

松嫩平原土壤水分动态的研究

周有才 赵洪书

(黑龙江省低温研究所) (黑龙江省水利设计院)

松嫩平原地域辽阔,位于北纬 $44^{\circ}30'$ — 50° 。冬季严寒,漫长而少雪,夏季湿热,短促多雨。年平均气温 $1-4^{\circ}\text{C}$,土地冻结深度 $1.8-3.0$ 米,是我国最北部的季节性冻土区。由于一年中冻土存在的时间达 $7-12$ 个月之久,形成了土壤水分动态的特殊类型,既不同于非冻结区,也不同于永久性冻结区。本文着重探讨松嫩平原低部季节性冻土的土壤水分动态规律和特点。

一、冻结期

松嫩平原低部地形平坦,地貌单元大部分为一级阶地,沿河道两侧分布着河漫滩。地下水位浅,土壤为风沙土、草甸土、盐化草甸土、苏打盐土、碱土和草甸黑钙土,水分动态的型式以垂直变化为主。

每年10月下旬或11月上旬,由北往南,气温先后降低至零度以下,土地开始冻结,土壤水与潜水的蒸发很少。在温度梯度的影响下,潜水开始大量的向土壤上层移动,且大部分水分转变成冰。冻结先在大孔隙,后在细小的孔隙进行。冻结速度快时,冰晶体小,冻结速度慢时,冰晶增大(M. H. 戈里特什腾, 1952)。

一般说来,气温降低过程是有节奏性的,就是在总的下降过程中还有回升的过程。入冬初期,温度回升时,冰冻线上移,冰冻线以下土壤重新融化,融化后因体积收缩,使冻土与融化土壤间留有隙缝,内藏水分。待温度再行降低时,隙缝藏水结冰,便在表层冻土中形成冰间层(方左英, 1954)。

当气温继续降低,冻土层逐渐增厚之后,气温虽有回升,已不能使冰冻线上移,而只能使冷、热峰面在某一深度持续时间较长,引起水分聚集,待温度再降低,水分结冰,便在冻土层的中上部、中部、中下部形成冰间层。

水中的可溶性盐类使冰点下降。在未饱和的溶液中,开始只有一部分转变成冰,剩下的溶液浓度增加;当溶液达到饱和,溶解盐类便随着冷却而析出,在土层中形成冰和盐的固体混合物。

从冻土层的剖面来看,上部负温值高,为 $-20^{\circ}\text{C}-6^{\circ}\text{C}$,冻结速度快,冰间层较少,冰晶体多。冻土层的中上部、中部、中下部,负温值较低,为 $-6^{\circ}\text{C}-2^{\circ}\text{C}$,适宜水分转移,冰间层密集。冻土层的下部,负温值低,为 $-2^{\circ}\text{C}-0^{\circ}\text{C}$,未冻水含量多,多生成冰晶体。由于冰晶体,特别是冰间层的形成,引起土壤膨胀,地面隆起,土壤含水量达到饱和或过饱和状态。按黑龙江省低温研究所龙凤冻土站和黑龙江省水利研究所查哈阳观测站资料,土壤最大冻胀率(指观测点中冻胀量最大的冻胀量与其相应冻深之比) $7-9\%$ 和 19% ,而据文

献记载可达 20—30 % 或更高(方左英, 1954)。

根据武缘土的观测: 土壤(质地为粘性土)冻结后含水量的增加, 视冻结点下潜水埋深而异, 潜水埋深小于 1.0 米时, 土中含水量的增加很显著, 从 25 % 增加到 55—75 %, 埋深 1.0—1.5 米时, 从 22—25 % 增加到 30—55 %; 1.5—2.0 米时增加很少。在地形平坦, 潜水平排泄困难的松嫩平原低部地区, 潜水直接参与了季节性冻土的形成过程, 大量的补给到土壤中。

在松嫩平原高部位的二级阶地上, 因地下水埋藏深, 土壤冻结过程中得不到地下水的补给, 多发生冻缩, 使地表产生裂缝, 称为地裂。

整个冻结期, 从 10 月下旬、11 月上旬开始, 到翌年 3 月中旬左右达到最大冻结深度(图 1), 历时约 4 个半月。

二、冻结深度稳定期

3 月中旬到 6 月上旬前后, 约 3 个月, 冻结深度基本不增加, 也不减少, 称为冻结深度稳定期(见图 1)。

据黑龙江省农垦局排涝站资料(图 2), 从 10 月底到翌年 2 月底潜水位下降了 111 厘米, 平均每月下降 28 厘米。3 月到 5 月的冻结深度稳定期中, 水位仅下降 13 厘米, 平均每月下降 4 厘米, 前者为后者的 7 倍。说明在冻结深度稳定期中, 潜水仅有微量的消耗, 可能只是地下径流调节的结果。

