

海南典型人工林枯落物持水特征

陈更艳¹, 王槐岳¹, 宿少锋^{2*}, 王小燕², 林之盼², 薛杨²

(1. 海口市琼山区农林服务中心, 海南海口 571100; 2. 海南省林业科学研究所, 海南海口 571100)

摘要 [目的]明确不同人工林枯落物持水特征。[方法]获取木麻黄、桉树、相思和次生林4种树林下未分解层和半分解层的枯落物,对枯落物持水率和吸水速率等持水性能进行测定。[结果]半分解层持水率大于未分解层,枯落物的持水率与持水时间有良好的相关性,枯落物未分解和半分解层的吸水速率和吸水时间的关系均可用幂函数 $V=ax^t$ 拟合,其方程拟合程度均达极显著水平($P<0.01$)。4个试验区平均枯落物未分解层最大持水率从大到小顺序为次生林、相思林、木麻黄林、桉树林;4个试验区平均枯落物半分解层最大持水率从大到小顺序为木麻黄林、相思林、桉树林、次生林。[结论]该研究为进一步研究海南省人工林植被对水资源形成过程的调控提供了科学参考。

关键词 海南省;林分类型;枯落物;持水特征

中图分类号 S714 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)17-0117-05

Water Holding Characteristics of Litter in Typical Artificial Forest in Hainan

CHEN Geng-yan¹, WANG Huai-yue¹, SU Shao-feng² et al (1. Qionghashan Agriculture and Forestry Service Center, Haikou, Hainan 571100; 2. Hainan Institute of Forestry Science, Haikou, Hainan 571100)

Abstract [Objective] To clarify the characteristics of water holding of litter in typical artificial forest. [Method] The litter of undecomposed layer and semi-decomposed layer of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus*, *Acacia* and its secondary forests were obtained, and the water holding capacity and water absorption rate of litter were determined. [Result] The water content of the semi-decomposed layer was higher than that of the undivided layer, and the water retention of the litter had a good correlation with the soaking time. The relationship between the water absorption rate and the water absorption time of undecomposed layer and semi-decomposed layer were all available power function $V=ax^t$ fitting, the fitting degree of the equation reached an extremely significant level. The maximum water holding capacity of undegraded litter in the four pilot areas ranked in descending order as follows: secondary forest, *Acacia* forest, *Casuarina* forest, *Eucalyptus* forest. The average water holding capacity of the semi-decomposed litter ranked in descending order as follows: *Casuarina* forest, *Acacia* forest, *Eucalyptus* forest, secondary forest. [Conclusion] This study provided a scientific reference for further study on the regulation of artificial forest vegetation on water resources formation in Hainan Province.

Key words Hainan Province; Stand type; Litter; Water holding characteristics

森林枯落物层处于森林植被和土壤层之间,是林地与大气间水汽交换的重要界面,其在截持降水、阻滞地表径流、减少林地蒸发、改善土壤结构和增强土壤抗冲能力等方面均具有重要的水文效应^[1],它是实现森林保持水土和涵养水源的主要作用层^[2-3]。研究表明,我国森林枯落物的最大持水率平均为自身干质量的309.54%,林地枯落层的最大持水量平均为4.18 mm^[4]。目前森林枯落物研究集中在对土壤理化性质的影响、枯落物分解以及枯落物储蓄量等方面,研究区域大致为大兴安岭、北京山区、黄土丘陵区、云南高原、东江中上游等地区^[5-10]。海南省具有独特的气候和地形条件,适合种植热带人工林,然而目前关于海南木麻黄林、相思林、桉树林、次生林这4种典型的林分枯落物水分特征研究甚少。笔者对海南省不同区域人工林的枯落物水文效应进行定量分析,以期研究海南省人工林植被对水资源形成过程的调控提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 研究区设在海南省的临高、乐东、万宁和文昌这4个县市,各试验区的经纬度、土壤类型和pH如表1所示。临高地处海南省西北部,属热带季风海洋气候,年均气温23℃,年均降雨量1 417.8 mm;乐东地处海南省西南

部,属热带季风气候,年均气温25.0℃,年均降雨量1 181.1 mm;万宁地处海南省东南部,属热带季风气候,年均气温24.0℃,年均降雨量2 400.0 mm;文昌地处海南省东北部,属热带海洋季风气候,年均气温23.9℃,年均降雨量1 886.2 mm。各区域土壤呈酸性,主要林分类型为橡胶林、椰子林、木麻黄林、桉树林、相思类林、松类林、果树类林、红树林、灌木林、次生林、原生林等。

1.2 材料 在各研究区选取4种有代表性的典型林分进行观测。林分类型分别为木麻黄林、相思林、桉树林和次生林。每种林分类型选择3个20 m×20 m的样方,记录每个样方的未分解层和半分解层厚度,保持原样分层采集样品并迅速称其鲜重,带回实验室在80℃烘干测定干重,并计算原始含水量。

