

土地盐碱化过程中的冻融作用机制

——以吉林省西部平原为例

张殿发, 王世杰

(中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 冻融作用是土地盐碱化独特的形成机制,它与因地面强烈蒸发而引起的现代积盐过程有所区别,对冻融区域春季积盐具有明显的控制作用。在冻融过程中,土壤剖面结构发生变异,形成冻结层、似冻结层和非冻结层。土壤冻结和融化形成了特殊的水盐运动规律,冻结过程中随着水分向冻层聚集,冻层以下土层及地下水中的盐分向冻层积累,整个冻层的土壤含盐量明显增加;在融化过程中,随着地表蒸发逐渐强烈,使冬季逐渐累积于冻结层中的盐分,转而向地表强烈聚集,其强烈程度近乎“爆发式”。没化通之前,冻层象一块连续不断的大隔水层,隔断了冻层之上土壤水分与冻层之下潜水的联系,此时土壤盐碱化的发生与地下水位没有直接联系,而是受冻层以上冻融滞水的直接影响。所以用潜水临界深度来解释春季“爆发式”积盐难以得到令人信服结论。

关键词: 土地盐碱化; 冻融作用; 水盐运移; “爆发式”积盐

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2000)06-0014-04

中图分类号: S156.41

Mechanism of Freeze-thaw Action in Land Salinization Process

——As an sample in West Jilin Province

ZHANG Dian-fa, WANG Shi-jie

(The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou Province, PRC)

Abstract As a particular mechanism of land salinization, freeze-thaw action is differing from salification process by violent evaporation, it has distinct control action on springtime salification, but it has not been much accounted adequately. In the process of freezing and thawing, soil profile constitution is divided into three layers: frozen layer, semi-frozen layer and unfrozen layer, special travel of water and salt was made. In the process of soil freezing, soil water and salt move towards frozen layer from the underlayers, salinity in the frozen layer increased evidently. In the process of soil thawing, the salinity of frozen layer assembles in the upper soil layer along with violent vaporizing in springtime. Its intensity level of salification like “eruption” this time, the land salinization has no relation with ground water table, because frozen layer by way of water-proof layer insulate unconfined water. So it is unauthentic that the critical depth of unconfined water controlled that “eruption” salification in springtime.

Keywords land salinization; freeze and thaw action; travel of water and salt; “eruption” salification

M. M 布舒耶夫于 1914 年首先提出“盐渍化土壤地下水的临界深度”这个术语,即在干旱、半干旱地区,地下水位超过一定高度,就会引起土壤表层积盐。随后,Б. Б 波雷诺夫等,发展了这个术语,他认为地下水位和土壤表面之间的距离小于某一常数时,土壤表面就开始积盐,这个值就是盐渍化土壤的地下水临界深度。黎立群(1979)重新释义了地下水临界深度的概念:在一年中地面蒸发最强烈的季节,不致引起土壤表层开始积盐的地下水埋藏深度^[1]。

“地下水临界深度”概念的提出,对土地盐碱化的

成因及盐碱化土地资源的开发利用提供了更加量化依据,但是该理论是否适合于不同地区、不同季节,却是一个值得商榷的问题。例如前人把东北松嫩平原土地盐碱化的地下水临界深度确定为 2~2.5 m^[2], 2~3 m^[3],李昌华(1964)曾认为该区在潜水埋深大于 3.5 m 时,毛细管作用难以达到地表,所以一般无盐碱化现象或盐碱化过程微弱。但是作者(1999)在吉林省西部研究中发现,在潜水埋深 3.5~5 m 的区域土壤盐碱化非常活跃,甚至在潜水埋深大于 5 m 的地区仍有盐碱化发生。用地下水临界深度的理论根本无法解