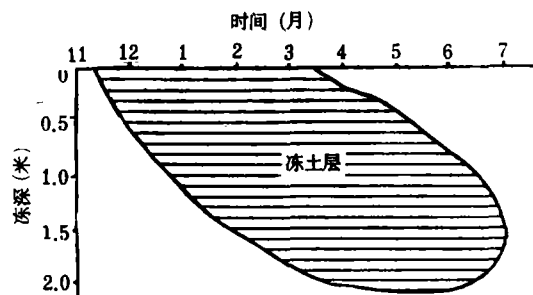


图 1 龙凤站冻深与时间关系
(1973—1977 年)

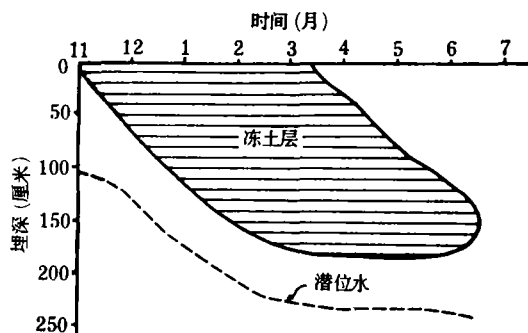


图 2 黑龙江省农垦局排涝站冻土形成与潜水关系
(1961—1962 年)

三、融化期

3 月中、上旬季节性冻结层的上部开始融化, 至 5 月下旬或 6 月上旬, 季节性冻结层的底部开始融化。冻层底部的融化水补给到潜水中, 使水位略有升高。冻层上部的融化水、下渗的融雪水、大气降水则积蓄于冻层之上, 形成季节性冻结层上水。

在依安县富强涝区, 1966 年季节性冻结层上水动态如图 3 所示。1966 年 7 月 13 日以前很少降雨, 冻层之上只有很薄一层水。7 月 5 日到 8 日连续降雨 60 毫米, 相应的冻层上水埋深从 150 厘米升至 39 厘米。7 月 9 日到 11 日无雨, 水位降至 76 厘米。12—13 日降雨 26 毫米, 使水位很快升至 34 厘米, 以后水位逐渐下降。到 8 月 9 日冻层化通后, 冻层上水全部补给冻层下潜水, 使水位急骤升高。以后, 潜水就直接接受大气降水的补给和

参与蒸发作用了。

在望奎县卫星水库附近的盐渍化地段(图4),由西往东逐渐低落,西面的板子房,地形较高,在融冻期没有冻层上水,从小东屯附近开始产生冻层上水,往东逐渐增厚,厚度10—50厘米,其流向和地面坡度方向基本一致。水化学类型以 $\text{HCO}_3 \cdot (\text{CO}_3) \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型水为主,矿化度0.7—3.0克/升, pH 8.4左右,碱性大。而冻层下潜水的水化学类型则以 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} \cdot \text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型水为主,矿化度仅为0.3—0.8克/升。这两层水的性质差别较大,一方面是由于春天风力大,空气湿度低,蒸发强烈,埋藏浅的冻层上水蒸发浓缩的结果(M. E. 阿利托夫斯基等, 1956),另一方面的原因是,冻层上水形成后,土中的可溶盐溶于水中之故,因为从入冬时土壤剖面的含盐状况来看,上层土壤的含量高。

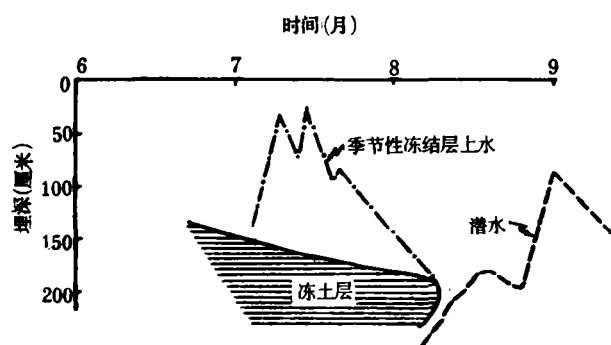


图3 依安县富强涝区(1966年)季节性冻层上水动态

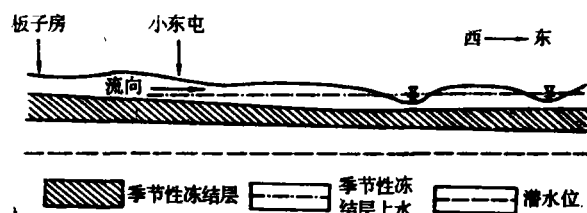


图4 季节性冻层上水形成示意图
(望奎县卫星水库附近, 1963年6月中旬)