1.3 测定指标及方法 采用室内浸泡法测定枯落物的持水率和吸水速率,分别称取每一林分3个样方的各层枯落物100 g左右(干重)浸入清水中,每隔一定时间取出,静置5 min左右直至枯落物不滴水为止,迅速称其湿重。枯落物的持水率用式(1)表示,枯落物的吸水速率用式(2)表示。

$$R = (M' - M) / M \tag{1}$$

$$V = ax^t \tag{2}$$

式中, R 为持水率; M' 为枯落物湿重; M 为枯落物干重; V 为吸水速率[g/(g·h)]; t 为浸泡时间(h); a 为方程系数。

1.4 数据分析 采用Excel 2010进行数据处理,采用Origin 8.0进行作图。

基金项目 海南省属科研院所技术开发研究专项(SQ2017JSKF0005)。
作者简介 陈更艳(1969—),男,海南文昌人,工程师,从事森林生态研究。*通讯作者,工程师,硕士,从事森林生态研究。
收稿日期 2018-03-01

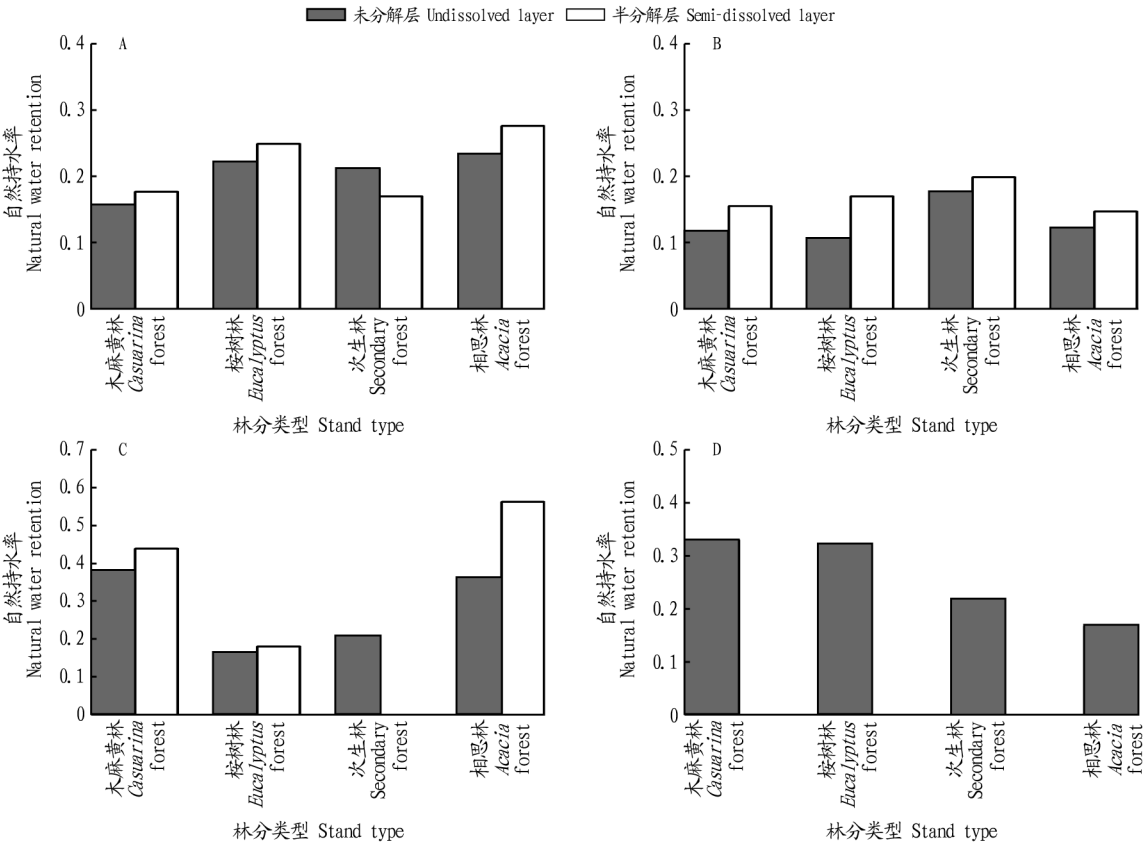
表 1 试验区基本情况
Table 1 The basic situation of the pilot area

林分类型 Stand type	地区 Area	经纬度 Longitude and latitude	土壤类型 Agrotype	土壤 pH Soil pH
木麻黄林 <i>Casuarina</i> forest	临高	109°41'44"E、19°57'22"N	红壤土	5.0
	乐东	109°13'30"E、18°30'01"N	浅海沉积砂质土	6.3
	万宁	110°30'03"E、18°46'52"N	滨海砂壤土	8.1
	文昌	110°58'34"E、19°44'23"N	滨海砂壤地	6.1
相思林 <i>Acacia</i> forest	临高	109°41'48"E、19°57'07"N	红壤土	5.0
	乐东	109°09'22"E、18°45'38"N	黄壤	5.6
	万宁	109°09'22"E、18°45'38"N	红壤	5.0
	文昌	110°43'19"E、19°34'01"N	滨海砂壤土	5.1
桉树林 <i>Eucalyptus</i> forest	临高	109°41'47"E、19°57'07"N	红壤土	5.0
	乐东	109°13'30"E、19°47'12"N	黄壤	5.3
	万宁	110°22'16"E、18°42'13"N	浅海沉积砂质土	6.1
	文昌	110°57'34"E、19°43'41"N	滨海砂壤土	5.5
次生林 Secondary forest	临高	109°41'38"E、19°58'10"N	浅海沉积砂质土	5.7
	乐东	109°62'40"E、18°56'12"N	黄壤	5.0
	万宁	110°21'43"E、18°41'55"N	黄壤	5.4
	文昌	110°51'16"E、19°34'58"N	浅海沉积砂壤	5.2

