

东北主要旱地耕作土壤冻融环境分析^{*}

魏 星,陈晓飞,范昊明,周丽丽,武 敏,刘艳华

(沈阳农业大学 水利学院, 沈阳 110161)

摘 要:从气候环境方面讨论了东北地区主要旱地耕作土壤的冻融环境,通过分析年平均气温、1 月气温、小于 0 日数、气温年较差、暖季升温表明,以上因素对黑土的冻融作用影响比较大,对黑钙土和白浆土的冻融作用影响次之,对棕壤土和褐土的冻融作用影响最小;年平均降水和秋季后期降水对棕壤土的冻融作用影响比较大,对黑土和白浆土的冻融作用影响次之,对黑钙土和褐土的冻融作用影响相对较小;草甸土分布极为广泛,各项指标都随纬度变化而不同,草甸土遭受的冻融作用也随纬度变化而不同。

关键词:东北旱地耕作土壤;气候环境;冻融环境

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)01-0039-04

Freezing-Thawing Condition of Main Dryland Farming Soil Areas in Northeast China

WEI Xing, CHEN Xiao-fei, FAN Hao-ming, ZHOU Li-li, WU Min, LIU Yan-hua

(College of Water Conservancy, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China)

Abstract: The paper discussed the freezing-thawing condition of main dryland farming soil areas in northeast China, annual mean temperature, January temperature, days of temperatures below 0, annual temperature range, temperature rising in spring was used to analyze the impact on freezing-thawing function. The results showed: the above factors have great impact of phaeozem, less impact of chernozem and white pulp soil, least impact of brown soil and cinnamon; annual mean precipitation, post-autumn precipitation was used to analyze the impact on freezing-thawing function, the results showed: the above factors have great impact on freezing-thawing function of brown soil, less impact of phaeozem and white pulp soil, least impact of chernozem and cinnamon. Meadow soil is distributed widely, these factors are different with the latitude difference.

Key words: dryland farming soil in northeast China; climatic environmental condition; freezing-thawing condition

据第 2 次全国土壤侵蚀遥感调查资料统计,我国可发生冻融侵蚀的面积超过 126.98 万 km²,约占全国国土总面积的 13.4%。绝大部分的冻融侵蚀主要分布在东北地区、西北高山区、青藏高原地区^[1]。

东北地区土壤普遍呈暗色,发育有肥力高、性状良好的黑土、黑钙土、草甸土等,是我国重要的工业和粮食基地^[2]。本区地带性土壤自北向南分布着棕色针叶林土、黑土、暗棕色森林土、黑钙土、棕壤土、褐土,隐地带性土壤则分布着白浆土、草甸土。其中

主要的旱地耕作土壤有黑土、黑钙土、棕壤土中的棕壤土、褐土、白浆土、草甸土。

冻融作用是一个复杂过程,其影响因子很多,主要有温度、地形、降水、植被、土壤等^[3]。东北地区纬度高、气温低、气温年、日较差大,这样的气候特点,使得该区冻融交替频繁,为冻融侵蚀的发生创造了条件。本文利用已有的气候资料,以东北旱地耕作土壤为对象,结合土壤本身性质,从气候环境方面讨论了东北旱地耕作土壤的冻融环境。

* 收稿日期:2008-07-23

基金项目:国家自然科学基金(40601054);辽宁省教育厅高等学校科学研究青年基金(05L403);沈阳农业大学青年科学基金

作者简介:魏星(1983-),女,山西长治人,硕士研究生,主要从事水土环境与生态工程方面的研究。E-mail: w2029299@163.com

通信作者:范昊明(1972-),男,吉林白山人,副教授,博士,主要从事流域侵蚀、产沙与水土保持规划方面的研究。E-mail: fanhaoming@163.com

1 东北旱地耕作土壤分布

东北地区 6 种主要旱地耕作土壤中黑土是最具代表性的耕作土壤。黑土腐殖质层有机质含量较高、土质疏松,适合于旱地耕作^[2]。主要分布在小兴安岭和长白山以西,黑龙江右岸以南,吉林怀德县以北,松嫩平原以东的山前台地及平原阶地,这些平原实际多为波状起伏的漫岗,但坡度不大,一般为 1°~5°。其他周边地区黑土的分布较为零星,多与白浆土混存。黑土绝大部分发育在透水性较差的黏土层上部,因此经常出现“上层滞水”现象,为较大强度的冻融作用提供了充足的水分条件。黑钙土主要分布在松嫩平原,大兴安岭东西两侧和松辽分水岭地区,是主要的旱地耕作土壤之一。同黑土分布区相比,黑钙土区雨量相对较少,土壤水分不足。白浆土主要分布于东北地区东北部气候比较湿润的地方,与黑土混存。但与黑土分布区的地形有所不同,白浆土分布区多为低平原和河谷阶地,母质较黏重,土壤透水不良,土壤上部有时也有“滞水”现象,但为时不长。

