 530327; 3. 广西林业科学研究院, 广西南宁 530002)

**摘要:**本研究以广西横县镇龙国有林场内的马尾松人工林为对象, 旨在为马尾松林的合理经营提供科学理论依据。采用环刀法对4种不同种植年限马尾松林的土壤物理性质进行研究。结果发现, 马尾松人工林土壤容重随林龄的增长呈减小的趋势, 土壤饱和持水量、土壤毛管持水量和土壤渗透率随林龄的增长呈逐渐增加的趋势。土壤容重随土层深度的加深而增大, 土壤孔隙度、土壤持水量以及土壤渗透率随土层深度的加深而减小。总体上, 马尾松人工林随着林龄的增长对土壤改善起到促进作用, 且表层土壤处于较好状态, 深层土壤改善效果逐渐增大。

**关键词:**马尾松人工林 土壤容重 土壤孔隙度 土壤持水量 土壤渗透率

中图分类号: S715-3 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2019)02-0245-07

## 0 引言

土壤物理性质不仅直接或间接影响土壤的通气、透水、土壤肥力及热能等性能<sup>[1-2]</sup>, 也影响地表径流、降雨入渗、地下水补给和流域产水等流域水文功能<sup>[3-4]</sup>, 是土壤生态环境研究的重要内容, 是反映土壤结构、水文状况及评价土壤质量的重要指标<sup>[5]</sup>, 对森林植被的生长发育研究具有重要意义。良好的土壤物理性质是植被生长的基础, 也是林木高产且稳定获取的保障<sup>[6]</sup>。土壤物理性质主要包括土壤容重、土壤孔隙度、土壤持水量及土壤渗透率等多项指标<sup>[7]</sup>。研究土壤的物理性质变化, 对于合理利用森林和森林土壤资源, 建立良性循环的森林生态系统有着重大的意义, 为恢复森林生态系统的顶极群落, 以及森林植被

的科学种植、合理经营提供科学可行的理论依据<sup>[8]</sup>。

马尾松(*Pinus massoniana*)为阳性树种, 具有耐干旱瘠薄、喜酸性、适应性强等特性, 为荒山生态恢复过程中的先锋树种, 也是我国山区及丘陵地区绿化造林的重要树种。目前, 全国马尾松分布区域遍及17个省(市、区), 林分面积达1 200多万公顷, 占全国乔木林面积的7.74%, 居全国乔木树种首位, 蓄积量居第6位<sup>[9-10]</sup>。马尾松人工林的生产力问题已经逐步成为人工林经营管理者关注的焦点<sup>[11]</sup>。近年来, 广西马尾松研究多集中在土壤理化性质<sup>[12-13]</sup>、土壤微生物<sup>[14-15]</sup>等方面, 但从时间尺度对马尾松土壤物理性质进行的研究很少。本研究采用空间代替时间的方法, 研究不同林龄马尾松人工林土壤容重、土壤孔隙度、土壤持水量及土壤渗透率等土壤物理性质指标的变

<sup>\*</sup> 广西创新驱动发展专项(广西重大专项)课题(桂科 AA17204087-7)资助。

### 【作者简介】

秦佳双(1992—), 男, 硕士研究生, 主要从事恢复生态学研究。

### 【\* \* 通信作者】

马姜明(1976—), 男, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事退化生态系统的恢复与重建研究, E-mail: mjming03@163.com。

### 【引用本文】

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20190419.002

秦佳双, 李明金, 宋尊荣, 等. 不同年龄阶段马尾松人工林土壤水分-物理性质[J]. 广西科学, 2019, 26(2): 245-251.

QIN J S, LI M J, SONG Z R, et al. Soil water-physical properties of *Pinus massoniana* plantation at different ages [J]. Guangxi Sciences, 2019, 26(2): 245-251.