2 结果与分析

2.1 枯落物自然持水率 枯落物自然持水率是其在规定时间内截持的水量所占自身干重的百分数,是反映枯落物涵蓄水分能力的重要指标^[11]。由图 1 可知,未分解层枯落物持水率基本低于半分解层枯落物持水率。不同地点各林分自然持水率具有较大差异,临高各林分枯落物自然持水率大小顺序为相思林、桉树林、次生林、木麻黄林(图 1A);而乐东以次

生林枯落物自然持水率最大,以相思林的最小(图 1B);万宁则以相思林枯落物自然持水率较大,以桉树林的最小,其中次生林未收集到半分解层枯落物自然持水率数据(图 1C);文昌地区无半分解层,分解层枯落物自然持水率大小顺序为木麻黄林、桉树林、次生林、相思林(图 1D)。由以上结果可以看出,不同林分枯落物自然持水率受气候、环境、降雨以及分解程度的影响。



注: A、B、C、D 分别表示临高、乐东、万宁和文昌试验点
Note: A, B, C, D represent Lingao, Ledong, Wanning and Wenchang test sites, respectively

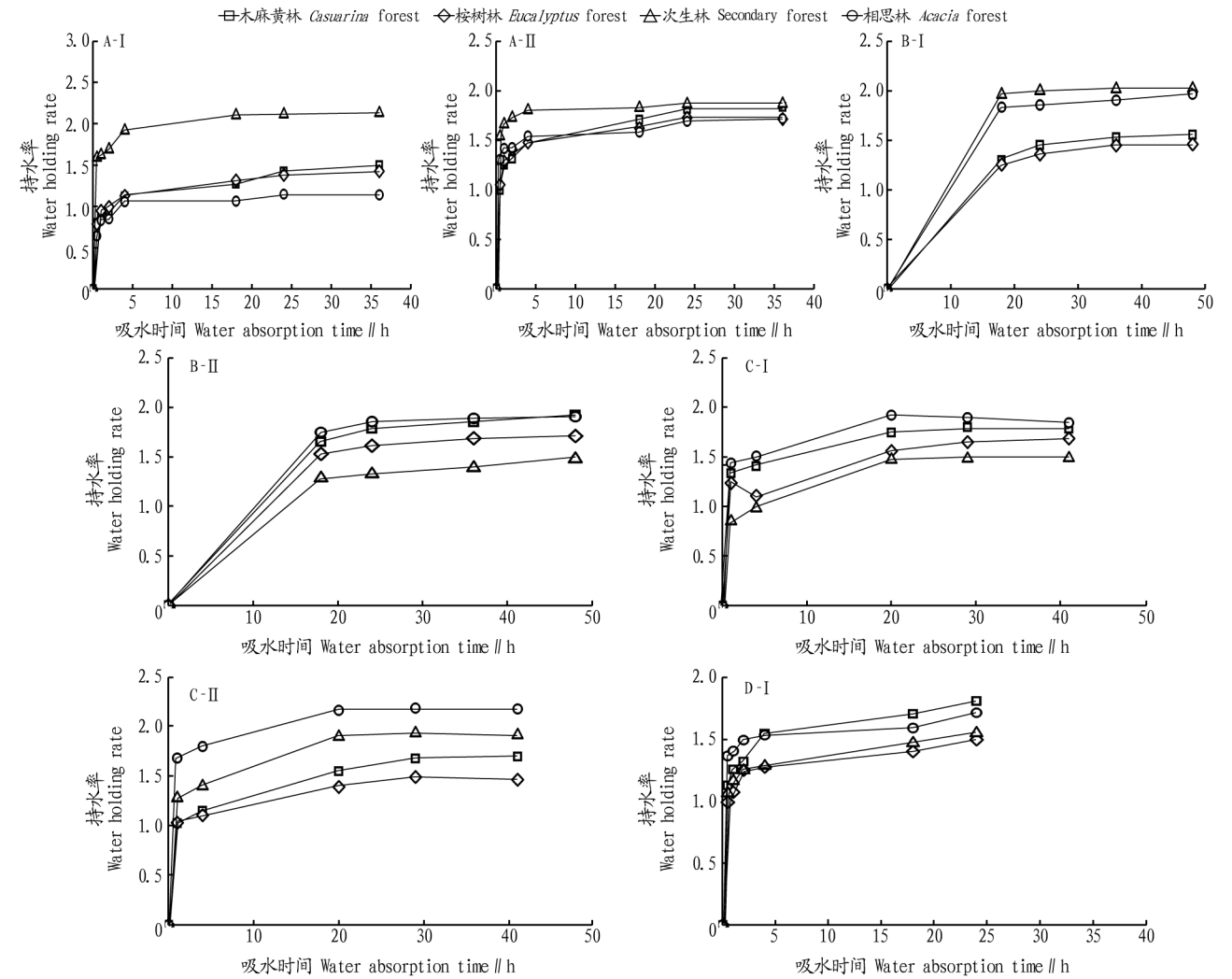
图 1 不同林分枯落物自然持水率

Fig. 1 Natural water retention of litter in different stands

2.2 枯落物持水率 持水率表征了枯落物的潜在持水能力^[12]。从图 2 可以看出,浸泡开始时,枯落物持水率迅速增