棕黄土与褐土分布在 6 种旱地耕作土壤最南端,纬度最低,年平均气温最高,多在 5~10℃。棕黄土主要分布于辽宁省的丘陵缓坡、山前台地及高阶地,成土母质主要是黄土性黏土及黄土性淤积物,和上述三种土壤类型比较,土壤水分较少,冬季积雪更少,致使春季解冻期冻融作用强度更弱。褐土在东北地区主要分布在辽西的朝阳、阜新等地。和同

纬度的棕壤土相比,热量指标相似,但水分指标则低很多,在辽西低山丘陵区,可见这两个土类的交叉分布,棕壤多分布在低山和丘陵海拔 900 m 以上,而褐土则分布在海拔 900 m 以下的平坦阶地。褐土区土壤水分最少,水分影响的冻融强度也最弱。

草甸土在本区分布极为广泛,从北到南,均有分布,且与其它土壤类型交叉分布。草甸土分布的地形一般为冲积平原,泛滥地,河谷,低阶地中的低洼地等,地势较低,是地下水及地表水的汇集中心,与同区其它土壤比较,水分较多,具有较强冻融作用的水分条件。

2 东北旱地耕作土壤的冻融环境

影响土壤冻结与融解的最主要因子为土壤水分情况与气温。土壤含水量越大,在冻结过程中土壤的冻胀率越高,融解过程中融沉率也越高。冻胀、融沉的程度越高,土壤的抗蚀稳定性越差。温度的变化,尤其是 0℃ 上下温度的变化幅度与变化频率,直接影响着土壤冻结与融解的过程,进而影响到了土壤的物理性质与土壤抗蚀稳定性。0℃ 上下气温变化幅度越大、变化频率越高,土壤的抗蚀稳定性越差。

东北地区纬度高、气温低、气温年、日较差大的气候特点,使得该地区冻融交替频繁,为冻融侵蚀的发生创造了条件。本文所用的气候资料来源于中国气象局提供的气象资料,资料时段为 1997 - 2007 年,使用的要素有年、月、日平均的气温、降水量等。

表 1 东北主要旱地耕作土壤区年平均气温及降水

项 目	黑土	黑钙土	白浆土	草甸土	棕壤土	褐土
年平均温度/℃	1~7	4~6	5~6	1~10	7~10	9~10
年平均降水/mm	400~550	300~400	450~650	350~700	500~1000	430~440

2.1 年平均气温及年平均降水量

东北地区纬度高,年平均气温低,冬季漫长寒冷,广泛分布着冻融侵蚀。黑土分布区年平均气温最低,气温随纬度变化南北差异较大,土壤冻结最深,冻融作用明显;黑钙土年均气温与白浆土相似,比黑土区稍低,年平均气温值比较均匀,各站点年均气温均在 4~6℃,冻融作用较黑土次之;棕壤土和褐土分布区年平均气温相对较高,土壤冻结深度较浅,冻融作用程度较低;而隐地带性土壤草甸土由于分布广泛,年平均气温范围很广,从 1℃ 到 10℃ 均有分布,土壤冻融作用随纬度变化而不同。

降水量的变化也会影响土壤的冻结、融化。土的冻结与融化过程受到土壤含水量影响,土的冻结温度随含水量的增大而升高(含水量高的土壤相变潜热大),所以在相同的气候条件情况下,含水量高

的土先冻结,迟融化^[4]。

本区降水量自东南向西北递减,辽东半岛降水丰富,个别棕壤土分布站点已经接近 1 000 mm;黑土和白浆土地区降水较辽东的棕壤土区小;松嫩平原中部、辽河平原西部干燥度大于 1,水分不足,黑钙土、褐土分布区降水量小,蒸发量大,气候干燥。草甸土在该区分布广泛,年平均降水量随纬度变化。随着该区降水量从西北向东南递增,由降水引起的冻融作用和冻融侵蚀也逐渐增强。

2.2 一月气温及气温低于 0℃ 的日数

气温小于 0℃ 日数的多少以及 1 月气温的高低分别反映了土壤的冻结时间和冻结程度。黑土地区冬季寒冷,气温低于 0℃ 的日数 120~160 d,冻结时间长,南北差异较大,其中,高纬度的站点寒冷时间均在 150 d 以上,而纬度相对较低的站点约在 120 d

