

中国三北地区冻结滞水资源对生态环境建设的效应研究*

那平山 张明如 徐树林

(内蒙古农业大学 呼和浩特 010019)

摘 要 依据野外观测和室内模拟实验研究资料分析冻结滞水对西北地区生态环境建设的效应,冻结滞水是指冬季冻结作用在包气带冻土层内形成的固态地下水,具有形成机制独特、富水性倒置和独立的水盐动态特征,对生态环境建设产生双重效应。冻结滞水量比冻结前土壤含水量一般增加8%~25%,最高可达39.51%,冻胀区可达300%。在三北地区冻结滞水是天然和人工树木等植被越冬、春季繁衍期间水分代谢均衡的主要水资源,甚至是唯一水资源,是三北地区生态环境建设成败的主导因素之一。当冻结滞水量平均<5%时,天然林和人工林等植被衰亡,可加速荒漠化,当冻结滞水量达过饱和状态时,则易形成沼泽化、盐渍化等不良地质现象,导致生态环境恶化。控制冻结滞水量对西北地区建设林业工程、优化生态环境和可持续发展至关重要。

关键词 三北地区 冻结滞水 生态环境

Study on effects of frozen stagnant water on eco-environmental construction in Three-North Area of China. NA Ping-Shan, ZHANG Ming-Ru, XU Shu-Lin (College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019), *CJEA*, 2001, 9(3): 22~24

Abstract Based on the field observation and simulation in laboratory, the effects of frozen stagnant water (FSW) on ecoenvironmental construction of Northwest area were analyzed. FSW is seasonal solid underground water, formed by freezing effects in winter in the frozen soil layer of independent water and salt dynamics. It has positive and negative effects on ecoenvironmental construction. FSW generally increases the amount of water by 8%~25%. The maximum water content is 39.51%. The water content is 300% at frozen lumps on the ground. It is indispensable or even the unique water source for natural forest and manual vegetation lived through the winter, vegetation growth in spring, water metabolism, and also is a central factor of ecological balance in Three-North area. When the FSW content <5%, it brings about contabescence for natural forest and manual vegetation, and acceleration of desertification but when water content arrives at immoderate saturated state, some geological phenomena as frozen lumps on the ground, landslides, dents and salination of swamplifotion are formed, thus accelerating the deterioration and imbalance of ecology. The control of FSW content is very important to building the engineering of sustainable developing forestry and improving ecoenvironment in Northwest area.

Key words Three-North area, Frozen stagnant water, Ecoenvironment

我国人均占有水资源2300m³,仅为世界人均占有量的1/4,被列为世界最贫水的13个国家之一。西北地区是我国最为干旱地区,地表水和地下水资源极为紧缺,长期以来在自然和人为因素相互作用下其脆弱的生态平衡遭到严重破坏,导致当今18个省(区)市4亿多人口、268.2万km²土地深受荒漠化危害,且每年以2600km²速度扩展,造成直接经济损失高达548亿元,物种急剧减少和绝迹,自然灾害频率增加,破坏力加大。当今水环境和生态环境恶化与人类发展的矛盾日趋尖锐化,国内外专家都在寻求林业工程建设的可持续发展,以此解决水资源短缺这一关键问题。西北地区可利用的水资源极为有限,且时空分布不均,已查明的地下水(潜水和承压水)资源均处于超量开采,水量水质发生较大变化,可供开采水量有限,尚未查明的盲水层有待于勘测开发,冻结滞水和凝结水是该区植物越冬繁衍生长的新水源,有待于今后深入研究与开发。

1 冻结滞水形成与特征

冻结滞水是因冬季的冻结作用在包气带冻土层内产生冻结势(热力学势)^[1~2],吸附液态、气态水并向冻层迁移富集冻结成冰晶,形成季节性固态地下水,具有形成机制独特、富水性倒置和独立的水盐动态等特

征,是树木等植被越冬和春季繁衍期间水分代谢均衡的主要水资源,甚至是唯一水资源,在西北地区普遍存在,对保持生态平衡具有重要作用,但当冻结滞水量达过饱和状态时易产生土壤盐渍化和沼泽化等。认识与掌握冻结滞水的理论、水盐动态特征和控水技术措施将为西北地区生态工程建设提供理论依据和科学技术措施。