化规律,旨在分析不同林龄的马尾松人工林对土壤物理特性的影响,揭示影响立地条件的主要因素,探讨合理调控机制,使土壤立地条件得到改善,为人工林土壤肥力管理和林木可持续发展调控提供科学依据,促进马尾松人工林更好的发挥其经济价值和生态价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

研究地选在广西横县镇龙林场,林场位于广西横县北部。地理坐标为  $109^{\circ}08' \sim 109^{\circ}19' E$ ,  $23^{\circ}02' \sim 23^{\circ}08' N$ ,海拔  $400 \sim 700$  m 的低山丘陵。气候属于南亚热带季风气候,年平均气温为  $21.5^{\circ}C$ ,极端低温  $-1^{\circ}C$ ,极端高温  $39.2^{\circ}C$ ; 年均降雨量为  $1\,477.8$

表 1 样地基本特征

Table 1 Basic characteristics of the plots

林分类型 Stand types	林龄 Age (a)	平均胸径 Average DBH (cm)	平均树高 Average height (m)	密度 Density (trees · hm <sup>-2</sup> )	海拔 Altitude (m)	坡向 Slope aspect	坡位 Slope position	郁闭度 Canopy density
幼龄林 Young forest	6	10.55	5.65	1 300	313	西北 NW	中 Mid	0.7
中龄林 Middle forest	17	12.67	10.79	1 407	378	东南 SE	中上 Mid-uphill	0.8
成熟林 Mature forest	32	28.23	25.12	598	262	北 N	中上 Mid-uphill	0.8
过熟林 Overripe forest	58	41.27	26.55	197	258	东南 SE	上 Uphill	0.8

### 1.3 数据测定及分析

采用环刀法<sup>[16]</sup>测定各林分土壤容重、土壤孔隙度以及土壤持水量等性质,用双环刀法<sup>[17]</sup>测定土壤渗透率。

用 Excel 对原始数据进行整理统计,用 SPSS 21.0 分析软件对整理后的数据进行方差分析,制图使用 SigmaPlot 12.5。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤容重

土壤容重随土层深度的增加逐渐增大,随林龄的增长趋于减小。成熟林的土壤容重最大值为  $20 \sim 40$  cm 土层,其余林龄均为  $40 \sim 60$  cm 土层;除过熟林外,其余林分不同土层土壤容重均存在差异显著性 ( $P < 0.05$ )。不同林龄  $0 \sim 20$  cm 土层土壤容重随林龄的增长呈先增大后减小趋势,且中林龄  $>$  幼龄林  $>$  成熟林  $>$  过熟林;  $20 \sim 40$  cm 土层土壤容重随林龄的增长呈波动减小趋势;  $40 \sim 60$  cm 土层土壤容重随林

龄的增长逐渐减小;  $20 \sim 40$  cm,  $40 \sim 60$  cm 土层土壤容重均为幼龄林最大,过熟林最小;  $0 \sim 20$  cm 土层过熟林土壤容重与幼龄林、成熟林差异不显著,其余两层过熟林土壤容重均与其他林龄差异显著 ( $P < 0.05$ ) (图 1)。

### 1.2 样地设置与样品采集

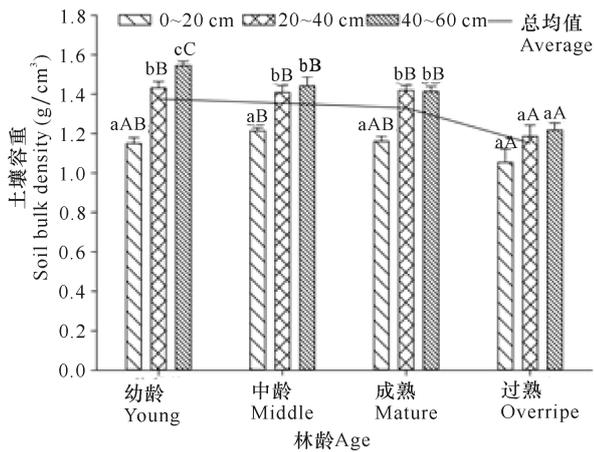
在研究地选取立地条件大致相似的 2012 年(幼龄林)、1999 年(中龄林)、1986 年(成熟林)、1960 年(过熟林)种植的马尾松人工林,每个类型的林地各设置 3 个  $20$  m  $\times$   $20$  m 的标准样方,共计 12 个样方(表 1)。

2018 年 3 月在各标准样方内按 S 形曲线设置 5 个具有代表性的采样点,在各样点挖掘 1 个土壤剖面,按照  $0 \sim 20$  cm,  $20 \sim 40$  cm,  $40 \sim 60$  cm 土层,用规格为  $100$  cm<sup>3</sup> 环刀取土样,用于土壤物理性质指标的测定。

