

冰雪灾害对粤北九峰阔叶林枯落物量及水文功能的影响*

邱治军¹, 吴仲民^{1**}, 王旭¹, 邹滨², 罗鑫华²

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 广东乐昌杨东山十二度水省级自然保护区管理处, 广东 乐昌 512200)

摘要:在样地调查的基础上,对2008年冰雪灾害后广东乐昌杨东山十二度水自然保护区九峰山不同海拔受损阔叶林枯落物量、持水量、持水率、吸水速率进行了研究。结果表明:林地枯枝落叶层总量为 $25.34 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,其中叶、枝、干分别为 8.84 、 6.01 、 $10.49 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$;枯落物量及各组分的比例与样地植株受损形式、受损比例之间有密切的关系。枯落物持水实验表明:各组分中,叶、枝、干的 最大持水量 分别为 27.8 、 8.2 、 $13.8 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 最大持水率 分别为 314.2% 、 136.4% 、 131.7% ;叶、枝、干的 持水量 、 持水率 随浸泡时间的增加呈自然对数曲线增长,各组分的 吸水速率 随浸泡时间的增加呈幂函数曲线降低。

关键词:冰雪灾害;阔叶林;枯落物;水文功能;杨东山十二度水自然保护区

中图分类号:S718.55

文献标识码:A

Impacts of Ice-snow Storm on Litter Storage and Hydrological Function of Broad-leaved Forest in Jiufeng Mountains, North Guangdong Province

QIU Zhi-jun¹, WU Zhong-min¹, WANG Xu¹, ZOU Bin², LUO Xin-hua²

(1. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Yangdongshan Shierdushui Provincial Natural Reserve of Guangdong, Lechang 512200, Guangdong, China)

Abstract: The litter storage and hydrological function of broad-leaved forest attacked by a rare ice-snow storm in 2008 in Jiufeng Mountains of Guangdong province were investigated by measuring litter biomass and its water holding capacity using the soaking and weighing method. It was found that the total litter biomass was $25.34 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, and the biomass of leaf, branch and trunk were 8.84 , 6.01 and $10.49 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. The litter biomass and the proportion of leaf, branch, and stem had close relationship with the extent of damage and damage proportion of sample plots. The water holding capacity of litter layer of leaf, branch and trunk were 27.8 , 8.2 and $13.8 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. The weight-based ratio of water holding capacity of leaf, branch and trunk were 314.2% , 136.4% and 131.7% , respectively. The litter soaking experiments showed that the water holding amount increased with soaking time, following a logarithmic curve, while the absorption rate decreased with time, following a power function curve.

Key words: ice-snow storm; broad-leaved forest; litter layer; hydrological function; Yangdongshan Shierdushui Provincial Nature Reserve

收稿日期:2010-09-17

基金项目:中国林业科学研究院热带林业研究所基本科研业务费专项(2008-12);广东南岭森林生态系统定位研究站、广东省林业科技创新示范工程专项资金项目(2008KJCX012202)

作者简介:邱治军(1974—),男,博士,助理研究员,主要从事森林生态学、森林水文学等方面的研究工作,E-mail: qzhijun@126.com

* 参与调查与实验的人员还有骆土寿、翁启杰、肖以华、扶建庭等,在此一并致谢!

