大兴安岭典型针阔混交林区土壤持水效应

罗金明[1]，王永洁[1]，陈 凯[1]，胡守才[2]，刘志远[2]

(1. 齐齐哈尔大学 理学院，黑龙江 齐齐哈尔 161006；2. 黑龙江省南瓮河国家级自然保护区，黑龙江 加格达奇 165012)

摘 要：受地貌条件的影响，大兴安岭低山丘陵地区土壤的水、热性质出现分异，发育的土壤类型以及植被都表现出典型的高寒森林湿地中域景观特征。沿局部分水岭向河谷低漫滩发育 4 种土壤类型，依次为塔头苔草草甸土—灰色森林土—白浆土—暗棕壤。大兴安岭地区森林湿地存在明显的冻融过程，冻融作用的影响下森林湿地表层的水分数量和状态都发生明显的变化。在冻融过程中，位于地势较高的森林植被湿地仅表层储存大量水分，而位于低位的塔头苔草湿地整体土体的水分数量和状态都发生明显的变化。白浆土的水分特征曲线非常平缓，表明土壤水分变化微弱。大兴安岭地区山岭和山麓发育的土壤土层较薄，使得除了枯落物(O)层外其他土层土壤持水性能都弱，一旦该地区枯枝落叶层受到破坏，整个山岭表层的土壤将发生严重的水土流失。

关键词：森林土壤；水分特征曲线；冻融作用；针阔混交林

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2014)01-0007-07 **中图分类号**：S715.3

Soil Water Retention Effect in Typical Mixed Plantation of Broadleaf and Coniferous Leaf Forest Region of Daxingan Mountains

LUO Jin-ming[1], WANG Yong-jie[1], CHEN Kai[1], HU Shou-cai[2], LIU Zhi-yuan[2]

(1. *School of Sciences, Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang* 161006, *China*;
2. *Nanwenghe Natural National Reserve, Jiagedaqi, Heilongjiang* 165012, *China*)

Abstract: As affected by the local topographical condition, soil moisture and thermal properties in the Daxingan Mountains varied largely, and soil types and vegetation in the region appeared to be the typical high-cold forest wetland with middle scale landscape feature. There were four types of soils from the local watershed divide to the low flood plain, i. e., sedge meadow soil, gray forest soil, Baijiang soil and dark brow forest soil. Obvious freeze—thaw process occurred in the forest wetland of the Daxingan Mountains, whereby the soil moisture content and phase varied significantly. Large soil moisture storage was observed merely in the surface horizon of forest soil in high relief during the freezing period, whereas obvious change in soil moisture content and phase was observed in the meadow soil in low relief. The water retention curve of Baijiang soil is very smooth, suggesting minor water change. The thin soil horizon developed in the mountain ridge and foot leads to a weak water retention capacity, except the litter layer(O horizon). When the litter layers are destroyed by human disturbances, serious soil erosion will occur.

Keywords: forest soil; water retention curve; freeze－thaw action; mixed plantation of broadleaf and coniferous leaf

森林植被的枯落物层—土壤层作为森林生态系统中不可分割的完整系统[1]，不仅具有拦蓄雨水、减少土壤表面水分蒸发耗损的作用[2-4]，同时也削弱雨滴对土壤的直接溅击从而产生水土保持的效应[5]。此外，枯落物和土壤层增加表层的蓄水能力，减少了地表径流的产生，起到保持水土和涵养水源的作用，这对森林土壤的发育、保护和改良有重要意义[6]。相关研究已经证实，地表枯落物—土壤系统的水文物理

收稿日期：2013-03-13 修回日期：2013-04-11
资助项目：国家青年基金项目“自然—人为双重影响下东北地区典型沼泽湿地水文过程演变机制”(41101034)；黑龙江省教育厅青年学术骨干支持项目“干旱胁迫下中小型土壤动物对我国东北盐沼湿地退化的响应与预警”(1253G063)；齐齐哈尔大学青年教师科研启动项目“扎龙湿地的重金属污染对丹顶鹤的生态健康的影响研究”(2012K-Z10)；黑龙江省普通高等学校地理环境遥感监测重点实验室开放课题资助项目“扎龙湿地环境中重金属富集对丹顶鹤生态健康的影响”
作者简介：罗金明(1977—)，男(汉族)，四川省成都市人，副教授，主要从事湿地水环境研究。E-mail：luojm1000@sina.com。

性质是森林生态系统水文功能的重要组成部分，也是林木赖以生存的基础[1]。不同森林类型的枯落物及其林下土壤具有不同的森林水文功能。目前，国内外对森林枯落物的涵养水源功能的研究已经取得了阶段性的成果，但是研究多针对某一种森林生态系统本身的生态功能，很少从地理的角度出发探讨坡面系统不同林份的差异，从而取得森林—土壤的涵养水源功能的研究成果。