龄的增长逐渐减小;  $20 \sim 40$  cm,  $40 \sim 60$  cm 土层土壤容重均为幼龄林最大,过熟林最小;  $0 \sim 20$  cm 土层过熟林土壤容重与幼龄林、成熟林差异不显著,其余两层过熟林土壤容重均与其他林龄差异显著 ( $P < 0.05$ ) (图 1)。

### 2.2 土壤孔隙度

不同林龄马尾松人工林土壤孔隙变化趋势如图 2 所示。马尾松人工林土壤总孔隙度、毛管孔隙度随林龄的增加呈先增大后减小趋势,土壤非毛管孔隙度随林龄的增长呈先减小后增大趋势。在同一林龄中,  $0 \sim 40$  cm 土层土壤孔隙度随土层深度的加深呈减小趋势,  $40 \sim 60$  cm 土层土壤总孔隙度除幼龄林外,其余林分均大于  $20 \sim 40$  cm 土层。  $0 \sim 20$  cm 土层土壤总孔隙度随林龄的增长呈逐渐减小的趋势,且过熟林土壤总孔隙度与其他林分差异显著 ( $P < 0.05$ );  $20 \sim 40$  cm 土层土壤总孔隙度随林龄的增长呈波动减小趋势;  $40 \sim 60$  cm 土层土壤总孔隙度随林龄的增长呈逐渐增加的趋势(图 2a)。



不同小写字母表示同一林龄、不同土层间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 不同大写字母表示同一土层、不同林龄间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Different lowercase letters indicate significant difference between different soil layers at the same forest age ( $P < 0.05$ ), different uppercase letters indicate significant difference between different forest ages in the same soil layer ( $P < 0.05$ )

图 1 不同林龄马尾松人工林土壤容重变化

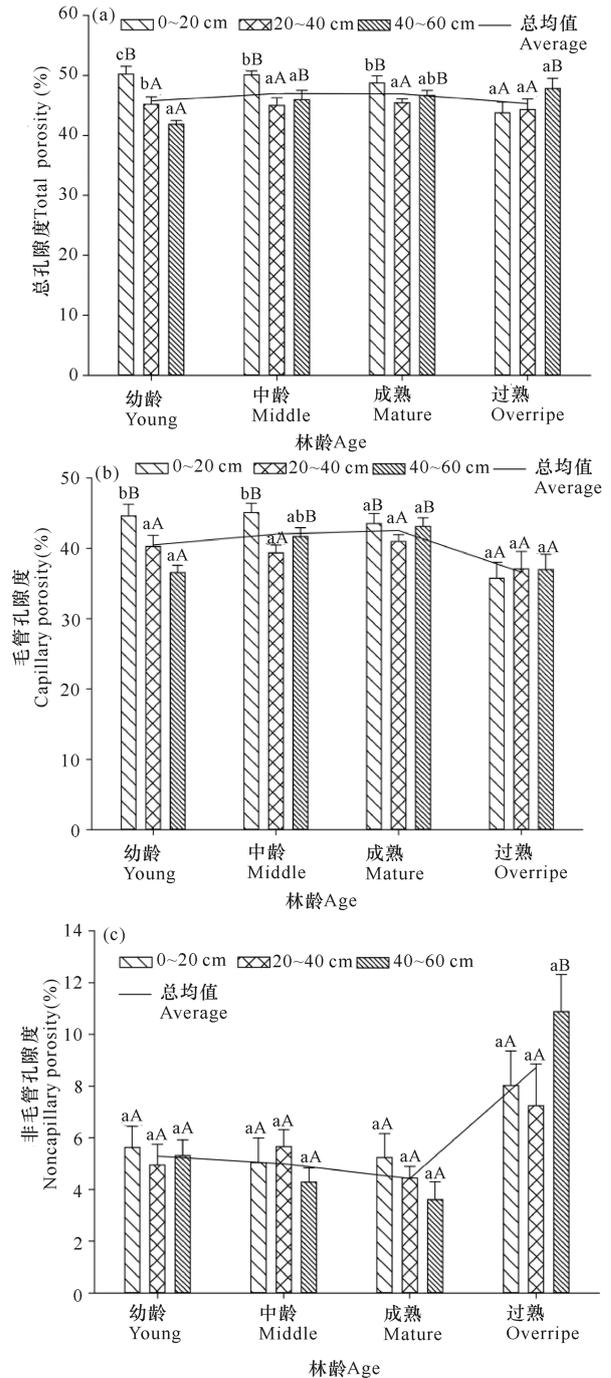
Fig. 1 The changes of soil bulk density of *Pinus massoniana* plantation at different ages