加,随吸水时间的延长,持水率趋于稳定,这与其他学者的研究结果相一致^[13-15]。半分解层(I)枯落物的持水率在各时间段均大于未分解层(II)的持水率。而不同林分的持水率大小顺序在不同区域差异较大。在临高(图 2A-I,2A-II)不同林分的持水率大小顺序为次生林、木麻黄林、桉树林、相思林;乐东地区各林分未分解层枯落物持水率大小顺序为次生林、相思林、木麻黄林、桉树林,而各林分半分解层枯落物持

水率大小顺序为相思林、木麻黄林、桉树林、次生林(图 2B)。万宁地区未分解层和半分解层均以相思林的持水率最大(图 2C);文昌地区各林分未分解层枯落物持水率大小顺序为木麻黄林、相思林、次生林、桉树林(图 2D)。从以上结果可以看出,同一区域条件下的林分枯落物持水率由于吸水时间的不同而有所不同;不同林分枯落物的持水率存在较大差异。



注:A、B、C、D 分别表示临高、乐东、万宁和文昌试验点
Note: A, B, C, D represent Lingao, Ledong, Wanning and Wenchang test sites, respectively

图 2 不同林分枯落物持水率
Fig. 2 Water holding rate of litter in different stands

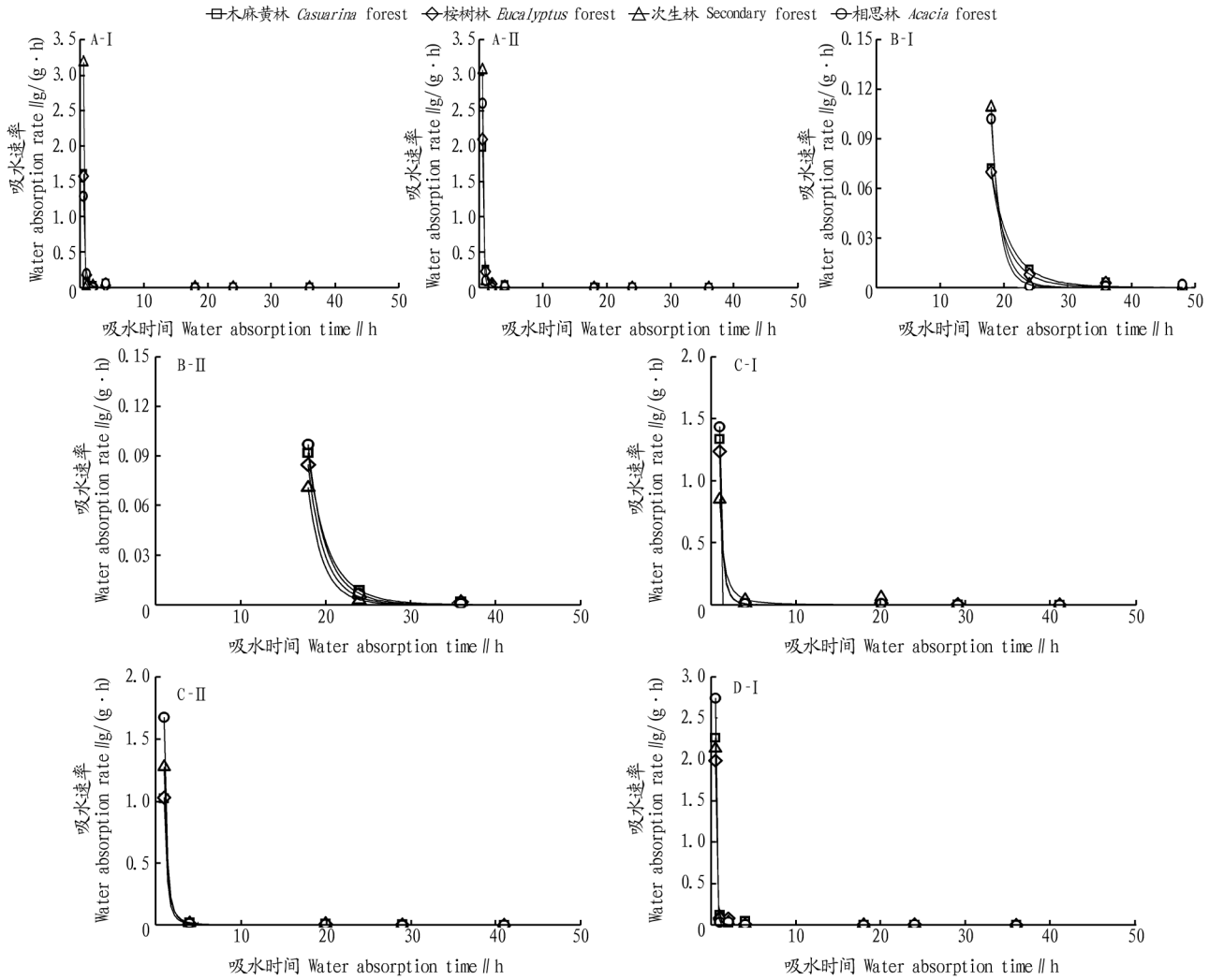
2.3 枯落物吸水速率 枯落物未分解和半分解层的吸水速率和吸水时间的关系均可用幂函数 $V=ax^t$ 拟合,其方程拟合程度均达极显著水平($P<0.01$)。吸水时间在 1 h 以内,吸水速率迅速下降,之后缓慢降低。未分解层和半分解层的吸水速率变化趋势基本表现一致(图 3)。枯落物吸水速率 V 与吸水时间 t 之间的关系式见表 2。