大兴安岭具有独特的地理和气候条件，本文通过对大兴安岭岭南4种不同森林类型的枯落物及土壤的森林水文功能的研究，进一步揭示大兴安岭岭南不同森林类型在水土保持、涵养水源等方面的规律。

1 研究区概况

试验区位于黑龙江省南瓮河国家级自然保护区，地理坐标为50°07′42″N，125°07′18″E，海拔高度530～560 m，属于低山丘陵地带。气候属于寒温带半湿润大陆性季风气候，多年平均降雨量500 mm，受季风影响，冬季寒冷且漫长，夏季高温多雨，年平均气温－3 ℃，最冷月的气温达－48 ℃。由于该区地势平缓，河谷宽阔平坦，加之土壤季节性冻融的普遍存在和分布，土层透水性极差，使其流域几乎全部形成沼泽，发育典型的岛状林湿地。该地区地带性土壤为棕色针叶林土壤，此外还有暗棕壤、草甸土、沼泽土、泥炭土。植被属于南部蒙古栎—兴安落叶松林区，主要乔木树种有兴安落叶松〔*Larix gmelini* (Rupr.) Ruzen.〕、山杨(*Populus davidaiana*)、蒙古栎(*Querus mongolica* Fischer ex Ledeb.)、云杉(*Picea asperata* Mast.)、红毛柳〔*Chosenia arbutifolia* (Pall.) A. skv〕等；灌木种类有杜鹃(*Rhododendron simsii* Planch)、日本桤木〔*Aluns japonica* (Thunb.) Steud.〕、榛子(*Corylus heterophylla* Fisch.)、胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz)等。

在研究区4种植被类型依次布点，样点1(海拔560 m)位于较陡峭的山岭(坡度＞25°)，植被为落叶松＋柞树；样点2(海拔545.65 m)位于较平缓的山麓(坡度＜10°)，植被群落为兴安落叶松＋白桦林；样点3位于河谷盆地边缘，植被为稀疏的赤杨＋红毛柳林(海拔533.8 m)；样点4位于平坦的河谷盆地，发育典型的塔头苔草群落(海拔530.6 m)。整个研究样点的相对高差约为30 m。在各取样点分别取土样带回室内分析土壤物理和化学性质，样点1和样点2取样深度0—50 cm，样点3取样深度0—100 m，样点4的取样深度0—130 cm。

2 研究方法

(1) 土壤含水率使用烘干法测定，用吸管法测定土壤粒径组成，根据国际土壤质地分类标准分为粗砂粒、细砂粒、粉砂粒和黏粒[7]。

在标准地的对角线上均匀布设3个50 cm×50 cm大小的样方，用钢尺对枯落物的总厚度及未分解层、半分解层厚度进行测量并记录。将采取的未分解层和半分解层的样品带回实验室用天平称其鲜重，并用烘箱烘干称重，以干物质重量计算蓄积量[8]，每个林分类型重复3次。同时收集每个样点单位面积不同土壤深度的根系，回室内烘干称重得到每个样方的生物量。

(2) 用室内浸泡法测定土壤的的持水过程。将环刀土壤样品上端套8 cm橡胶圈，以马氏瓶控制土壤样品上端的水头为5 cm，通过记录单位时间内马氏瓶水分消耗速率来指示各种土壤的持水过程。

(3) 采用室内自然蒸发法进行土壤持水后水分蒸发研究。取环刀土壤置于实验水槽，加水至环刀上端，使土柱充分饱和后降低水槽水的高度至环刀下端，静置24 h，在充分排除重力水后称重，计算最大持水系数。然后，在5，10和30 min，1 h称重，其后每1 h定时称重。

(4) 降水头法测定土壤渗透系数。以环刀(h＝30 cm，d＝10 cm)分别在4个取样点不同深度采取原状土柱，取样深度为0—30，30—60，60—90 cm，带回室内用降水头法测定渗透速率[9]。

(5) 采用石英砂—高岭土吸力板(中国科学院南京土壤研究所生产)测量土壤水分特征曲线。

3 结果与讨论

3.1 土壤特征及地表枯枝含量

研究区为大兴安岭低山丘陵地区，山地与河谷盆地相间分布。受地貌的控制，研究区不同地貌部位的水、热性质出现分异，发育的土壤类型以及植被都表现出典型的高寒森林湿地中域景观。沿局部分水岭向河谷低漫滩土壤分布格局依次为塔头苔草草甸土—灰色森林土—白浆土—暗棕壤。暗棕壤的土体构型为O—AH—E—B—R，灰色森林土的土体构型为A—E—B—C，塔头苔草草甸土的土体构型为O—Ah—Bg—G，白浆土的土体构型为O—Ah—Ecs—Bts。