在融化过程中,融化土的强度不仅比冻结状态低,且比冻结前强度低,这主要是因冻结时含水量增加,土体膨胀,结构变形之故,因而造成道路、耕地翻浆等现象。由于抗剪强度低,往往形成自然边坡、人工边坡、坑壁坍滑。轻型浅基础建筑物,其基础不仅在冻结期不均匀的抬起,而且在融化期因抗压强度低,又使建筑物不均匀的沉陷,这样在年复一年的作用下,产生不均匀的变形。当变形超过允许值时,就产生裂缝、倾斜,甚至倒塌等冻害现象。

整个融化期从3月中、上旬到6月中、下旬(南部)或8月中、下旬(北部),持续3个半月至5个半月。融冻时,底部融化厚度约为上部的1/3左右。

四、土壤水分动态规律和特点

一年中由于季节性冻土存在的时间很长,达7个半月到10个月之久,影响土壤的发育和潜水动态。在冻土层融化的过程中,形成季节性冻结层上水,作用时间达3—5个月,成为土壤水分来源的一个重要方面。

区内年降雨量的分配极不均匀,多集中于7、8、9三个月,占全年的50—70%,故秋季多引起土壤水分过剩,形成秋涝。如遇秋旱,则因潜水平埋藏浅,毛细管作用强烈,引起土壤积盐。这是和非冻结区共同之点。

入冬后,潜水位较高,气温降低至负温,大气降水对土壤水的补给几乎停止。在温度梯度的影响下,潜水大量的向土层中移动,使土壤水分达到饱和或过饱和状态而冻结。

春天在冻土层逐渐融化的过程中,形成季节性冻结层上水。因埋藏浅,矿化度高,毛细管作用非常强烈,使土壤中累积了大量的盐分(大于秋季)。遇大雨或外来水分多时,因融化层浅,能积蓄的水量有限,形成春涝。这是与非冻结区,永久性冻结区不同之处。

结 语

1. 季节性冻结区土壤水分动态的特点是: 在潜水埋藏浅的地区, 冬季从潜水中转移了大量水分于冻层中。春天在冻土层逐渐融化的条件下, 形成季节性冻结层上水, 成为土壤水分来源的一个重要方面, 参与了土壤的形成过程。

2. 季节性冻结层上水是近地表的地下水, 其下部的隔水层是未融化的冻土层。在补给方面: 除冻层融化的水外, 还有下渗的融雪水、大气降水、灌溉水等。在排泄方面, 除蒸发和蒸腾外, 还有水平径流的损失。

3. 当春天降雨量多时, 形成春涝, 其中季节性冻结层的存在是成涝的一个重要因素, 因为它阻碍了水分的下渗。春天盐分的大量累积, 与潜水不发生直接关系, 而与季节性冻结层上水的存在有很大的关系, 因为它埋藏浅, 矿化度高。

参 考 文 献

方左英编著(方福森校订)1954: 土壤力学。165—168页, 中国科学图书仪器公司出版。

M. H. 戈里特什腾教授著(交通部公路总局译, 1954), 1952: 土壤的力学性质。70—75页, 人民交通出版社。

M. E. 阿利托夫斯基, A. A. 康诺波梁采夫总编(檀宝山、张可迁、孙昌淑译, 1956), 1953: 地下水动态研究方法指南。140页, 地质出版社。

STUDIES ON THE ANNUAL CHANGE OF SOIL MOISTURE IN THE PLAIN OF THE SONGHUA RIVER AND THE NEN RIVER

Zhou You-cai

(Institute of Low Temperature, Heilongjiang Province)

Zhao Hong-shu

(Institute of Water Conservancy, Heilongjiang Province)

Summary

This paper deals with the regularity of annual change of soil moisture in the plain of the Songhua River and the Nen River. The conclusions are as follows:

1. The characteristics of the soil moisture change in the seasonal frozen region are: In the winter, in the area of high ground water table, large quantity of water is transported from the ground water to the frozen layer. In the spring, following the thawing of frozen layer, a water layer lying over the frozen layer is formed and becomes main source of the soil moisture. This process, therefore, deeply influences pedogenesis.

2. The soil water lying over the seasonal frozen layer is, in fact, ground water in the surface soil. The underlying frozen layer is impermeable. The soil water is supplied continuously by melting snow, rainfall, irrigation water and water from the thawing frozen layer; it is lost through horizontal run off and evapotranspiration.

3. In the rainy spring, the presence of the seasonal frozen layer is one of the main factor of waterlogging. The salt accumulation in soil is related with the high concentration of salts in the soil water lying over the frozen layer which is near the ground surface. It has no concern with the ground water.