2.4 枯落物最大持水率 当各林分枯落物吸收达到一定程度后,枯落物质量趋于稳定,此时枯落物处于水分饱和状态。此刻的枯落物质量减去初始干重,即为枯落物最大持水率。枯落物的最大持水率也可表征一种枯落物的吸水能力^[16]。

从图 4 可以看出,木麻黄林和桉树林的未分解层枯落物最大持水率均低于半分解层,而次生林和相思林的未分解层枯落物最大持水率均高于半分解层。对于不同林分而言,临高(图 4A)、乐东(图 4B)和万宁(图 4C)试验区均以次生林和相思林的未分解层最大持水率最高,以桉树林的未分解层最大持水率较低;而文昌(图 4D)试验区则以木麻黄未分解层最大持水率最高,以桉树林的未分解层最大持水率较低。

3 结论与讨论

(1)海南岛不同区域各林分枯落物持水率差异较大。其中,临高各林分枯落物自然持水率大小顺序为相思林、桉树



注: A、B、C、D 分别表示临高、乐东、万宁和文昌试验点
Note: A、B、C、D represent Lingao, Ledong, Wanning and Wenchang test sites, respectively

图 3 不同林分枯落物吸水速率

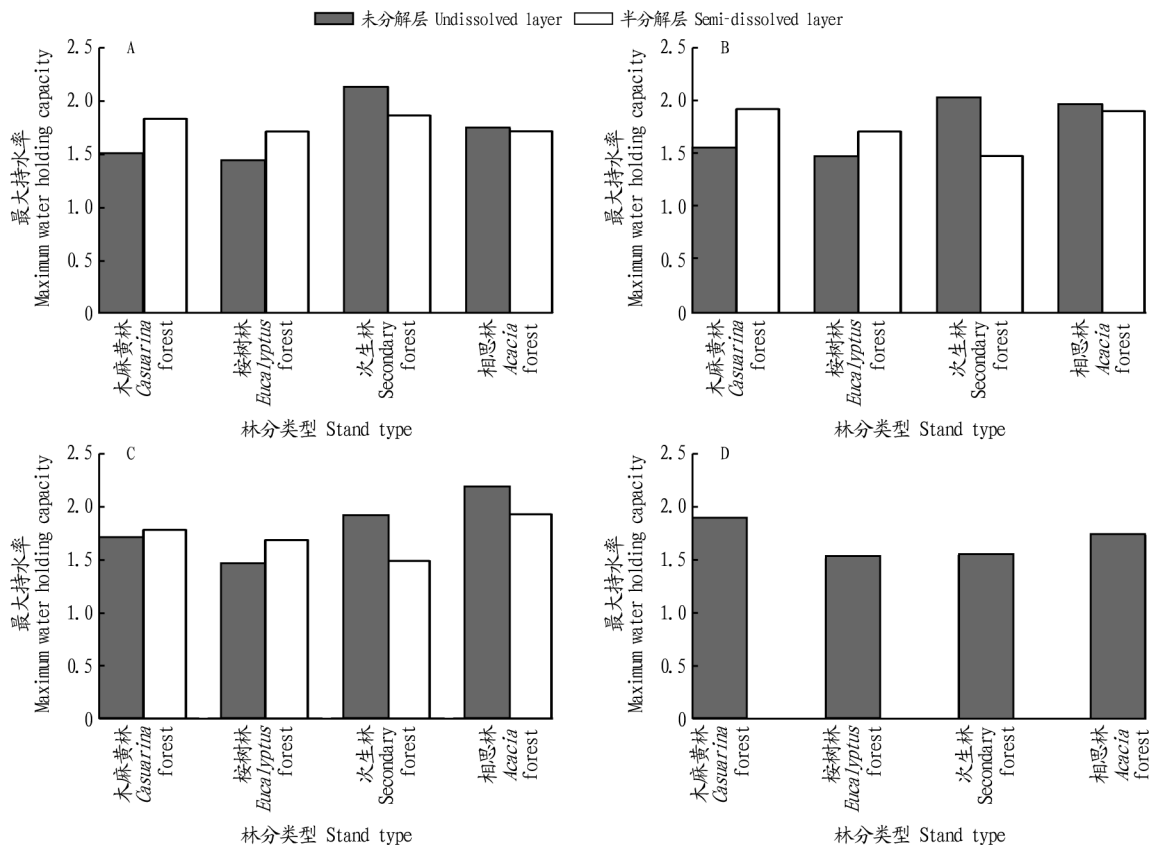
Fig. 3 Water absorption rate of litter in different stands