冻结滞水形成机制一是氢键吸附能,在冻结作用下冻土层内水分冻结成冰晶,冰的氢键达到最完善程度^[4~5],随着冻结强度增大,冻层加厚,冰晶增多,氢键总吸附能增强,吸附的水分冻结成冰达到最大值;二是饱和水汽压差^[3],冻结层与下部非冻结层至潜水面之间产生较大温度梯度,造成饱和水汽压差,如取冻层与非冻层的温度为 -10°C 和 10°C 2个点,2点间距为96cm,其饱和水汽压差为0.678hPa。在同一温度下水面饱和水汽压大于土面、冰面、空气的饱和水汽压,毛管曲率小的大于毛管曲率大的水面饱和水汽压,由此造成水分从饱和水汽压高处向低处运移富集;三是毛管薄膜机制^[3],在冻结作用下土壤中冰晶逐渐增多,空隙直径不断缩小,毛管水凹液面曲率增大,水汽压降低,此外冰晶的稳定完善氢键对水比对土粒有更大的吸附力,再有薄膜水由厚处向薄处运动,三者强烈吸附冰锋面以下毛管水和薄膜水向冻层转移。包气带水倒置富水性,呼和浩特市郊区、巴盟黄灌区等多年实测资料表明,冻结前潜水位埋深在 $<200\text{cm}$ 地区,冻结期间包气带水重新分配极为明显,分为3个异常含水带,即冻结滞水富水带,此带分布在冻层内且含水率随冻层厚度增加而增大,冻深60cm时平均含水率为51.46%,最高达65.23%,比冻深30cm时平均含水率增加了20.97%,贮水量增加了212mm,相当给水度为0.06含水层潜水位下降254cm给出的水量。当冻深达100~120cm时,在15~70cm深度内含水量可达70%,比冻结前增加8%~25%,最高增加39.51%,冻胀区达300%,称其为冻结滞水富水带;过渡水分贫水带,此带分布在冻锋面以下30~50cm厚度内,平均含水率为23.71%,最低点含水率仅16.52%,冻结强度越大其含水率越低,下移越快,减少到塑性下限,毛管水破裂,促使毛管水和潜水不断汽化向冻层转移,故称其为过渡水分贫水带;支持毛管水汽化输水带,此带由贫水带到潜水面含水量向下增加,但最低点含水率为20.63%(12月13日),1月28日仅为16.52%,远远低于毛管水破裂含水量(25%),导致支持毛管水流大量汽化向冻层迁移,称其为支持毛管水汽化输水带,冻结滞水补给与排泄,冻结滞水主要补给来源是浅层潜水和支撑毛管水、人为补给,次之为悬挂毛管水、薄膜水、气态水和空气中水分,在冻结势作用下以液态、气态向冻层迁移富集,形成冻结滞水资源,供树木等植物越冬和春季繁衍吸收利用,人为不能直接提取;冻结滞水的排泄在冻结期间以地表蒸发为主要途径,以树木等植物越冬水分代谢均衡消耗为辅,造成地表层15cm内含水量较低。到解冻期间随气温回升由地表向下融化,在冻结滞水层尚未融通之前阻碍上部融水下渗,此时期以地表蒸发和树木等植物蒸腾为主要排泄途径,在过饱和地区融深达40~50cm时出现积水,由高处向低处渗流,在低洼处溢出地表形成湿地,当冻层全部融化转为包气带水供植被吸收利用时,冻结滞水从此消失。

2 冻结滞水资源对生态环境建设的效应分析

冻结滞水是树木等植物越冬不可缺少的水资源,迄今国内外有关专家学者一致认为“休眠期树木水分代谢极其微弱,可以忽略不计”,而本研究经室内外实验证实“树木越冬期间水分代谢均衡是生存繁衍的关键问题,不可忽视”。如杨、柳、榆等枝干和苗木在初冬断绝水源,再放置原处且不加任何保水措施,到早春失水率达50%~60%,均无再生能力,而未断绝水源的枝干和苗木失水率仅为6%~10%。针叶树枝干和苗木切断水源到早春失水率达40%~50%,均死亡,未切断水源枝干和苗木休眠期失水率为4%~8%。三北地区冬季长达半年左右,冻深达80~150cm,树木根系多被冻结滞水包围,越冬期间只有吸收冻结滞水维持生存与繁衍。研究吸收固态冻结滞水维持水分代谢均衡的机理具有深远理论意义和学术价值,这是地学与生物学交叉研究的新领域;冻结滞水是春季植物繁衍可利用的水资源,三北地区3~6月份是全年最为干旱季节,也是植物萌发繁衍的黄金季节,需要较充足的水源,但此时期降水极少或根本无降水,冻层下部各种地下水均受阻隔不能上升至地表层。冻结滞水的融水是树木等植物春季萌发繁衍、生长最可靠的甚至唯一水资源,故控制冻结滞水量是生态环境建设的关键措施;冻结滞水资源的生态环境效应分析,冻结滞水量对种子萌发成苗的影响,调制不同含水量的原状土并使土柱高40cm、直径20cm进行模拟实验,冻结72h后自然融化,当融深达8cm时播种,供试种子有玉米、小麦、葵花、花棒、锦鸡儿、油松、侧柏等,结果表明当0~20cm融层内平均含水率 $<8\%$ 时种子均不能发芽含水率达18%~20%时种子均能发芽但长势不良,含水率达22%~35%时种子发芽率和成苗率及长势均良好,为最佳含水率,但当含水率达40%时种子发芽率低于12%,20d后出现苗木死亡,故在生态环境建设中最佳控制冻结滞水率应为20%~35%。沙区森林生态环境恶化与冻结滞水