释上述事实,那么是否还受到其它作用机制的制约呢?通过系统的分析和取样对照研究,作者认为可能是冻融作用机制所致

1 吉林省西部平原气候环境主要特征

吉林省西部平原处于半湿润到半干旱气候的过渡地带,兼有相邻二气候带的特征。由于受长白山脉的阻截,妨碍了东南海洋性季风的深入;受内蒙古内陆气候带的影响,全区具有显著的大陆性气候特征。四季分明,即春季干燥多风,夏季温热多雨,秋季凉爽温差大,冬季漫长而寒冷(图 1)。吉林省西部每年从 10 月底或 11 月初土壤开始冻结,至翌年 6 月末或 7 月初才能化通。不但冻结期长,而且冻层厚度大,一般可达 1.2~1.5 m 左右。

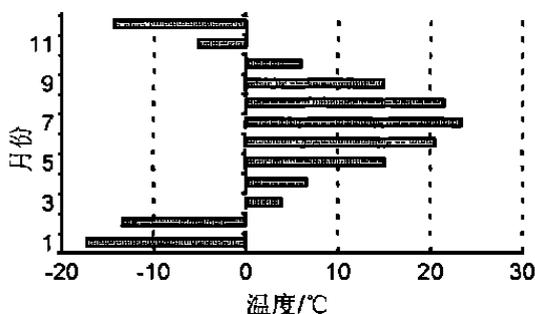


图 1 吉林省西部各月平均气温

吉林省西部平原年蒸发量是降雨量的 3 倍以上,干燥度较大,土壤水的毛管上升运动超过了重力下行水流的运动,土壤及地下水中的可溶盐类则随上升水流蒸发、浓缩,累积于地表。在一般情况下,气候愈干旱,蒸发愈强烈,土壤积盐愈多^[4]。

吉林省西部平原受季风影响比较强烈。冬季常为高压所盘踞,盛行偏北风,气候特征是低温、干燥和降雨量少。夏季则为低气压控制,盛行偏南风,气候特征是高温、湿润和多雨。全区降水量季节分配:春季(3-5月)的降水量为 49 mm,占全年总降水量的 11.5%;夏季(6-8月)的降水量为 303 mm,占全年降水总量的 71.2%;秋季(9-11月)降水为 67.2 mm,占全年降水总量的 15.8%;冬季(12-2月)降水量仅 6.2 mm,占全年总降水量的 1.5%。季风影响下的土壤水盐运动有其特殊的规律。土壤盐分随季节变化,全年可划分为 4 个水盐动态周期:春季积盐期、夏季脱盐期、秋季回升期、冬季潜伏期。在季风气候条件下,虽然夏季降雨具有淋盐作用,但是,从全年来看,淋盐的时间较短,只有 3 个月左右,而积盐的时间长

达 5-6 个月之久。所以水盐平衡的总趋势仍然是积盐过程大于淋盐过程,特别是象吉林省西部平原,因地势低平,排水不畅,在夏秋多雨季节,常常酿成渍涝,因地下水位普遍抬高,土壤毛管水上升运动和侧向运动强烈,以致造成翌年春季大面积土壤返盐,故吉林省西部农民群众有“涝盐相随”之说。

2 冻融过程中的水盐运移

地处高纬度的吉林省西部平原,属寒温带干旱、半干旱气候,冬季寒冷而漫长,寒冷的冬季从 11 月中旬开始,直到翌年 4 月下旬,冷冻期长达 5 个月之久。在寒冬季节,土壤冻结深度一般可达 1.5 m。位于松嫩平原腹地的吉林省西部,土壤盐碱化的产生,除了因气候干旱引起的强烈蒸发外,以往的理论把更多的注意力放在潜水位的临界深度上,长期以来忽视了冻融作用对土壤盐碱化的影响,一直把潜水作为唯一与土壤积盐有关的水源来研究,这显然是不符合吉林省西部平原的实际情况。

2.1 冻融过程中土壤剖面结构的变化

冻融作用形成中国北方特有的土壤剖面结构及其变化,在冻结过程中,形成的土壤剖面可分为 3 层,即冻结层、似冻结层和非冻结层。

在土壤冻结层内,地温始终处于 0°C 以下,所以土壤中的水分已冻结成固态,由于冻胀影响,土壤空隙增大。因此,在有水分补给情况下,可使土壤水分达过饱和状态,冻层厚度可达 0.8~1.0 m。在冻层之下的是似冻层,主要特点是地温经常处于 0°C 左右,厚度一般在 0.2~0.4 m。似冻层的位置随着气温的降低和冻层的加厚而不断下移。因似冻层的水分不断补给冻结层,故水分含量最低。在似冻层之下的是非冻结层,土壤温度始终保持在 0°C 以上,土壤水为液态。