0~40 cm 土层土壤毛管孔隙度随着土层深度的增加呈减小的趋势, 40~60 cm 土层土壤毛管孔隙度除幼龄林外, 其余林分均大于 20~40 cm 土层。0~20 cm 土层土壤毛管孔隙度随林龄的增长呈逐渐减小趋势, 且过熟林土壤毛管孔隙度与其他林分差异显著 ( $P < 0.05$ ); 20~40 cm, 40~60 cm 土层土壤毛管孔隙度随林龄的增长呈先增大后减小趋势, 局部有所浮动, 但均为成熟林最大, 过熟林最小(图 2b)。

0~40 cm 土层土壤非毛管孔隙度除中林龄外, 均随土层深度的增加呈减小趋势; 40~60 cm 土层幼龄林、过熟林土壤非毛管孔隙度大于 20~40 cm 土层, 中龄林和成熟林则相反。土壤非毛管孔隙度随着林龄的增长呈先减小后增大的趋势; 各层次土壤非毛管孔隙度均为过熟林最大, 而最小值除 20~40 cm 土层为幼龄林外, 其余均为成熟林(图 2c)。

### 2.3 土壤持水量

不同林龄马尾松人工林土壤持水量变化趋势如图 3 所示。土壤饱和持水量、土壤毛管持水量、田间持水量均随土层深度的增加呈减小趋势, 土壤饱和持水量、土壤田间持水量随林龄的增长呈逐渐增大趋势, 土壤田间持水量随着林龄的增长呈先增大后减小趋势。饱和持水量除幼龄林外, 其余林分均为 40~60 cm > 20~40 cm, 但两个土层间差异均不明显; 0~20 cm 土层土壤饱和持水量随林龄的增长呈先减



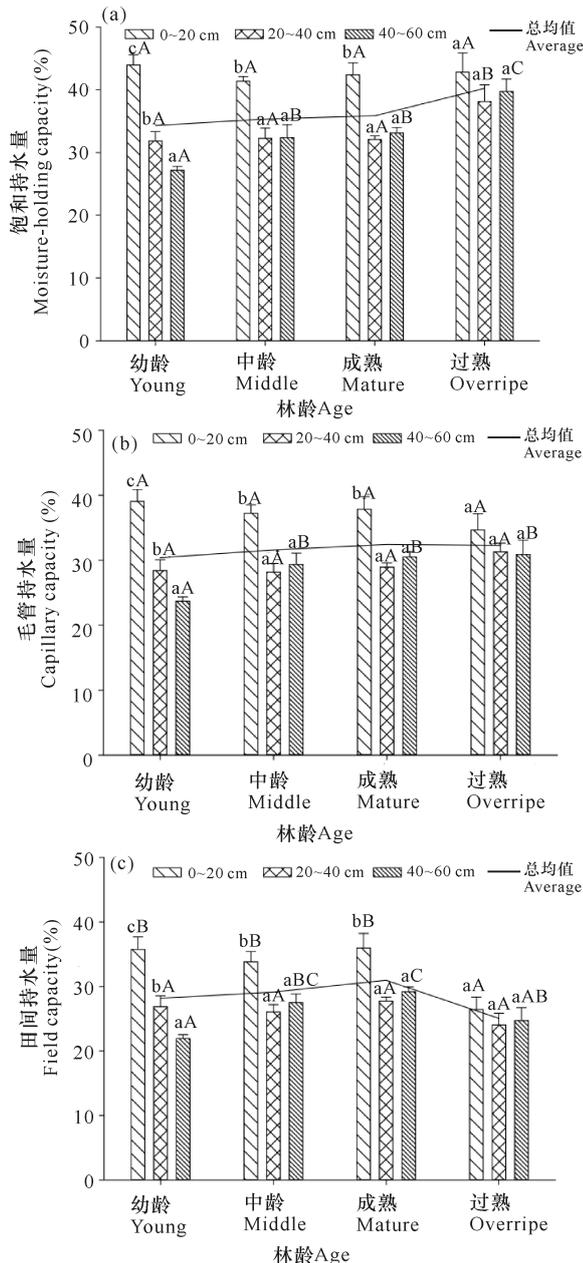
不同小写字母表示同一林龄、不同土层间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 不同大写字母表示同一土层、不同林龄间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Different lowercase letters indicate significant difference between different soil layers at the same forest age ( $P < 0.05$ ), different uppercase letters indicate significant difference between different forest ages in the same soil layer ( $P < 0.05$ )