图1表示研究区4种植被类型下地表生物量以及植物根系干重。由图1可知，柞树＋落叶松、赤杨

＋红毛柳以及落叶松＋白桦林 3 种植被地表枯枝落叶生物量干重都在 0.6 kg/m³ 以下,柞树＋落叶松的地表枯枝落叶生物量为 0.49 kg/m³,赤杨林为 0.59 kg/m³,落叶松＋白桦林为 0.43 kg/m³。塔头苔草地表的生物量则是三者总和的 10 倍以上,地表生物干重达 16.7 kg/m³。另外,各取样点土壤中的根系(主要是草本植被的根系)分布在土壤表层,样点 1—3 表层根系干重分别为 5.55,4.64 和 12.35 kg/m³,样点 4 的 0—10 cm 土层的根干重则高达 67.55 kg/m³。样点 1—3 土层中根系重量随着深度增加而迅速降低,20 cm 以下土层的根系含量已经很少了。样点 4 发育的土壤(塔头苔草草甸土)植被根系含量随着土壤剖面近似呈抛物线的变化规律,从 10 cm 向下逐渐减少,50 cm 以下土层仍然有一定的根系分布。微地貌控制下的土壤特征以及水分状况可对地表的植被特征可产生明显的影响。

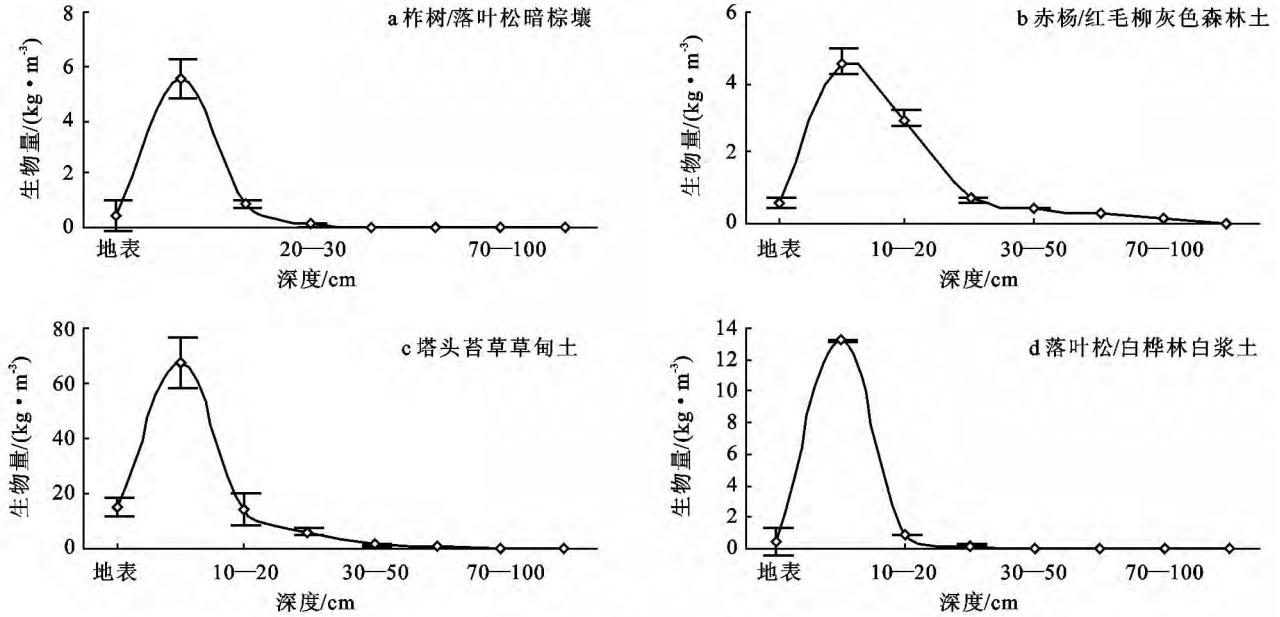


图 1　2009 年 12 月 15 日取样点单位面积生物量(地表枯枝落叶干重与不同土层包含的植物根系干重之和)