** 通讯作者:吴仲民,副研究员,E-mail: cafwzm@ritf.ac.cn

枯落物是森林生态系统的重要组成部分^[1],由于其结构疏松、吸水能力强,在截持降水、减少水土流失、抑制土壤水分蒸发等方面具有重要作用^[2-7]。粤北九峰山在2008年1月中下旬至2月上旬我国南方罕见冰雪灾害中受损严重,其森林冠层结构受到极大的破坏,并造成了大量的残枝、断干和落叶等枯落物^[8]。目前,国内外许多学者对多种森林类型下的枯落物特性作了大量研究,如申卫军等^[9]对马占相思(*Acacia mangium* Willd.)与湿地松(*Pinus eliottii* Engelm.)的枯落物持水特性进行了测定,张洪江等^[10-11]对冷杉(*Abies fabri* (Mast.) Craib.)纯林、松栎混交林、栓皮栎(*Quercus variabilis* Bl.)纯林和马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)林的林下枯落物蓄积量及其持水特征进行了研究,薛立等^[12]对杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、马尾松、湿地松、马占相思和尾叶桉(*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake)的枯落物持水特性进行了测定和数学模拟;但对于冰雪灾害造成的枯落物及其水文特性,除了薛立等^[13]对粤北杉木林冠残体和凋落物的持水特性进行了研究外,极少有人开展相关研究。本研究选择在本次冰雪灾害中受损较为严重的广东乐昌杨东山十二度水自然保护区九峰山阔叶林作为研究对象,调查分析受损阔叶林的枯落物量及其水文特性,旨在丰富受损森林枯落物水文作用研究成果,并为进一步研究受损森林生态系统的水文生态效益提供科学依据和参考。

1 研究区概况

研究区位于广东乐昌杨东山十二度水省级自然保护区九峰山,行政上隶属广东省乐昌市,地理位置为113°23'09"~113°29'32"E,25°22'47"~25°11'06"N。该区位于南岭山脉的南坡,其正北面与湖南省汝城县接壤。该区气候属于中亚热带季风气候,光照充足,雨量充沛,≥10℃年积温为6 386.5℃,无霜期为300天左右,年均气温18.1~19.9℃,最冷月1月的平均气温为7.7~9.6℃,最热月8月的平均气温为26.2~28.1℃,年降水在1 700 mm左右,

雨季为3—8月,旱季为9月至翌年2月。该区主要为中山地貌,成土母质主要有变质石英砂岩、绢云母板岩和黑云母花岗岩等,土壤为山地黄壤,植被主要为常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林以及山顶矮林。本研究试验点植被为20世纪80年代初经人工采伐后形成的天然次生林,森林建群落种以小红栲(*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata.)、甜槠(*Castanopsis eyrei* (Champ.) Tutch.)、南岭栲(*Castanopsis fordii* Hance.)等栲属植物为主,是亚热带最为典型的常绿阔叶林类型,在2008年春的冰雪灾害中遭到了严重的破坏。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

2008年4月在海拔700~1 000 m典型受损的阔叶林中,采用固定样地法,在4个不同海拔高度区域各设置1个30 m×50 m的植被样地,样地基本情况见表1。将每个样地分成15个10 m×10 m的小样方,对样方内胸径在1.0 cm以上的木本植物进行每木调查,测定树高、胸径、冠幅等。

2.2 枯落物取样与持水特性测定

2.2.1 枯落物取样 按“之”字型走向在每个固定样地的左下方,右边中部、上边中上方的外面分别建立3个5 m×5 m的大样方。将样方内的断梢、断枝分类为枝,将样方内的断干、断头以及翻兜的树干分类为干,对大样方内的所有枝、干分别进行称质量,然后取样。同时,在3个大样方的四周各设置3个50 cm×50 cm的小样方,对小样方内的全部叶进行收集并称质量,然后取样。

由于调查时树叶全部脱落,难以区分灾前原有的枝叶和因雪灾而掉落的枝叶,且原有枯落叶与灾后叶、枝、干相比较小,因此将小样方内收集的所有叶(包括冰雪灾害掉叶和原有叶现存量)作为冰雪灾害造成的枯落叶组分;而大样方内调查的枝、干都是冰雪灾害折断、翻倒形成的,作为冰雪灾害造成的枯落枝、干组分;冰雪灾害造成的总枯落物量为枯落叶组分、枯落枝组分和枯落干组分的总和。

表1 调查样地基本情况

样地号	海拔/m	坡向	坡度 S/(°)	郁闭度	受损比例/%	林分密度/(株·hm ⁻²)
S01	720~740	NW	28	0.4	86.05	5 600
S02	796~820	SW	30	0.5	88.28	8 647
S03	870~890	NW	23	0.4	75.64	4 060
S04	950~970	SW	25	0.5	87.01	7 027