图 2 不同林龄马尾松人工林土壤孔隙度变化

Fig. 2 The changes of soil porosity of *Pinus massoniana* plantation at different ages

小后增大趋势; 20~40 cm, 40~60 cm 土层随林龄的增长逐渐增大, 且过熟林与其他林分差异显著 ( $P < 0.05$ )(图 3a)。中龄林和成熟林土壤饱和持水量均



不同小写字母表示同一林龄、不同土层间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 不同大写字母表示同一土层、不同林龄间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Different lowercase letters indicate significant difference between different soil layers at the same forest age ( $P < 0.05$ ), different uppercase letters indicate significant difference between different forest ages in the same soil layer ( $P < 0.05$ )

图3 不同林龄马尾松人工林土壤持水量变化

Fig. 3 The changes of soil-water capacity of *Pinus massoniana* plantation at different ages

为  $40\sim 60\text{ cm} > 20\sim 40\text{ cm}$ , 但两个土层间差异不显著;  $0\sim 20\text{ cm}$  土层饱和持水量随着林龄的增长逐渐减小, 其余两土层则相反 (图 3b)。除幼龄林外, 其余林分田间持水量均为  $40\sim 60\text{ cm} > 20\sim 40\text{ cm}$ , 但两

个土层间差异不显著;  $0\sim 20\text{ cm}$  和  $20\sim 40\text{ cm}$  土层田间持水量均随着林龄的增长呈波动减小的趋势;  $40\sim 60\text{ cm}$  土层随林龄的增长呈先增大后减小的趋势, 且林龄间差异显著, 其中幼龄林最小, 成熟林最大 (图 3c)。

## 2.4 土壤渗透率

不同林龄马尾松人工林土壤渗透速率变化趋势如表 2 所示, 马尾松人工林土壤初渗速率、稳渗速率随着土层深度的增加呈减小趋势, 随着林龄的增长呈增大趋势。除幼龄林、中龄林土壤初渗速率最大值出现在  $20\sim 40\text{ cm}$  土层, 其余均出现在  $0\sim 20\text{ cm}$  土层; 土壤稳渗速率最大值除幼龄林出现在  $20\sim 40\text{ cm}$  土层, 其余均出现在  $0\sim 20\text{ cm}$  土层。各土层土壤稳渗速率随林龄的增长逐渐增大, 而土壤初渗速率除  $20\sim 40\text{ cm}$  土层随林龄的增长为波动增大的趋势以外, 其余两个土层均随林龄的增长逐渐增大。土壤初渗速率、稳渗速率最大值均出现在过熟林, 最小值均出现在幼龄林。随着林龄的增长, 土壤稳渗时间趋于逐渐减小, 平均达到稳渗的时间为  $13.13\sim 52.26\text{ min}$ 。

相关分析表明 (表 3), 土壤容重、土壤持水量、土壤孔隙度等指标对土壤渗透速率有显著的影响, 其中初渗速率、稳渗速率均与土壤容重、毛管孔隙度呈显著负相关, 与饱和持水量、非毛管孔隙度呈显著正相关, 而与毛管持水量、田间持水量、总孔隙度相关性较小。