表 2 不同地点未分解和半分解枯落物吸水速率 (V) 与吸水时间 (t) 的关系式

Table 2 Water absorption rate (V) and water absorption time (t) of undissolved and semi-decomposed litter in different locations

地点 Locations	分解状态 Decomposition state	木麻黄林 <i>Casuarina</i> forest	桉树林 <i>Eucalyptus</i> forest	次生林 Secondary forest	相思林 <i>Acacia</i> forest
临高 Lingao	未分解	$V_i = 0.093t^{-4.101}$, $R^2 = 0.998$	$V_i = 0.184t^{-3.102}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.024t^{-7.026}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.193t^{-2.744}$, $R^2 = 0.999$
	半分解	$V_i = 0.255t^{-2.964}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.236t^{-5.028}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.094t^{-3.153}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.102t^{-4.675}$, $R^2 = 0.999$
乐东 Ledong	未分解	$V_i = 7.735 \times 10^6 t^{-13.898}$, $R^2 = 0.998$	$V_i = 1.390 \times 10^8 t^{-7.407}$, $R^2 = 0.997$	$V_i = 3.043 \times 10^{16} t^{-13.898}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 2.725 \times 10^{13} t^{-11.494}$, $R^2 = 0.998$
	半分解	$V_i = 1.047 \times 10^9 t^{-8.011}$, $R^2 = 0.998$	$V_i = 1.634 \times 10^{11} t^{-9.786}$, $R^2 = 0.998$	$V_i = 1.263 \times 10^{12} t^{-10.556}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 2.670 \times 10^{10} t^{-9.113}$, $R^2 = 0.999$
万宁 Wanning	未分解	$V_i = 1.334t^{-3.525}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 1.236t^{-1.771}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.850t^{-2.079}$, $R^2 = 0.991$	$V_i = 1.434t^{-3.058}$, $R^2 = 0.999$
	半分解	$V_i = 1.022t^{-2.791}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 1.030t^{-3.025}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 1.277t^{-3.066}$, $R^2 = 0.991$	$V_i = 1.679t^{-3.400}$, $R^2 = 0.999$
文昌 Wenchang	未分解	$V_i = 0.126t^{-4.167}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.091t^{-4.443}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.106t^{-4.323}$, $R^2 = 0.999$	$V_i = 0.034t^{-6.338}$, $R^2 = 0.999$
	半分解	—	—	—	—

林、次生林、木麻黄林;乐东各林分枯落物自然持水率大小顺序为次生林、桉树林、木麻黄林、相思林;万宁以相思林枯落物自然持水率较大,以桉树林的最小;文昌地区无半分解层,分解层枯落物自然持水率大小顺序为木麻黄林、桉树林、次



注: A、B、C、D 分别表示临高、乐东、万宁和文昌试验点

Note: A, B, C, D represent Lingao, Ledong, Wanning and Wenchang test sites, respectively

图 4 不同林分枯落物最大持水率

Fig. 4 Maximum water holding capacity of litter in different stands

生林、相思林。不同地区各个林分枯落物自然持水率受温度、湿度、降雨量等环境因子的影响较大,这与高人等^[17]、张洪江等^[18]、马书国等^[19]的研究结果相一致。

(2) 枯落物未分解和半分解层的吸水速率和吸水时间的关系均可用幂函数 $V = ax'$ 拟合,其方程拟合程度均达极显著水平 ($P < 0.01$)。

(3) 各个树种的林下枯落物未分解层和半分解层的持水率在 1 h 之前随时间增长最快,2~6 h 放缓,24~48 h 达到吸水饱和。其中,木麻黄林和桉树林的未分解层枯落物最大持水率均低于半分解层,而次生林和相思林的未分解层枯落物最大持水率均高于半分解层。4 个试验区平均枯落物未分解层最大持水率从大到小顺序为次生林、相思林、木麻黄林、桉树林;4 个试验区平均枯落物半分解层最大持水率从大到小顺序为木麻黄林、相思林、桉树林、次生林。对于不同林分而言,临高、乐东试验区枯落物未分解层最大持水量从大到小顺序为次生林、相思林、木麻黄林、桉树林;万宁试验区未分解层最大持水率从大到小顺序为相思林、次生林、木麻黄林、桉树林,而文昌试验区则是木麻黄林、相思林、次生林、桉树林;临高试验区枯落物半分解层最大持水率从大到小顺序为次生林、木麻黄林、相思林、桉树林;乐东试验区枯落物半分解层最大持水率从大到小顺序为木麻黄林、相思林、桉树林、次生林。