左右;黑钙土区与白浆土区气温低于 0℃ 日数都在 130 ~ 145 d,南北虽然有差异,但差异不大;棕壤土和褐土地区气温小于 0℃ 日数 100 ~ 120 d;草甸土分布广泛,气温小于 0℃ 日数随纬度不同而不同。

表 2 东北地区主要旱地耕作土壤区一月气温及气温低于 0℃ 的日数

项目	黑土	黑钙土	白浆土	草甸土	棕壤土	褐土
小于 0℃ 的日数/d	120 ~ 160	135 ~ 145	130 ~ 140	100 ~ 160	95 ~ 120	100 ~ 110
1 月气温/℃	- 23 ~ - 15	- 19 ~ - 15	- 18 ~ - 16	- 22 ~ - 10	- 13 ~ - 7	- 11 ~ - 8

1 月份为本区的最冷月,从表 2 看出,本区最冷月(1 月)的温度,都在 - 7℃ 以下,随纬度的增加,温度有显著的下降。黑土区的 1 月温度在 - 23 ~ - 15℃;黑钙土和白浆土区的 1 月温度情况相似,均在 - 19 ~ - 15℃;棕壤土和褐土区的 1 月气温情况也相似,范围为 - 7 ~ - 13℃ 左右;而草甸土与以上土壤混存,1 月气温随纬度变化幅度很大,范围从 - 10 ~ - 22℃。从表 2 可知,黑土区气温小于 0℃ 日数最多,1 月气温最低,土壤冻结时间长,冻结程度深,冻融作用最强;黑钙土和白浆土区气温小于 0℃ 日数比黑土区少,1 月气温也低于黑土区,所以冻结深度较黑土区浅,冻融作用较黑土次之;棕壤土和褐土区气温小于 0℃ 日数较黑土、黑钙土及白浆土区少,1 月气温相对较高,温暖季节长,冬季冻结时间短,冻结深度浅,冻融作用最轻。而草甸土分布

广泛,气温小于 0℃ 日数和 1 月气温随纬度变化,所以冻结深度及冻融作用也随纬度变化。

2.3 气温年较差及日较差

气温年、日较差是引起冻融作用及冻融侵蚀的重要原因,其中由年较差引起的冻融侵蚀通常是指一年内有明显的冷暖季节变化,冷季的平均气温总在 0℃ 以下,暖季的平均气温总在 0℃ 以上。土壤在冷季冻结,暖季融化,有明显的冻融活动层,也就是形成季节性冻融^[5];当昼夜温差在 0℃ 左右变化很大时,往往会发生夜间冻结白天融化,0℃ 上下气温变化幅度越大、变化频率越高,土壤的抗蚀稳定性越差。虽然只是表层土壤的冻融变化,但是这种天气往往发生在干旱多风的春季,如遇到大风等因素,则也很容易加剧土壤侵蚀。表 3 为东北地区旱地耕作土壤分布区的年较差和日较差情况。

表 3 东北地区主要旱地耕作土壤区气温年较差及气温日较差

项 目	黑土	黑钙土	白浆土	草甸土	棕壤土	褐土
气温年较差/℃	40 ~ 45	40 ~ 42	38 ~ 40	32 ~ 45	30 ~ 38	35 ~ 37
气温日较差/℃	12.2	13.22	11.9	12.7	13.3	14.1
气温日极端较差/℃	26.9	27	25.8	28.7	26.4	26.4

黑土和黑钙土区气温年较差大,达到 40 ~ 45℃;白浆土区年较差稍小,为 38 ~ 40℃,各个站点比较均匀;棕壤土地区年较差 30 ~ 38℃,辽东地区年较差约为 30℃,而辽西地区气温年较差为 35 ~ 38℃,东西差异较大;褐土区的年较差为 35 ~ 37℃。草甸土分布广泛,气温年较差南北差异很大。春季解冻期频繁的昼化夜冻使土壤抗蚀性变差,表 3 中的气温日较差是选取春季日最高气温在 0℃ 以上,最低气温在 0℃ 以下的日较差平均值,可以看到这 6 种耕作土壤的平均日较差均较大,可达 13℃ 左右,褐土区甚至达到 14℃。但 6 种土壤间日较差相差不大,基本相等,日极端较差也基本相同,均在 26℃ 左右。气温年较差较大使得黑土和黑钙土的冻融作用程度相对较强,白浆土的冻融作用次之,棕壤土和褐土区程度最轻。随着全球气温变暖,东北地区冻融期有所缩短,冻融温差有所减小,因此土壤所受冻融作用的程度与强度也将随之降低^[6]。6 种土壤的气温日较差及极端较差都较大,但比较相似,所以这两项指标对耕作土壤冻融作用的影响基本相同。