2.2.2 枯落物含水率测定与储量计算 在取回的干、枝、叶样品中各取一部分小样品放在 80 ℃ 恒温下烘干至恒质量,计算小样品含水率,再根据小样品的含水率计算枯落物的干质量,然后计算枯落物储量。

2.2.3 枯落物持水测定与计算 在取回的干、枝、叶样品中各取一部分采用网袋浸泡法进行持水量测定,即将取好的凋落物装入尼龙网袋,分别浸入水中 0.5、1、1.5、2、4、6、8、10、12、16、24 h 后,捞起并静置到不滴水时进行称质量。凋落物持水量、持水率和吸水速率的计算公式如下:

$$W_H = W_W - W_d \quad (1)$$

$$W_R = (W_H / W_d) \times 100\% \quad (2)$$

$$W_A = W_R / t \times 1\,000 \quad (3)$$

式(1)到式(3)中: W_H 为枯落物持水量($t \cdot \text{hm}^{-2}$), W_W 为枯落物湿质量($t \cdot \text{hm}^{-2}$), W_d 为枯落物干质量($t \cdot \text{hm}^{-2}$), W_R 为枯落物持水率(%), W_A 为枯落物吸水速率($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), t 为吸水时间(h)。

3 结果与分析

3.1 树木受损情况

样地调查结果表明:此次冰雪灾害受害严重的树种主要为虎皮楠(*Daphniphyllum oldhamii* (Hemsl.) Rosenth.)、南岭栲、甜槠、小红栲、雷公青冈(*Cyclobalanopsis hui* Chun.)和交让木(*Daphniphyllum macropodum* Miq.)^[14]。4个样地中最高树高为 25 m,按树高 ≤ 3.0 、 $3.0 \sim 9.0$ 、 ≥ 9.0 m 进行统计,其中,树高 $3.0 \sim 9.0$ m 占的比例最大,4个样地都在 54%~58%,其次是树高 ≤ 3.0 m,占 35%~42%,树高 ≥ 9.0 m 的只占 2%~9%。对胸径按 ≤ 3.0 、 $3.0 \sim 9.0$ 、 ≥ 9.0 cm 进行统计,3者所占比例分别是 48%~54%、31%~43%、5%~19%,即胸径 ≤ 3.0 cm 的比例最大。赵震等^[15]将冰雪灾害造成的树木受损分成断梢、压弯、翻兜、倒伏、断干等 5 种类型,并统计了各样地不同受损类型的比例,结果表明:4个样地的主要受损类型为压弯,比例超过 50%,其次是断梢、断干、倒伏、翻兜等,4个样地都达到了严重受灾等级^[15]。从不同样地的受损类型差异来看,S02 样地的断梢率最高,达 12.57%,S04 样地的最小,只有 3.70%,S01、S03 样地的分别为 6.86%、5.10%;4个样地压弯比例相差不大,为 53.4%~69.0%;断干率排序为 S03(13.14%)>S01(11.02%)>S04(6.11%)>S02(3.70%);翻兜率排序为 S04(8.00%)>S03(4.00%)>S01

(3.94%)>S02(3.70%);各样地倒伏的比例都很小,最大的也只有 2.31%,为 S02 样地。

3.2 枯落物储量

由于冰雪灾害的影响,阔叶林的枯落物量非常大,总枯落物量为 $25.34 t \cdot \text{hm}^{-2}$ 。从枯落物的组成来看,干的比列最大,占 41.4%,其次是叶,占 34.9%,枝的比例最小,只有 23.7%。从 4 个样地的比较来看,海拔最低的 S01 样地的枯落物量最大,达 $30.47 t \cdot \text{hm}^{-2}$,S04 样地的枯落物量最小,为 $22.66 t \cdot \text{hm}^{-2}$,S02、S03 样地的枯落物量相差不大,分别为 24.96 、 $23.26 t \cdot \text{hm}^{-2}$ (表 2)。对各样地不同组分枯落量的分析表明:S01、S03、S04 不同组分枯落量的排序相同,即干>叶>枝,而 S02 的排序为枝>叶>干。