参考文献

- [1] 王鹏程,肖文发,张守攻,等. 三峡库区森林植被林地枯落物现存量及其持水能力[J]. 中国水土保持科学,2008,6(4):41-47.
- [2] 韩同吉,裴胜民,张光灿,等. 北方石质山区典型林分枯落物层涵蓄水分特征[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2005,36(2):275-278.
- [3] 张卫强,李召青,周平,等. 东江中上游主要森林类型枯落物的持水特性[J]. 水土保持学报,2010,24(5):130-134.
- [4] 刘世荣,温远光,王兵,等. 中国森林生态系统水文生态功能规律[M]. 北京:中国林业出版社,1996:234-239.
- [5] 姜海燕. 大兴安岭森林生态系统水文特性的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2008:123-129.
- [6] 樊登星,余新晓,岳永杰,等. 北京西山不同林分枯落物层持水特性研究[J]. 北京林业大学学报,2008,32(S2):177-181.
- [7] 徐娟,余新晓,席彩云,等. 北京十三陵不同林分枯落物层和土壤层水文效应研究[J]. 水土保持学报,2009,23(3):189-193.
- [8] 丁绍兰,杨乔媚,赵串串,等. 黄土丘陵区不同林分类型枯落物层及其林下土壤持水能力研究[J]. 水土保持学报,2009,23(5):104-108.
- [9] 王云琦,王玉杰,张洪江,等. 重庆缙云山几种典型植被枯落物水文特性研究[J]. 水土保持学报,2004,18(3):41-44.
- [10] 陈红跃,刘钱,康敏明,等. 东江水源林不同混交组合林地枯落物和土壤持水能力研究[J]. 生态环境,2006,15(4):796-801.
- [11] 张昌顺,范少辉,谢高地. 闽北毛竹林枯落物层持水功能研究[J]. 林业科学研究,2010,23(2):259-265.
- [12] 莫非,于澎涛,王彦辉,等. 六盘山华北落叶松林和红桦林枯落物持水特征及其截持降雨过程[J]. 生态学报,2009,29(6):2868-2876.
- [13] 周祥,赵一鹤,张洪江,等. 云南高原典型林分林下枯落物持水特征研究[J]. 生态环境学报,2011,20(2):248-252.
- [14] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J]. 水土保持学报,2000,14(4):108-113.
- [15] 刘少冲,段文标,赵雨森. 莲花湖库区几种主要林型枯落物层的持水性能[J]. 中国水土保持科学,2005,3(2):81-86.

(下转第 164 页)

酸链霉素 50 倍稀释液对溃疡病的田间防效在 78.7% 以上。然而,含铜制剂常常会对猕猴桃叶片造成药害,而且长期使用链霉素会使病原菌对其产生抗药性^[19]。该研究结果显示,利用木霉菌制剂对该病害进行防治,不仅在防治效果上与化药相似,同时不会对植物造成药害,也不会对环境造成污染。谢俊等^[15]在开发防治猕猴桃溃疡病的木霉菌生物制剂时发现,与可湿性粉剂相比,油悬浮剂具有渗透性和黏附性强、抗蒸发、耐雨水冲刷、增效等优点。罗秀^[20]在防治稻纵卷叶螟研究中发现,白僵菌可分散油悬浮剂对卷叶螟的防治效果明显优于苏云金杆菌可湿性粉剂。该研究采用的组合施药对比试验有相似的结果。经木霉菌 Tr309T-SC 组合施药 A 或 B 处理的猕猴桃植株,在防治效果上都分别好于经木霉菌 Tr309T-WP 处理的植株。说明油悬浮剂能使木霉菌更好地附着在猕猴桃植株上,不易被雨水冲刷,有助于木霉菌在猕猴桃地上部分发挥药效。

张锋等^[10]在防治猕猴桃溃疡病的组合施药技术上采用了喷雾+涂抹、喷雾+灌根、灌根+涂抹,并发现喷雾+涂抹组合的防治效果最佳。该研究在喷雾+涂抹组合的基础上,增加了灌根处理(组合施药 B),显著地提高了对猕猴桃溃疡病的防治效果。孙虎等^[21]、邱德文^[22]研究发现,灌根能将木霉菌接种至作物根部,使其在根际土壤中定殖并改善根际土壤环境,增强作物长势,并诱导作物对多种病害产生系统抗性。Viterbo 等^[23]通过灌根,将绿色木霉菌接种到黄瓜幼苗根部,使黄瓜对细菌性角斑病产生系统抗性。

为加速绿色农业的可持续发展,环境友好型的生物农药越来越受到青睐。许多学者已对利用 EM 菌^[24]、芽孢杆菌^[11]和放线菌^[14]等防治猕猴桃溃疡病进行了多方面的研究。但利用生防真菌防治猕猴桃溃疡病的研究还鲜有报道。该研究通过对木霉菌株的筛选,对合适的剂型以及施用方法进行了多项测试,为有效防治猕猴桃溃疡病提供了依据。

参考文献

- [1] 李黎,钟彩虹,李大卫,等.猕猴桃细菌性溃疡病的研究进展[J].华中农业大学学报,2013,32(5):124-133.
- [2] OPGENORTH D C, RICHTER G Y, ALLEN D J, et al. *Pseudomonas can-*

ker of kiwifruit[J]. *Plant disease*, 1983, 67(11):1283-1284.