表 1 为研究区 4 种土壤的物理性质。由表 1 可知,大兴安岭地区山岭和山麓发育的土壤土层较薄,土壤质地以细砂为主,表层/亚表层出现砾石。样点 1 除表层有 5 cm 左右的枯枝落叶覆盖层外,整个土层土质以砂质为主,质地较粗且土层较薄(50 cm 以下开始出现母岩),表层的砂质含量高达 60%,砾石含量高达 30%以上,整个土层的黏粒含量都在 15%以下。另外,整个土层除了表层的饱和含水量高达 38.72%外,5 cm 以下土壤的饱和含水率都在 22%以下,外加暗棕壤位于坡麓位置,坡度较大,易于形成坡面径流。所以该地区土壤持水性主要体现在土壤表层的枯枝落叶层,一旦枯枝落叶层受到破坏整个山岭表层的土壤将发生严重的水土流失。样点 2 的土壤质地十分黏重,亚表层发育的高粉砂含量的白浆层,10—20 cm 的粉砂质含量高达 39.41%,同时间杂块状或棱柱状结构的砾石层。这种高粉砂含量的结果使土壤表层的水分难以下渗,往往造成地表局部滞水,外加高覆盖率的覆被特征,白浆土表层(枯枝落叶层和腐殖质层)的饱和含水量高达 36.89%,对于局部森林湿地的沼泽化具有十分重要的意义。样点 3 的土壤质地以砂质为主,表层的砂质含量高达 80%,容重在 1.1 以上,60 cm 以上的土层开始出现砾石。这种疏松的结构将使地表降雨的迅速垂直下渗而不利于土壤的水分贮存和持水。实测的数据表明,整个土层的饱和含水率最高也不过 33%。样点 4 的质地以粉砂、黏粒为主,整个土层质地以粉砂和黏粒为主,孔隙结构较好,30 cm 以上的土层的黏粒含量高达 27%以上,尤其是表层,黏粒含量高达 37%,饱和含水量则在 48%以上,50 cm 以下土层质地开始以粉砂为主。

地表生物量的特征以及土壤质地结构决定着土壤的孔隙结构[10]。各取样点的土壤的表层具有一定的枯枝落叶和腐殖质层(O/A 层),因此孔隙度较高。例如,样点 1 土壤表层的孔隙度可达 56%(非毛管孔隙和毛管孔隙度分别为 26.6%和 29.4%),样点 2 土壤表层的孔隙度为 49%,即使是以砂质为主的样点 3 土壤表层的孔隙度也在 40%以上,样点 4 土表层的孔隙度高达 63.69%。从垂向分布来看,山岭和山麓地区土壤

10 cm以下的孔隙度含量都迅速减小，且主要以非毛管孔隙为主（样点 2 亚表层的孔隙度仅 30%）。整个样点 4 土壤的孔隙度都很高，即使在100 cm土层的孔隙度任然在 50%以上，且主要以0.005～1.2 mm 的粗孔隙为主（占土壤总孔隙度的 70%以上），塔头苔草丰富的根系和大量的枯枝落叶聚集层，使 0—50 cm 土层结构具有类似“泡沫”的疏松结构，对于苔草湿地的水分储存以及湿地的发育具有十分重要的意义[3]。

表 1 不同取样点土壤不同深度的物理性质

取样点	深度/cm	土壤质地/%				饱和含水率/%	容重/(g·cm^{-3})	孔隙度/%		
		砾石	砂质	粉砂	黏粒			总孔隙度	非毛管孔隙	毛管孔隙
样点 1	0—10	—	60.93	24.36	14.71	38.72	0.90	56.03	26.61	29.42
	10—20	43.71	42.26	7.54	6.49	22.20	1.16	46.11	25.88	20.23
	20—30	34.65	40.60	8.11	7.58	21.93	1.29	41.14	26.50	14.64
	30—50	32.49	43.71	12.32	0.26	15.23	1.45	40.35	26.57	13.78
样点 2	0—10	—	43.53	31.45	25.01	38.84	1.05	49.24	27.56	21.68
	10—20	15.23	24.12	39.41	21.37	25.89	1.12	32.74	25.67	15.84
	20—30	36.45	34.86	24.91	3.78	23.11	1.15	31.51	19.33	12.18
	30—50	37.98	31.10	24.40	6.52	19.91	1.22	34.14	18.96	15.18
样点 3	0—10	—	80.35	13.29	6.35	39.60	1.25	42.97	25.27	20.12
	10—20	—	60.88	16.33	22.78	33.11	1.13	48.54	28.36	20.18
	20—30	—	71.02	13.77	15.21	31.67	1.15	40.46	22.32	18.14
	30—50	—	67.12	15.25	17.63	27.05	1.36	41.65	22.58	18.70
	50—70	17.63	49.26	16.54	16.58	28.54	1.32	40.19	19.22	20.74
	70—100	30.12	50.72	9.27	9.90	23.52	1.31	36.05	21.03	15.53
样点 4	0—10	—	33.31	28.92	37.77	48.34	0.97	63.39	29.27	34.12
	10—20	—	40.02	32.15	27.85	44.65	0.98	62.96	30.54	32.42
	20—30	—	38.22	33.94	27.84	44.95	0.96	63.69	29.95	33.74
	30—50	—	49.22	30.90	19.88	33.48	1.12	57.74	30.25	27.49
	50—70	4.35	51.90	23.11	20.64	36.37	1.13	47.41	26.15	21.36
	70—100	15.67	52.18	15.96	16.19	30.58	1.22	44.02	24.23	19.79
	100—130	13.45	58.31	9.53	18.71	26.60	1.16	45.35	24.03	21.32