## 3 讨论

马尾松人工林土壤容重随土层深度的增加逐渐增大, 随林龄的增长逐渐减小, 这与游秀花<sup>[18]</sup>、杨志训等<sup>[19]</sup>的研究结果相似。  $0\sim 20\text{ cm}$  表层土壤容重随林龄的增长先增大后减小, 这与王宏星等<sup>[20]</sup>、王燕等<sup>[21]</sup>、庄正等<sup>[22]</sup>的研究结果相似。一般认为, 在森林恢复阶段的早期, 土壤容重最大, 而本研究表层土为中龄林土壤容重最大, 造成这一结果的主要因素可能是人为干扰。林地种植前通常经过炼山、整地等处理, 且种植前 3 年会进行锄草、施肥等抚育措施, 土壤透气性、透水性等处于较好状态。中龄林后表层土壤容重随林龄的增长逐渐减小, 说明土壤愈发疏松, 土壤透气、透水性越好, 根系延展阻力减小<sup>[23]</sup>。除过熟林外, 各林龄不同土层间土壤容重差异显著 ( $P < 0.05$ ), 通过马尾松根系分布调查结果得出随林龄的增长  $20\sim 60\text{ cm}$  深层土壤根系比重逐渐增多, 因此可能根系在土壤中生长时产生的根孔及其衰老死亡产生的有机质等, 改善了土壤结构与孔隙, 使土壤容重

降低所致<sup>[24]</sup>。

表 2 土壤渗透性能

Table 2 The soil permeability

林分类型 Stand types	土层 Soil layer(cm)	初渗速率 Initial infiltration rate (mm · min <sup>-1</sup> )	稳渗速率 Stable infiltration rate (mm · min <sup>-1</sup> )	稳渗时间 Steady infiltration time (min)
幼龄林 Young forest	0~20	1.52±1.26	1.17±0.97	46.78±36.37
	20~40	2.69±3.73	1.80±2.12	56.78±62.91
	40~60	1.28±2.29	0.93±1.53	53.22±19.31
	均值 Average	1.83±2.60	1.30±1.59	52.26±41.92
中龄林 Middle forest	0~20	4.04±5.37	2.81±4.21	29.88±37.00
	20~40	4.52±7.85	2.66±3.64	36.00±33.50
	40~60	3.06±2.80	2.13±2.26	45.33±44.56
	均值 Average	3.87±5.54	2.53±3.31	37.07±37.68
成熟林 Mature forest	0~20	4.97±4.84	3.55±3.59	19.20±15.30
	20~40	3.32±3.11	2.67±2.67	18.86±16.79
	40~60	4.13±9.25	2.49±5.64	83.67±48.72
	均值 Average	4.14±5.88	2.90±3.82	40.58±42.86
过熟林 Overripe forest	0~20	30.40±29.94	22.45±18.35	10.11±4.63
	20~40	22.59±29.18	17.75±23.35	16.56±23.95
	40~60	15.59±17.48	8.95±6.56	12.72±5.59
	均值 Average	22.86±25.74	16.38±17.55	13.13±13.59

表 3 土壤渗透性与物理性质的相关关系

Table 3 Correlation between soil permeability and physical properties

指标 Index	容重 Bulk density	饱和持水量 Moisture - hold- ing capacity	毛管持水量 Capillary capac- ity	田间持水量 Field capacity	非毛管孔隙度 Non-capillary porosity	毛管孔隙度 Capillary porosity	总孔隙度 Total porosity
初渗速率 Initial infiltra- tion rate	-0.543**	0.447**	0.136	-0.068	0.589**	-0.422**	-0.08
稳渗速率 Stable infiltra- tion rate	-0.569**	0.421**	0.102	-0.098	0.577**	-0.478**	-0.16

Note: \*\*  $P < 0.01$

总体上,马尾松人工林土壤总孔隙度随林龄的变化与土壤容重相反,这与其他学者的研究结果相似<sup>[25-26]</sup>。土壤总孔隙度、毛管孔隙度随林龄的增长呈先增大后减小趋势,而非毛管空隙度随林龄的增长呈先减小后增大趋势,说明土壤孔隙度随林龄的增长土壤的透气性、透水性逐步提升,而过熟林土壤透气性和透水性最好,利于水分下渗,能有效缓解地表径流,促进水源涵养<sup>[27]</sup>。

随林龄的增长,马尾松人工林土壤饱和持水量、毛管持水量总体上呈逐渐增大趋势,并随土层深度的增加而减小,这与王玲等<sup>[28]</sup>的研究结果一致。0~20 cm 表层土壤饱和持水量、毛管持水量、田间持水量随种植年限的增加逐渐趋于平稳,可能为种植前期人为干扰,使土壤水分指标处于较好状态,后期人为干扰减少,植被生长代谢对表层土壤影响增强,凋落物分解形成土壤腐殖质及外界环境物质交换频繁所致<sup>[24]</sup>。20~60 cm 深层土壤随林龄的增长土壤饱和持水量、毛管持水量、田间持水量逐渐增大,说明深层