2.2 冻融过程中的土壤水分运动

中国北方冻融期土壤水分运移主要是在温度梯度影响下产生的,因而有其特殊的规律性。可将冻融期的水分运动分为 2 个阶段。

2.2.1 结冻期 在地表温度降至 0°C 时,表土开始结冻,此时表土温度明显低于心底土,在产生温度梯度的情况下,水分向冻土层运移,因冻胀的影响,土壤空隙体积增加,水分不断地向空隙中运动并随之冻结,使冻层含水量达到饱和状态,含水率可达 40%~60% (重量)。似冻土层土壤温度在 0°C 左右,其位置随冻层厚度的增加而不断下移。在冻结过程中该层水分不断向冻层补给,故含水量较低,一般为 25%~30%。非冻结层中的含水率为 28%~33%。在有地下

水补给的情况下,土壤含水量在冻土层和非冻土层大,似冻土层小(图 2)。

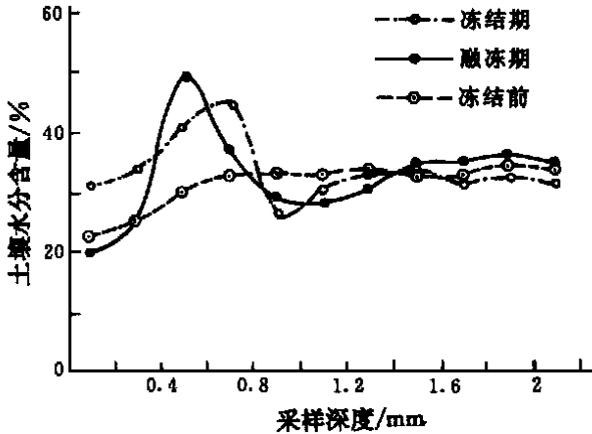


图 2 冻融过程中的土壤水分运动

2.2.2 消融期 冻层的消融是在冻层的上下同时进行的,处于中间的未解冻土层起着隔水作用,上部消融的土壤水由于受到该层的阻隔,与潜水无法连通,形成上层滞水,在 0.4—0.6 m 的土壤水分含量最高,可达 50% 左右。随着地表的蒸发作用,上部消融层的土壤水分向上运移消耗于蒸发,土壤含水量从下到上逐渐减少,表层土壤含水量低于 20%。下部消融层内土壤水分则向下渗流补给地下水,使地下水位回升。

与冻结前土壤含水量比较,可以明显地看出,冻结期土壤含水量高峰出现在冻层中,低峰值出现在似冻层中,不冻层水分含量略低于冻结前;而消融期土壤含水量高峰值出现在未解冻层之上,成为上层滞水,未解冻层下的土壤含水量高于冻结前。

2.3 冻融过程中的土壤盐分运移

2.3.1 冻结期 冻结过程中随着水分向冻层聚集,冻层以下土层及地下水中的盐分向冻层积累,整个冻层的土壤含盐量明显增加。在土壤冻结时,地下水和土壤中的盐分,在非冻层内随毛管水向上运移,多数盐分便随着土壤水冻结而累积于冻层内。由于似冻层是随着冻层厚度的增加而逐步下移的,所以,这时盐分较均匀地分布在冻层剖面中。根据方汝林(1982)的研究结果,土壤在冻结的情况下,冻层内的盐分还有向冻层上部运移累积的趋势^[5]。

冻结期间土壤中仍有液态水存在,并且在温度梯度的作用下,运动得相当快。同时这些液态水可能以薄膜水的形态存在,并且水膜厚度由下向上逐渐变薄,因此水分在冻层内运移也由下向上进行。盐分随着薄膜水向冻层上部移动,从而增大了上部冻层盐分累积速度和累积量(图 3)。