3.2 冻融期土壤的持水特征

已有研究表明，冻融作用对中高纬度地区森林土壤系统的水分储存有重要的意义[11-13]。本文以 2009 年 1，8 和 12 月期间各取样点土壤的含水率变化来说明其持水性能（表 2）。由表 2 可知，4 月初研究区土壤开始消融，不同地貌部位，不同土壤类型消融过程存在差异。2009 年 4 月 15 日，位于山麓的暗棕壤消融深度为 20 cm，灰色森林土消融深度为 12 cm，白浆土和塔头苔草草甸土尚未消融。进入 7 月后，几种土壤消融深度已经超过 1.5 m。11 月初研究区进入冻结期，土壤表层又开始呈现冻结现象。

从表 2 的观测结果可知，12 月中旬暗棕壤冻结深度为 0—30 cm，灰色森林土和白浆土 50 cm 以上土层已经发生冻结，而草甸土冻结深度已经到 70 cm。另外，从表 2 还可以看出，不同地貌部位、不同土壤类型的冻结特征存在明显的差异。以落叶松/白桦林地区发育的白浆土地表积雪密度最大，研究区土壤表层的水分变化也存在明显的差异。冻结期各种土壤表层的含水率明显增加，达到过饱和状态。暗棕壤 0—10 cm 土层的含水率高达 43.79（饱和含水率为 38%），2009 年 12 月再次进入冻结期后土壤表层的含水率接近饱和含水量，进入 4 月（消融期）和 8 月（未冻结期）表层的含水率则迅速下降至 32.8%和 29%。另外，暗棕壤冻结期10 cm以下土层的含水率变化很小。白浆土冻融过程中的水分变化规律和暗棕壤相似，但是含水率明显高于暗棕壤，冻融期表层的含水率高达 50%以上，但是白浆层（10 cm 以下）的含水率在冻融前后的含水率变化不明显。塔头苔草草甸土整个土体冻融前后的水分含量变化最明显。1 月表层的含水率受蒸发的影响为 40%左右，另外，在消融季节，表层受到消融的积雪的影响所以含水率反而上升到 51.66%，当土壤消融后表层的含水率则下降为 47.48%。当再次进入冻结期（12 月），表层的含水率再次增加至 60%以上。

通过分析可知，大兴安岭地区森林湿地存在明显的冻融过程，在冻融作用的影响下森林湿地表层的水

分数量和状态都发生明显的变化。不同地貌部位和土壤条件下森林湿地的冻融水分效益存在明显的差异,冻融过程中位于高位的森林植被湿地表层蓄水明显。

表 2　不同季节土壤的冻融深度以及含水率变化　%

样 点	深度/cm	1 月	4 月	8 月	12 月
样点 1	SC	5.58	—	—	3.37
	0—10	43.79①	32.80	29.14	41.28①
	10—20	19.47①	16.10	8.93	13.17①
	20—30	12.72①	22.20①	6.68	11.32①
	30—50	9.23①	10.20①	7.29	9.23
样点 2	SC	12.28	—	—	10.75
	0—10	55.59①	52.10①	37.55	53.04①
	10—20	24.37①	23.53①	20.31	28.22①
	20—30	23.99①	23.38①	20.86	25.42①
	30—50	22.31①	24.92①	19.81	17.70①
样点 3	SC	10.05	—	—	8.18
	0—10	37.93	37.60	27.77	35.35①
	10—20	30.95	33.00	33.69	27.56①
	20—30	32.17	35.00	31.64	31.33①
	30—50	34.37	34.80	35.32	38.11①
	50—70	32.56	31.20	33.89	29.52
	70—100	31.20	31.80	28.34	30.79
	100—130	28.64	28.57	28.30	28.51
样点 4	SC	11.25	—	—	9.84
	0—10	39.88①	51.66①	47.48	61.90①
	10—20	53.33①	53.86①	47.55	60.77①
	20—30	53.10①	45.28①	45.19	59.51①
	30—50	52.83①	46.96①	41.18	51.20①
	50—70	51.40①	43.10①	44.00	44.29①
	70—100	49.11①	42.69①	35.35	39.14
	100—130	47.54①	38.14①	30.03	34.25

注:①表示土壤处于冻结状态;SC 表示该采样点地表积雪重量(kg/m^2)。

3.3　非冻融期土壤的持水性能

3.3.1　水分特征曲线　图 2 为研究区不同土壤对应的水分特征曲线。由图 2 可知,样点 1,3,4 的土壤 0—30 cm 土层饱和含水率都在 35%以上(其中样点 1 为 38%,样点 3 为 41%,样点 4 表层饱和含水率高达 47%),而样点 2 的 0—30 cm 土层的饱和含水率低于 25%。此外,在 0—300 cm 土水势条件下,各种土壤的含水率都迅速下降,其中土壤表层水分的变化特征最明显(样点 2 的土壤除外,其水分特征曲线十分平缓,近乎成一条直线),而 30 cm 以下土层的含水率在 0—300 cm 土水势条件下变化较为平缓。总体来看,森林土壤的水分特征曲线变化平缓,而塔头苔草草甸土的水分特征曲线成指数形式减少,即在较小的土水势作用下土壤水分也发生明显的减少。