量关系,我国各沙漠区都曾广布天然林,在漫长历史中保持脆弱的生态平衡,但在自然和人为双重作用下生态环境遭到严重破坏,至今除保护区外天然林均已绝迹,这都是因水环境恶化所致。毛乌素沙地伊盟柳湾林分布区1979~1983年连续5年干旱,潜水位下降2~8m,林内地表水干涸,1984年梁地冻结滞水率只有2%~5%,到6月20日沙蒿返青率只有4%~6%,柳湾林返青率20%~30%,无幼苗。干旱年候鸟到后立即转移,食物链失调,1979~1989年间残存的柳湾林56%绝迹。又如额济纳旗境内胡杨林、民勒地区梭梭林等都是由于河流断流、超量开采地下水导致潜水位大幅度下降,冻结滞水和包气带水急剧减少,不能满足树木越冬和生长期对水分需求而死亡。三北地区土壤盐渍化与冻结滞水相关性,西北干旱半干旱平原和沙区的土壤盐渍化极为普遍,尤其是潜水汇集区的天然林分布区,随着林木被破坏使土壤盐渍化迅速发展而危害生态环境,如毛乌素沙地柳湾林均分布在低洼地带,潜水位埋深0~1.2m,春季融水溢出地表形成积水,不仅是柳湾林植被越冬生存和春季繁衍生长的可靠水源,也是鸟类、野生动物及家畜的饮水源地,一旦林木被破坏,强烈蒸发使地表水干涸、盐渍化不断加重,加速了树木植被死亡。据25个剖面75个土样分析及室内模拟实验资料表明,0~20cm土层全盐量为0.18%~0.58%时柳湾林植被生长正常,当土壤全盐量达1%时沙棘苗木存活率为0%,沙柳和乌柳苗木存活率为10.7%与11.1%,全盐量达1.5%时所有苗木均不能存活,当全盐量达1.25%~2.10%时柳湾林植被群落全部死亡,属盐土向碱土过渡类型。塔里木河的改道或断流也使生态环境遭到破坏,山地林区沼泽化均与冻结滞水过饱和相关。

参 考 文 献

- 1 程国栋. 冻融土中热输运问题[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1995
- 2 那半山, 徐树林. 冻结滞水形成机制探讨. 冰川冻土, 1996, 18(3): 273~278
- 3 高跃雄, 徐学祖. 土层冻结期间地下水流量的现场观测. 冰川冻土, 1989, 11(2): 137~147
- 4 Williams P. J. Moisture migration in frozen soils. Final Proc. of 4th International Comt. Cone on Permafrost. 1984. 64~66
- 5 Xu Xiaozu, et al. Water migration in the saturated freezing soils. Proc. of 5th International Comt. Cone on Permafrost. 1988

欢迎订阅 2002 年《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》(原刊名《生态农业研究》)国际标准大16开本,季刊,每期定价6.50元,全年26.00元,邮发代号:18-158,全国各地邮局均可订阅。漏订者可直接汇款至本刊补订(全年需另加邮资6.00元)。本刊现有1993~1999年各年度《生态农业研究》合订本均为24.00元/套(每套含邮资4.00元),2000年精装合订本为34.00元/套(散装刊为24.00元/套),2001年《中国生态农业学报》现刊为32.00元/套(含邮资),需订购者请从邮局汇款至本刊订阅。地址:(050021)河北省石家庄市槐中路286号中国科学院《中国生态农业学报》编辑部(请在汇款单注明订户详细地址及需订内容,并将征订回单随汇款寄本刊)。

本刊编辑部

《中国生态农业学报》征订回单(可以复印)

订购单位全称				是否要发票	
详细地址				联系人	
邮政编码		邮局汇款		汇款金额(大写)	佰拾元 元
1993~2002年度 合订本与现刊订数 (1993~2000年度 为《生态农业研究》)	1993年合订本(24.00元)	套	1999年合订本(24.00元)	套	
	1994年合订本(24.00元)	套	2000年散装刊(24.00元)	套	
	1995年合订本(24.00元)	套	2000年精装合订本(34.00元)	套	
	1996年合订本(24.00元)	套	2001年现刊(32.00元)	套	
	1997年合订本(24.00元)	套	2002年现刊(32.00元)	套	
	1998年合订本(24.00元)	套	备注		

● 地址:河北省石家庄市槐中路286号《中国生态农业学报》编辑部

● 电话:(0311)5818007