土壤持水能力逐步增强。

土壤渗透性是土壤水源涵养的重要指标,其性能的优劣直接影响到地表径流的大小,在一定降雨条件下,透性好的土壤,雨水可以充分渗入土壤储存或直接转变为地下径流,可有效降低地表径流量,从而减少林地水土流失<sup>[23]</sup>。马尾松人工林土壤渗透性随林龄的增长逐渐增大,说明土壤水源涵养能力逐步提升。随着土层深度的增加渗透性有所减小,这与王意锟等<sup>[29]</sup>研究结果一致,主要可能与植物根系、凋落物及微生物等对土壤的影响随土层深度的加深而减弱有关。土壤渗透性与土壤容重、毛管孔隙度呈显著负相关,与饱和持水量、非毛管孔隙度呈显著正相关,而与毛管持水量、田间持水量、总孔隙度相关性较小。说明土壤非毛管孔隙度、饱和持水量与土壤渗透性能、水文调节功能有更加直接的关系。

#### 4 结论

总体而言,随着林龄的增长,马尾松人工林对土

壤改善起到促进作用。由于表层土壤在人为干扰、植被根系、凋落物等因素影响处于较好状态,所以随着林龄的增长深层土壤改善效果逐渐增大。本研究仅对马尾松不同林龄的土壤物理性质进行了相关研究,具体引起土壤质量演变的机理机制还需进一步的研究探讨。

致谢:

感谢镇龙林场工作人员在野外采样中给予的帮助,以及广西师范大学生命科学院本科师弟师妹在室内实验中的协助。

#### 参考文献

- [1] WANG Y Q, SHAO M A. Spatial variability of soil physical properties in a region of the Loess Plateau of PR China subject to wind and water erosion [J]. *Land Degradation and Development*, 2013, 4(3): 296-304.
- [2] 邱莉萍, 张兴昌. 子午岭不同土地利用方式对土壤性质的影响[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(6): 965-972.
- [3] 杨磊, 卫伟, 莫保儒, 等. 半干旱黄土丘陵区不同人工植被恢复土壤水分的相对亏缺[J]. *生态学报*, 2011, 31(11): 3060-3068.
- [4] 王高敏, 杨宗儒, 查同刚, 等. 晋西黄土区退耕还林 20 年后典型林地的持水能力[J]. *北京林业大学学报*, 2015, 37(5): 88-95.
- [5] GAIROLA S U, SONI P. Role of soil physical properties in ecological succession of restored mine land—A case study [J]. *International Journal of Environmental Sciences*, 2010, 1(4): 475-480.
- [6] 王巍. 人工林对土壤物理性质影响规律研究[J]. *北方园艺*, 2014(14): 172-174.
- [7] 马雪华. 森林水文学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [8] 盛炜彤. 土壤物理性质与杉木生长的研究[M]//盛炜彤. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学出版社, 1992: 140-147.
- [9] 国家林业局森林资源管理司. 第七次全国森林资源清查及森林资源状况[J]. *林业资源管理*, 2010(1): 1-8.
- [10] 张雷, 覃聪颖, 杨章旗. 马尾松高效培育与利用[J]. *广西林业*, 2017(4): 19-20.
- [11] 邓伦秀, 李茂. 马尾松人工林研究现状及展望[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(7): 2968-2971.
- [12] 雷丽群, 卢立华, 农友, 等. 不同林龄马尾松人工林土壤碳氮磷生态化学计量特征[J]. *林业科学研究*, 2017, 30(6): 954-960.
- [13] 孙艳, 李四高, 张楠. 林龄对马尾松人工林水源涵养能力的影响研究[J]. *中国水土保持*, 2018(7): 22-24.
- [14] 杨尚东, 吴俊, 谭宏伟, 等. 南方红壤区西南桦和马尾松人工林土壤微生物活性及细菌多样性比较[J]. *生态环境学报*, 2014, 23(3): 415-422.
- [15] 宋贤冲, 覃其云, 王会利, 等. 广西马尾松林地土壤微生物数量与理化性质的季节动态变化[J]. *广西林业科学*, 2016, 45(4): 377-380.
- [16] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- [17] 国家林业局. 中华人民共和国林业行业标准 森林土壤分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [18] 游秀花. 马尾松天然林不同演替阶段土壤理化性质的变化[J]. *福建林学院学报*, 2005, 25(2): 121-124.
- [19] 杨志训, 秦连岗. 不同林龄马尾松人工林表层土壤养分特征分析[J]. *林业资源管理*, 2014(3): 101-104, 121.
- [20] 王宏星, 孙晓梅, 陈东升, 等. 甘肃小陇山日本落叶松人工林不同发育阶段土壤理化性质的变化[J]. *林业科学研究*, 2012, 25(3): 294-301.
- [21] 王燕, 宫渊波, 尹艳杰, 等. 不同林龄马尾松人工林土壤水土保持功能[J]. *水土保持学报*, 2013, 27(5): 23-27, 31.
- [22] 庄正, 张芸, 张颖, 等. 不同发育阶段杉木人工林土壤团聚体分布特征及其稳定性研究[J]. *水土保持学报*, 2017, 31(6): 183-188.
- [23] 胡静霞, 杨新兵, 朱辰光, 等. 冀西北地区 4 种纯林枯落物及土壤水文效应[J]. *水土保持研究*, 2017, 24(4): 304-310.
- [24] 陈永华, 叶权平, 张文辉, 等. 不同间伐强度下桥山麻栎林土壤渗透特性[J]. *水土保持研究*, 2019, 26(1): 113-117.
- [25] 黄承标, 刘运华, 黄丹, 等. 杉木采伐迹地改植尾巨桉后对土壤水分及物理性质的影响[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(2): 638-642.
- [26] 王文栋, 张毓涛, 芦建江, 等. 天山云杉林不同森林类型土壤物理性质和营养元素含量研究[J]. *安徽农学通报*, 2012, 18(19): 95-96, 34.
- [27] 李军, 杨坤, 张泽光, 等. 冀北山地不同坡位油松林土壤水文效应[J]. *河北林果研究*, 2016, 31(1): 8-12.
- [28] 王玲, 冯茂松, 洪志刚, 等. 兴文县香椿人工林土壤物理性质研究[J]. *土壤*, 2014, 46(3): 512-517.
- [29] 王意锟, 金爱武, 方升佐, 等. 浙西南不同经营强度下毛竹林土壤渗透性研究[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(2): 41-46.

# Soil Water-Physical Properties of *Pinus massoniana* Plantation at Different Ages

QIN Jiashuang<sup>1</sup>, LI Mingjin<sup>2</sup>, SONG Zunrong<sup>1</sup>, LING Tianwang<sup>2</sup>, MA Jiangming<sup>1</sup>,  
YANG Zhangqi<sup>3</sup>, YAN Peidong<sup>3</sup>, JIAN Rui<sup>1</sup>, LU Shaohao<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection, Ministry of Education, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. Zhenlong Forest Farm, Hengxian, Guangxi, 530327, China; 3. Guangxi Academy of Forestry Sciences, Nanning, Guangxi, 530002, China)

**Abstract:** This study took the Zhenlong State-owned Forest Farm of *Pinus massoniana* forest in Guangxi Province as the researched object and aimed to provide a scientific theoretical basis for the rational management of the *P. massoniana* forest. The soil physical properties of *P. massoniana* forest under different planting years were studied by the method of cutting ring. The results showed that the soil bulk density of *P. massoniana* plantation decreased with the increase of forest age, while the moisture-holding capacity, soil capillary capacity and soil permeability increased with the increase of forest age. The soil bulk density increased with the depth of the soil layer. On the contrary, the soil porosity, soil-water capacity and the soil penetration rate decreased with the depth of the soil layer. In general, the *P. massoniana* plantation promoted soil improvement with the increase of forest age, and the surface soil was in a good state, and the improvement effect of deep soil gradually increased.

**Key words:** *Pinus massoniana* plantation, soil bulk density, soil porosity, soil-water capacity, soil permeability

责任编辑: 陆 雁



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxxk@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxk/ch>