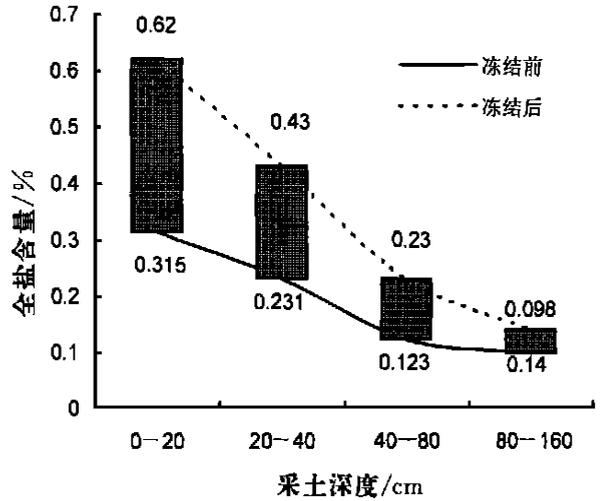


图 3 土壤冻结过程中盐份的富集状况

2.3.2 消融期 随着上部冻层的消融,土层中的水分向地表运移并蒸发,冻结期间累积于该层中的盐分,也随之迅速向表层累积,使表土含盐量急剧增加,盐分主要集中于 0—10 cm 的土层中(即常见的返浆返盐现象),而下部消融层中的盐分,则随着消融水的下渗,向下部土层或地下水中移动。

3 土地盐碱化的冻融作用机制浅析

该区土壤水盐的变化与冻融关系十分密切,土壤冻结和融化形成了该区特有的水盐运动规律。在该区除存在春季返浆期强烈积盐和秋季返盐 2 个积盐期外,还存在伴随土壤冻结过程而同步发生的土壤盐碱化过程。它与因地面强烈蒸发而引起的现代积盐过程有所区别。特别是春季积盐期,土壤盐碱化的发生不完全与当地的地下水位直接相联系,而是受冻层以上土壤中的冻融滞水直接影响。

吉林省西部每年从 10 月底或者 11 月初土壤开始冻结,直至翌年 6 月末或 7 月初才能化通。在土壤冻结过程中,底层土壤水盐明显地向冻层运移,这是由于结冻使土壤冻层与非冻层的地温产生了一定差异,引起土壤毛管水分向冻层移动,同时盐分也随之上升,在冻层中累积,冻层以下土壤水分和盐分含量下降,由于地下水不断借毛管作用上升补给,使水分和盐分向冻层移动,随冻层逐渐增厚,而逐渐向下发展,潜水位处于下降状态,所以造成水盐在冻层中大量累积。冬季“隐蔽”积盐过程与地下潜水有直接的联系。研究表明,在冻结期,冻层水与地下水仍保持着一定的联系,当上层土壤冻结后,冻土层与其下较湿润且温暖的似冻层之间,出现了温度和湿度梯度差,

而导致水分的热毛管运动, 底层土壤水和地下水则向冻土层积聚, 显然, 在含盐地下水的毛管运动过程中, 即开始了隐蔽性的积盐过程, 尽管地下水位发生了缓慢下降

当春季到来, 气温回升, 冻层开始自上而下融化, 直至全部化通的整个融冻期内, 一直存在于冻层以上的重力水, 称之为上层滞水。在春季土壤强烈积盐期, 对积盐起重要影响的正是这部分上层滞水。上层滞水由土壤融冻水和大气降水组成。吉林省西部春季(3—5月)的降水量为 49 mm, 占全年总降水量的 11.3%; 而蒸发量高达降水量的 5 倍以上。地表蒸发逐渐强烈, 使冬季悄悄累积于结冻层中的盐分, 转而向地表强烈聚集, 其强烈程度近乎“爆发式”, 这种过程直至冻层化通为止。冻层未化通之前, 它象一块连续不断的大隔水层, 隔断了冻层之上土壤水分与冻层之下潜水的联系。所以说春季强烈积盐与潜水位没有直接的联系, 用潜水临界深度来解释春季强烈积盐是不符合实际情况的。到 6 月底或 7 月初, 当冻层全部化通时, 冻层上水补给地下潜水, 又恰逢本区的雨季(6—8月), 降水量为 303 mm, 占全年降水总量的 71.2%, 两者共同作用使潜水位升高。虽然此时潜水位最高, 但由于蒸降比很小, 所以土壤处于脱盐过程。到了秋季(9—11月)降水减少为 67.2 mm, 占全年降水总量的 15.8%, 而蒸发量增加, 此时潜水位才对土壤积盐作用产生直接的影响