塔头苔草草甸土 0—60 cm 土壤含有大量腐殖质以及不同程度分解的苔草根系,所以容重轻、孔隙度较高且主要以毛管孔隙为主,毛管水上下相通,因此土壤饱和含水率较高且土壤水分迁移的速率较快,在受到一定的土水势作用下土壤水分迅速变化。暗棕壤表层具有较高的枯枝落叶归还物,所以孔隙度也较高,所以其饱和含水量高达 40%,并且在一定水势作用下孔隙水会迅速散失。灰色森林土质地以砂质为主,主要为非毛管孔隙,所以水分散较快。白浆土地区容重高达 1.4 g/cm^3 以上,含有大量大砾石块,另一方面,白浆化层质地紧实,孔隙水含量少,所以在 0～300 cm 水势作用下土壤含水量变化不明显。白浆层存在紧实的隔水层,限制地表蓄积的水分下渗到亚表层。同时由于白浆土的白浆层土质地密实,没有粗毛管孔径,在 300 cm 甚至更大的土水势作用下土壤水分也难以穿过致密的柱状碱土层,因此,白浆土的水分特征曲线非常平缓(即土壤水分变化微弱)。

3.3.2　土壤的持水过程　图 3 为在大兴安岭地区地表积水 5 cm 条件下,各种土壤持水过程曲线。从图 3 可看出,大兴安岭不同土壤的持水过程存在明显的差异。以柞树/落叶松为主发育的暗棕壤表层蓄水较快,经过 30 min 已经达到饱和,最大饱和持水量达 42%。10 cm以下持水速率和持水总量都十分微弱,20 和30 cm土层的饱和含水率仅在 25%左右。赤杨/红毛柳灰色森林土质地以细砂粉砂为主,蓄水过程较快。在地表积水 5 cm 条件下,含有机质较高的 0—20 cm土层经过 25 min 达到饱和状态(饱和含水率为 34%),50 cm 以下的土层蓄水量和速率都较表层缓慢。塔头苔草植被群落地区发育的草甸土蓄水速率比其他 3 种土壤迅速,蓄水量也是最大的,在经过 20 min后 0—50 cm 土层已经达到饱和状态,饱和含水量高达 50%。50 cm 以下土层塔头苔草的根系、土壤有机质都明显减少,土壤质地也变成以粉砂为主,这种土壤特征下土壤蓄水量明显减小,饱和含水量不到 40%。落叶松/白桦林植被群落下发育的白浆土持水过程与其他 3 种类型的土壤存在明显的差异,整个土层蓄水过程都较缓慢,0—20 cm 土层经过 60 min后才逐渐达到水分的平衡状态,但是表层的饱含水率还是高达 40%以上,20 cm 以下的土层蓄水缓慢且饱和含水率低,仅为 20%左右。