表 2 各样地枯落物量 $t \cdot \text{hm}^{-2}$

样地号	叶	枝	干	总计
S01	10.19	5.64	14.64	30.47
S02	8.35	10.07	6.54	24.96
S03	9.43	2.70	11.13	23.26
S04	7.40	5.62	9.64	22.66
平均	8.84	6.01	10.49	25.34

3.3 枯落物持水量与持水率

从枯落物与浸泡时间的关系曲线可以看出(图 1):叶、枝、干的持水量差距十分明显,始终是叶>干>枝,而且三者的变化趋势基本一致,在 0.5~2.0 h 阶段持水量迅速增加,2.0 h 之后增速放缓,到 16 h 基本达到饱和。叶、干、枝的最大持水量分别为 27.8 、 13.8 、 $8.2 t \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

从持水率随浸泡时间的变化曲线来看(图 2),各组分中叶的持水率明显大于树枝和树干,而枝和干的持水率不相上下,呈交替上升趋势,说明叶的持水能力最强,干和枝的持水能力较弱。从持水的过程来看,在 0.5~6 h 浸泡时间段,干的持水率大于枝,而在 8~24 h 时段,枝的持水率大于树干。各组分在浸泡 16 h 时都达到饱和,其中,叶的最大持水率居首位,为 314.2%,其次是枝和干,分别为 136.4%和 131.7%。

对于持水量(W_H)、持水率(W_R)与浸泡时间(t)的关系,发现利用对数函数 $W = a \ln t + b$ 进行拟合效果最好,其中 a 、 b 为方程参数。从表 3 可以看出:干、枝、叶持水量(W_H)、持水率(W_R)与浸泡时间(t)的模拟方程的决定系数(R^2)均在 0.95 以上,说明枯落物干、枝、叶的持水量和持水率都随着浸泡时间的增加呈对数曲线变化。

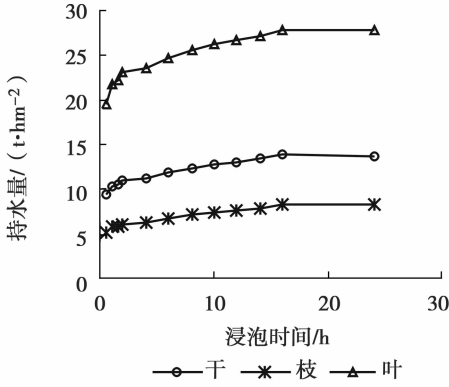


图1 枯落物持水量随浸泡时间的变化

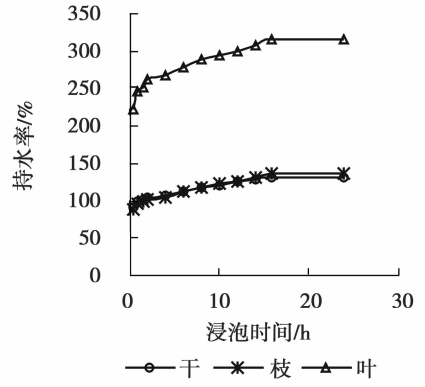


图2 枯落物持水率随浸泡时间的变化

表3 不同组分枯落物持水量、持水率与浸泡时间的关系

组分	持水量		持水率		吸水速率	
	方程	R^2	方程	R^2	方程	R^2
干	$W_H = 1.1588 \ln t + 10.105$	0.9653	$W_R = 11.046 \ln t + 96.328$	0.9653	$W_A = 971.1 t^{-0.909}$	0.9991
枝	$W_H = 0.8028 \ln t + 5.587$	0.9511	$W_R = 13.357 \ln t + 92.959$	0.9511	$W_A = 939.91 t^{-0.889}$	0.9988
叶	$W_H = 2.1263 \ln t + 21.243$	0.9776	$W_R = 24.053 \ln t + 240.31$	0.9776	$W_A = 2423.5 t^{-0.922}$	0.9988