4 结 论

尽管潜水对冬季隐蔽性积盐有一定的贡献, 但春季盐碱化的爆发与潜水并没有直接的联系, 用潜水埋深来解释东北松嫩平原春季爆发式积盐难以得到满意的结论, 用土壤冻融作用和冻层上层滞水来解释就比较符合实际, 所以在中国北方地区冻融作用对土地盐碱化的影响是不争的事实, 冻融作用是不可忽视的土地盐碱化形成机制。东北松嫩平原土地盐碱化虽经多年治理, 但成效不大, 仍在以惊人的速度扩展, 其原因可能在于盐碱化的冻融作用机制一直被忽视。建议国内同行对土地盐碱化的冻融作用机制展开深入研究, 把室内模拟与野外观测相结合, 研究冻融过程中的水盐运移机理, 为防治中国北方土地盐碱化及综合利用盐碱化土地资源提供科学依据

[参 考 文 献]

- [1] 黎立群. 对地下水临界深度若干问题的认识 [J]. 土壤. 1979, 4: 133—137.
- [2] 李昌华. 松嫩平原地下水和土壤的近代积盐过程 [J]. 土壤学报. 1964, 12(1): 34—42.
- [3] 王尊亲. 中国盐渍土 [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [4] 程伯容, 王汝镛, 等. 东北松嫩平原盐渍土的盐分累积 [J]. 土壤学报. 1963, 11(1): 19—24.
- [5] 方汝林. 土壤冻结、消融期水盐动态的初步研究 [J]. 土壤学报. 1982(2): 164—172.

欢迎订阅 2001 年《水土保持科技情报》

《水土保持科技情报》是您了解国际水土保持科技动态的窗口, 是您获取水土保持科技信息的捷径, 是您科研立项、成果鉴定的佐证。欢迎订阅, 敬望投稿, 恳请批评, 协同促进!

《水土保持科技情报》是水利部主管的惟一以译文为主的全国性水土保持科技期刊。主要传递国内外水土保持先进研究成果、治理经验、测试技术、执法监督、要闻简讯、产业开发等科技动态, 以及与水土保持有关的农业、林业、水利、土壤、环境保护等约定综合内容。读者对象主要为水土保持事业管理机构的政府官员、水保科研与生产单位的科技人员; 及农业、林业、水利、土壤、环保等相关行业的广大科技人员; 农、林、水、环境等专业的大、中专院校师生; 从事资源开发、基建项目的企事业单位领导与个人及热爱环境保护、致力于水土保持的有识之士。本刊融方针政策、科技新闻、实用技术为一体, 为科研单位、大中专院校、水利水保管理机构、基层水利水保站、情报部门、图书馆等单位提供系统的国内外水保科技动态、信息反馈。为您在进行政策决策、选取科研课题、指导一线工作时, 提供科学依据, 是您编制水土保持方案、撰写科技论文的参考资料。一刊在手, 博览全球!

本刊为季刊, 自 2001 年起, 经主管单位批准, 已改为标准 16K 开本, 48 页, 印刷用纸改为 70g 双胶纸。每册定价 5.00 元, 全年 20.00 元(包括邮寄费)。国内发行, 国内统一刊号: CN21—1159/S, 邮发代号 8—111。全国各地邮局(所)均可订阅, 也可直接向本编辑部汇款邮购, 请在汇款单上工整注明收件人姓名、地址、邮政编码, 在附言栏中注明份数。

本刊地址 辽宁省朝阳市龙山街四段 235 号

邮 编 122000

电 话 (0421) 2911717—8319, 8318, 8321

传 真 (0421) 2917149