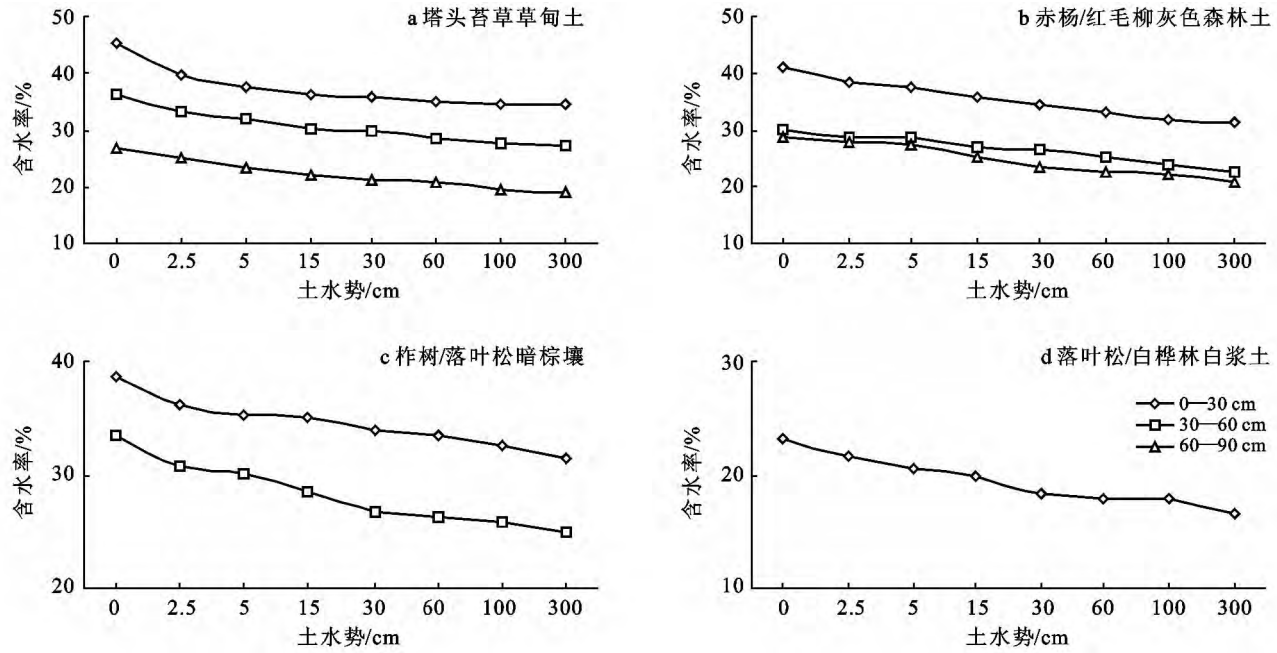


图 2 不同土壤深度的水分特征曲线

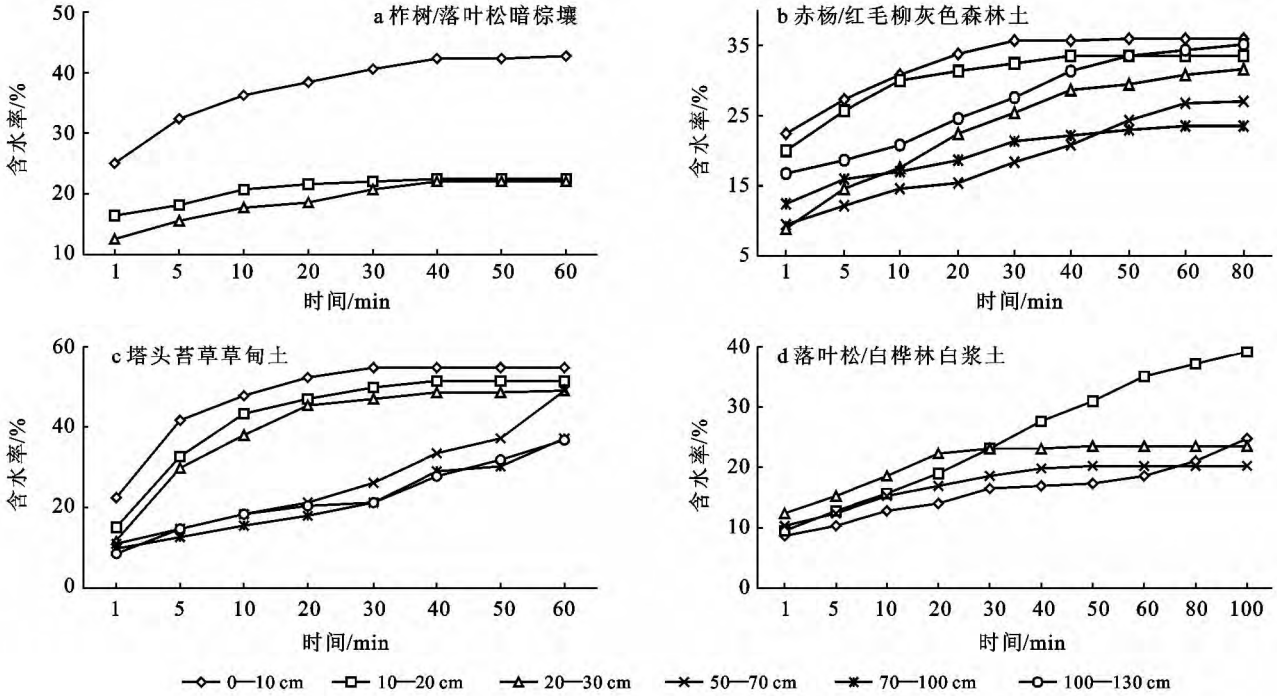


图 3 在 5 cm 水头压力作用下不同土壤土层的蓄水过程

3.4 讨 论

通过分析可知，局部土壤理化性质的差异和地貌特征不仅影响森林湿地持水的效应，也影响森林湿地的发育和演化特征。由于河谷漫滩部位地势低洼，土壤含有大量腐殖质以及不同程度分解的苔草根系，促使土壤发育大量的孔隙结构，因此，土壤饱和含水率较高，持水性能最好，尤其是冻融季节土体蓄水对于嫩江水源的补给具有十分重要的意义。局部分水岭发育的暗棕壤质地粗糙、土层浅薄，不利于大量水分的存储。由于平缓的高漫滩/低阶地部位，水平径流较缓慢，外加白浆土的白浆层十分密实，限制水分垂向迁移，其持水性能很差，在表层的枯枝层/腐殖质层对于该地貌部位的水分保持具有重要的意义。暗棕壤对应的潜水埋藏较深，且土层很浅，潜水垂直向上迁移速率和数量十分有限，因此整个冻融期暗棕壤的水分增量微弱。另一方面，暗棕壤表层具有约2 cm厚