3.4 枯落物吸水速率

图3表明:在0.5~6h浸泡时间段,各组分的吸水速率随浸泡时间的增长急剧下降,之后缓慢下降,各组分的吸水速率表现为叶>干>枝,干、枝、叶的吸水速率分别从1800.9、1750.5、4423.5 $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ 下降到187.1、185.9、462.5 $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$;在8~24h浸泡时间段,各组分的吸水速率表现为叶>枝>干,干、枝、叶的吸水速率分别从146.3、147.8、360.9 $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ 下降到50.0、51.4、116.4 $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ 。

根据薛立等^[13]的经验,枯落物吸水速率(W_A)与浸泡时间(t)的关系用幂函数方程模拟效果很好。本文也对干、枝、叶的吸水速率与浸泡时间进行了模拟,结果表明:幂函数方程拟合效果非常好,决定系数(R^2)均大于0.99(表3),说明枯落物吸水速率与浸泡时间的关系是按幂函数方程变化的。

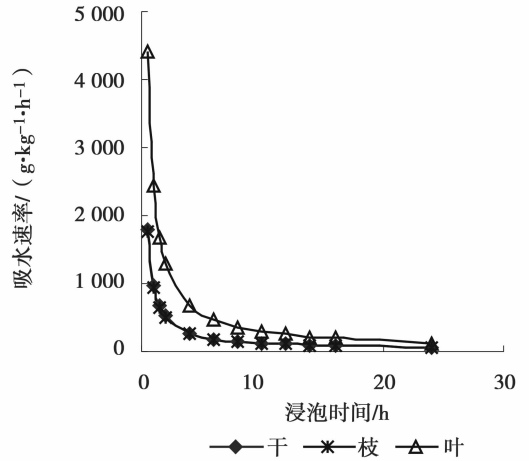


图3 枯落物吸水速率与浸泡时间的关系

4 结论与讨论

4.1 林分受损程度与枯落物储量

S01、S03断干比例分别达11.02%和13.14%,而S04、S02的断干比例分别为6.11%和3.70%,这可能是造成S01、S03样地枯落物中干的比例明显偏大的原因。S02的主要受损形式为压弯和断梢,其比例分别为66.0%和12.57%,这应该是造成其枯落枝、叶的比重明显偏大的原因。S03的枯落枝和总枯落物量在4个样地中最小,因其受损程度最轻,

总的受损比例为75.64%,而S01、S02、S04总的受损比例分别为86.05%、88.28%和87.01%。

总的来说,冰雪灾害对九峰山阔叶林林冠层造成了严重的破坏,导致林地里出现了大量的枯枝落叶,受损阔叶林的枯落物的叶、枝、干储量分别为8.84、6.01、10.49 $t \cdot hm^{-2}$,枯落物总量为25.34 $t \cdot hm^{-2}$ 。六盘山阔叶林的枯落物总量为10.33 $t \cdot hm^{-2}$ ^[16],大岗山阔叶林的枯落物总量为474.18 $t \cdot km^{-2}$ ^[17],因此,冰雪灾害造成的九峰山阔叶林的枯落物总量是六盘山阔叶林的2.5倍,是大岗山阔叶林的5.3倍。

4.2 枯落物水文特性

枯落物持水特性是森林水文功能的一个重要方面,枯落物的最大持水量反映了其对降水的最大截留量,是其潜在的蓄水能力,对森林生态系统的水源涵养功能具有重要意义。Gerrits 等^[18]的试验结果表明:山毛榉(*Fagus sylvatica* L.)森林11月枯落物的截留水量为14 mm。本研究持水实验测定结果显示:叶、枝、干的最高持水量分别可达27.8、8.2、13.8 t·hm⁻²,叶的持水量是枝的持水量的3.4倍,是干的持水量的2.0倍;叶、枝、干的最高持水率分别为314.2%、136.4%和131.7%,叶的持水率分别是枝和干的2.3倍和2.4倍;与薛立等^[13]调查的受损杉木林相比,九峰山阔叶林枯落物中叶的最高持水率比杉木的高,而枝、干的最高持水率比杉木的低,这可能是因为杉木的叶面比较光滑,不易吸水,而枝、干比较粗糙,吸水力强。受损阔叶林枯落物总的最高持水量为49.8 t·hm⁻²,相当于4.98 mm水层厚度,而日本冲绳亚热带常绿阔叶林的枯落物最高持水量为2.8 mm^[19],即九峰山受损阔叶林的枯落物最高持水量是冲绳阔叶林的1.8倍。进一步的回归模拟分析表明:干、枝、叶持水量与持水率都随着时间的推呈自然对数曲线变化,而枯落物干、枝、叶吸水速率随浸泡时间的增长呈幂函数曲线变化。