- [3] 方炎祖,朱晓相,王宇道.湖南猕猴桃病害调查研究初报[J].四川果树科技,1990(1):28-29.
- [4] 屈金亮,郑海红,张永信,等.猕猴桃细菌性溃疡病的分布、侵染途径与防治技术[J].河北果树,2012(3):48-49.
- [5] 韩明丽,张志友,陈丽萍,等.猕猴桃溃疡病发生的影响因素及其防治方法[J].湖南农业科学,2013(21):77-80.
- [6] 李泉广,陈金焕,王西红.不同药剂防治猕猴桃溃疡病效果研究[J].现代农业科技,2013(11):130-131.
- [7] 高小宁,赵志博,黄其玲,等.猕猴桃细菌性溃疡病研究进展[J].果树学报,2012,29(2):262-268.
- [8] 冯华,李海洲.周至县猕猴桃溃疡病流行规律及其综合防治措施[J].中国植保导刊,2009,29(11):29-30.
- [9] 高蓬明,王瑞,马立志.猕猴桃溃疡病防治药剂的室内毒力及田间防治效果[J].贵州农业科学,2013,41(4):85-88.
- [10] 张锋,陈志杰,张淑莲,等.猕猴桃溃疡病药剂防治技术研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(3):71-75.
- [11] 盛存波,安德荣,鲁燕文,等.一株抗猕猴桃溃疡病的芽孢杆菌分离和筛选研究初报[J].中国农学通报,2005,21(12):346-348.
- [12] 盛存波,安德荣,鲁燕文,等.生防菌株 B56-3 防治猕猴桃溃疡病的初步研究[J].西北农业学报,2006,15(3):75-78.
- [13] 邵宝林,王成华,刘露希,等.猕猴桃溃疡病生防芽孢杆菌 B2 的鉴定及应用[J].中国农学通报,2015,31(26):103-108.
- [14] 申哲,黄丽丽,涂璇,等.植物内生放线菌活性物质防治猕猴桃溃疡病[J].中国生物防治,2008,24(4):329-334.
- [15] 谢俊,阿吉拉·阿拉亚·马尔塞格·埃斯特班,金锡萱,等.木霉菌油悬浮剂的研制[J].农药,2017,56(1):18-22.
- [16] 方中达.植病研究方法[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [17] 秦虎强,赵志博,高小宁,等.四种杀菌剂防治猕猴桃溃疡病的效果及田间应用技术[J].植物保护学报,2016,43(2):321-328.
- [18] 龙友华,夏锦书.猕猴桃溃疡病防治药剂室内筛选及田间药效试验[J].贵州农业科学,2010,38(10):84-86.
- [19] SERIZAWA S, ICHIKAWA T, TAKIKAWA Y, et al. Occurrence of bacterial canker of kiwifruit in Japan; Description of symptoms isolation of the pathogen and screening of bactericides[J]. *Annals of the phytopathological society of Japan*, 1989, 55:427-436.
- [20] 罗秀.白僵菌可分散油悬浮剂防治稻纵卷叶螟的药效研究[J].耕作与栽培,2014(4):56-57.
- [21] 孙虎,杨丽荣,全鑫,等.木霉生防机制及应用的研究进展[J].中国农学通报,2011,27(3):242-246.
- [22] 邱德文.我国植物病害生物防治的现状与发展策略[J].植物保护,2010,36(4):15-18.
- [23] VITERBO A, HAREL M, HORWITZ B A, et al. *Trichoderma* mitogen-activated protein kinase signaling is involved in induction of plant systemic resistance[J]. *Applied and environmental microbiology*, 2005, 71(10):6241-6246.
- [24] 杨清平,王立华,胡楠.EM 菌对猕猴桃溃疡病的防治试验[J].福建林业科技,2015,42(1):100-102,114.

(上接第 121 页)

- [16] 顾宇书,邢兆凯,韩友志,等.浑河上游 4 种典型林分类型枯落物持水特征[J].南京林业大学学报(自然科学版),2013,37(1):31-36.
- [17] 高人,周广柱.辽宁东部山区几种主要森林植被类型枯落物层持水性

能研究[J].沈阳农业大学学报,2002,33(2):115-118.

- [18] 张洪江,程金花,史玉虎,等.三峡库区 3 种林下枯落物储量及其持水特性[J].水土保持学报,2003,17(3):55-58.
- [19] 马书国,杨玉盛,谢锦升,等.亚热带 6 种老龄天然林及杉木人工林的枯落物持水性能[J].亚热带资源与环境学报,2010,5(2):31-38.

名词解释

平均作者数:指来源期刊每一篇论文平均拥有的作者数,是衡量该期刊科学生产能力的一个指标。

地区分布数:指来源期刊登载论文所涉及的地区数,按全国 31 个省市计(不包括港澳台)。这是衡量期刊论文覆盖面和全国影响力大小的一个指标。

机构分布数:指来源期刊论文的作者所涉及的机构数。这是衡量期刊科学生产能力的另一个指标。

海外论文比:指来源期刊中,海外作者发表论文占全部论文的比例。这是衡量期刊国际交流程度的一个指标。

基金论文比:指来源期刊中,各类基金资助的论文占全部论文的比例。这是衡量期刊论文学术质量的重要指标。

引用半衰期:指该期刊引用的全部参考文献中,较新一半是在多长一段时间内发表的。通过这个指标可以反映出作者利用文献的新颖度。