度的枯枝落叶层和 3 cm 厚度的腐殖质层,结构疏松,容重小,孔隙度较高,其持水性能主要体现在表层,所以,森林湿地表层的物质组成和结构对于整个森林地区的以及固定水土和维持整个区域的生态效应具有举足轻重的作用。一旦表层受到破坏,不仅持水性能降低,还可能造成严重的水土流失[14-15]。灰色森林土虽然地势较低,与河谷漫滩毗邻,地下水位较低,但是土壤质地以砂质为主,孔隙以非毛管孔隙为主,外加地表植被稀疏,枯枝落叶层很薄,土壤表层含腐殖质少,所以即使在强烈的冻融季节,整个土层的含水率并没有明显的增加。因此灰色森林土的持水性能相对较弱,且主要表现在表层。

4　结 论

受地貌的控制,大兴安岭低山丘陵地区不同地貌部位的水、热性质出现分异,发育的土壤类型以及植被都表现出典型的高寒森林湿地中域景观。森林湿地存在明显的冻融过程,冻融作用影响下的森林湿地表层的水分数量和状态都发生明显的变化。不同地貌部位和土壤条件下森林湿地的冻融水分效益存在明显的差异,冻融过程中位于高位的森林植被湿地表层蓄水明显,而位于低位的塔头苔草湿地整体土体的水分数量和状态都发生明显的变化。

塔头苔草草甸土 0—60 cm 土壤含有大量腐殖质以及不同程度分解的苔草根系,土壤饱和含水率较高且土壤水分迁移的速率较快。暗棕壤表层具有较高的枯枝落叶归还物,所以孔隙度也较高,饱和含水量高达 40%,并且在一定水势作用下孔隙水会迅速散失。灰色森林土质地以砂质为主,土壤孔隙主要以非毛管孔隙为主,所以水分散较快。白浆土白浆土的水分特征曲线非常平缓(即土壤水分变化微弱)。

大兴安岭地区山岭和山麓发育的土壤土层较薄,土壤质地以细砂质为主,表层/亚表层出现砾石。整个土层除了表层的饱和含水量高达 38.72%外,5 cm 以下土壤的饱和含水率都在 22%以下。外加暗棕壤位于坡麓位置,坡度较大,该地区土壤持水性主要体现在地表的枯枝落叶层,一旦枯枝落叶层受到破坏整个山岭表层的土壤将发生严重的水土流失。

[参 考 文 献]

[1] Karin S F, Stith G. Comparison of the litterfall and forest floor organic matter and nitrogen dynamics of upland forest ecosystems in north central Wisconsin[J]. Biogeochemistry, 1999,45(2):265-284.

[2] 姜海燕,赵雨森,陈祥伟,等. 大兴安岭岭南几种主要森林类型土壤水文功能研究[J]. 水土保持学报,2006,21(3):149-153.

[3] 龚伟,胡庭兴,王景燕. 川南天然常绿阔叶林人工更新后枯落物层持水特性研究[J]. 水土保持学报,2006,20(3):51-55.

[4] 张远东,刘世荣,罗传文,等. 川西亚高山林区不同土地利用与土地覆盖的地被物及土壤持水特征[J]. 生态学报,2009,29(2):627-635.

[5] 高岗,秦富仓,姚云峰,等. 农牧交错带小流域防护林水源涵养功能研究[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(8):180-185.

[6] 王波,张洪江,徐丽君,等. 四面山不同人工林枯落物储量及其持水特性研究[J]. 水土保持学报,2008,20(4):90-94.

[7] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000.

[8] Philip J R. Hillslope infiltration: divergent and convergent slopes[J]. Water Resources Research, 2008,27:1035-1040.

[9] 柯夫达,沙波尔斯. 土壤盐化和碱化过程模拟[M]. 北京:科学出版社,1986.

[10] 窦森,周桂玉,杨翔宇,等. 生物质炭及其与土壤腐殖质碳的关系[J]. 土壤学报,2012,49(4):796-802.

[11] 孙广友. 试论沼泽与冻土的共生机理[J]. 冰川冻土,2000,22(4):309-315.

[12] 周幼吾,梁林桓,顾钟炜. 大兴安岭北部森林火灾对冻土水热状况的影响[J]. 冰川冻土,1993,15(1):17-26.

[13] 周旺明,王金达,刘景双,等. 冻融及枯落物对湿地土壤淋溶液的影响[J]. 中国环境科学 2008,28(10):927-932.

[14] 周幼吾,梁林桓,顾钟炜. 大兴安岭北部森林火灾对冻土水热状况的影响[J]. 冰川冻土,1993,15(1):17-26.

[15] 谷加存,王政权,韩有,等. 采伐干扰对帽儿山地区天然次生林土壤表层温度空间异质性的影响[J]. 2006,17(12):2248-2254.