一般而言,枯落物的吸水特性与其分解的程度呈正相关关系^[20],因此,可以推断,随着受损树木枯落叶、枝、干的进一步分解,其吸水能力还将会增强,森林枯落物的水源涵养能力也会有所提高。若要综合评价受损森林的水源涵养能力,则还需要对林冠截留、地表径流、集水区总径流等进行长期的定位监测研究。

参考文献:

[1] 吴钦孝,刘向东. 山杨次生林枯枝落叶蓄积量及其水文作用[J]. 水土保持学报,1992,6(1):71-76

[2] 刘广全,王浩,秦大庸,等. 黄河流域秦岭主要林分凋落物的水文生态功能[J]. 自然资源学报,2002,17(1):55-61

[3] 朱金兆,刘建军,朱清科,等. 森林凋落物层水文生态功能研究

[J]. 北京林业大学学报,2002,24(5/6):30-34

[4] 赵鸿雁,吴钦孝,刘国彬. 黄土高原人工油松林枯枝落叶层的水土保持功能研究[J]. 林业科学,2003,39(1):168-172

[5] 叶吉,郝占庆,姜萍. 长白山暗针叶林苔藓枯落物层的降雨截留过程[J]. 生态学报,2004,24(12):2859-2862

[6] 薛建辉,郝奇林,何常清,等. 岷江上游两种亚高山林分枯落物层水文特征研究[J]. 水土保持学报,2009,23(3):168-172

[7] 莫菲,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

[8] 骆士寿,张国平,吴仲民,等. 雨雪冰冻灾害对广东杨东山十二度水保护区常绿与落叶混交林凋落物的影响[J]. 林业科学,2008,44(11):177-183

[9] 申卫军,彭少麟,周国逸. 马占相思与湿地松人工林枯落物层的水文生态功能[J]. 生态学报,2001,21(5):846-850

[10] 张洪江,程金花,余新晓,等. 贡嘎山冷杉纯林枯落物储量及其持水特性[J]. 林业科学,2003,39(5):147-151

[11] 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):55-58,123

[12] 薛立,何跃君,屈明,等. 华南典型人工林凋落物的持水特性[J]. 植物生态学报,2005,29(3):415-421

[13] 薛立,冯慧芳,郑卫国,等. 冰雪灾害后粤北杉木林冠残体和凋落物的持水特性[J]. 林业科学,2008,44(11):82-86

[14] 王旭,黄世能,周光益,等. 冰雪灾害对杨东山十二度水自然保护区栲类林建群种的影响[J]. 林业科学,2009,45(9):41-47

[15] 赵霞,沈孝清,黄世能,等. 冰雪灾害对杨东山十二度水自然保护区木本植物机械损伤的初步调查[J]. 林业科学,2008,44(11):164-167

[16] 时忠杰,王彦辉,徐丽宏,等. 六盘山主要森林类型枯落物的水文功能[J]. 北京林业大学学报,2009,31(1):91-99

[17] 王兵,王燕,赵广东. 江西大岗山三种主要植被类型枯落物水文性能研究[J]. 水土保持研究,2008,15(6):197-199

[18] Gerrits A M J, Savenije H H G, Hoffmann L, et al. New technique to measure forest floor interception-an application in a beech forest in Luxembourg [J]. Hydrology and Earth System Science, 2007, 11: 695-701

[19] 徐小牛,王勤,平田永二. 亚热带常绿阔叶林的水文生态特征[J]. 应用生态学报,2006,17(9):1570-1574

[20] Grelewicz A, Plichta W. Water absorption in samples of different types of forest humus [J]. forest ecology and management, 1985, 10(1):1-11