2.4 暖季升温

暖季温度升高越快,冻融侵蚀就越明显,这是因为暖季升温越快,融化层土体含水量增加越快,土体中冰连接力迅速消失,水压力迅速增长,土颗粒连接力迅速减小,土体强度也很快降低,从而引起土壤侵蚀,尤其在有一定坡度的地方,土体侵蚀作用就更加明显^[5]。此外,降雪量越大、气温越高,冰雪融化的会更快,一次性产生的地表径流越大,对表层土壤侵蚀也越严重。

图 1 是黑土、黑钙土、白浆土、棕壤土、褐土代表站点嫩江、白城、虎林、岫岩、建平的暖季升温情况,数据为 3 月上旬到 4 月下旬的旬平均气温。可以从图中看到,在暖季,黑土区升温程度明显大于黑钙土和白浆土区,而白浆土和黑钙土区升温也显著快于褐土区和棕壤土区,棕壤土区升温相对较慢。在冻土开始融化的时候,黑土的冻土融化层含水量相对增加较快,且黑土属于半水成土,本身含水率就高,故春季温度回升造成黑土强度降低最快,对黑土的冻融作用影响最大。再加上气温升高造成的积雪

融化,使抗蚀能力本来就差的黑土更容易遭到侵蚀;黑钙土和白浆土冬季冻层较深,积雪较厚,春季融雪上层化冻后,下层由于冻层和黏土层的影响,水分不能下渗,大量水分集中在表层,使土壤处于过湿状态,极易产生融雪径流而引起融雪侵蚀,暖季升温对黑钙土和白浆土的冻融作用影响较黑土次之;棕壤土黏性高,透水性较差,冻结前表层土壤含水率在 25%~40%,因为冻结深度浅,春季温度回升慢,所以冻融作用相对较轻。褐土区虽然升温情况比棕壤土区稍快,但气温高,土壤含水率低的情况使得褐土区的冻融作用强度也相对较轻;由于草甸土分布广泛,暖季升温情况也随土壤分布的纬度不同而不同。

2.5 秋季后期降水量(9-10月降雨)

土壤含水量越大,在冻结过程中其冻胀率越高,融解过程中融沉率也越高。冻胀、融沉的程度越高,土壤的抗蚀稳定性越差。冻结前的土壤含水量主要

取决于前一年夏秋降水,如果前一年秋季降水多,冻结前土壤含水量高,则春季土壤含水量也高,反之则低。经过前一年秋季的降水,土壤表层水分聚集较多,待来年春天解冻时,表层冻土反复融化、冻结使土壤表层孔隙加大,土壤强度和抗蚀能力降低。

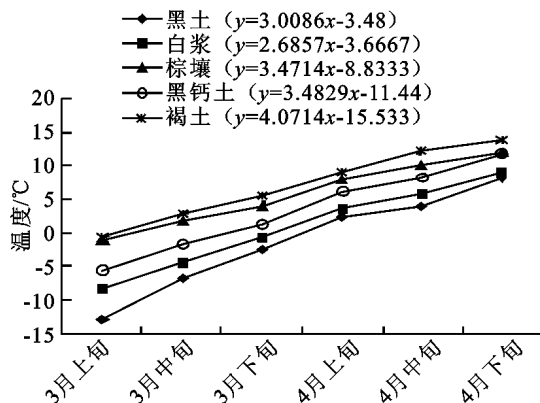


图 1 东北地区主要旱地耕作土壤区暖季升温情况

表 4 东北地区主要旱地耕作土壤区秋季后期降水

项目	黑土	黑钙土	白浆土	草甸土	棕壤土	褐土
9月降雨量/mm	40~45	20~35	40~55	20~45	30~100	25~30
10月降雨量/mm	40~45	10~20	40~55	15~40	35~80	25~30

表 4 可见,秋季后期的降水量仍然较多,但这一时期植物大部停止生长,作物或已收割,或已到成熟阶段,需水不多,蒸腾减少,土壤水分也相应增加,为来年春季解冻期土壤高含水率与强烈冻融作用的发生奠定了基础。

黑土、白浆土降水的情况基本相似,秋季后期降水均在 40 mm 以上,这就为土壤冻结前的高含水率奠定了基础;黑钙土区秋后降水量相对较小,尤其是 10 月降水,只有 10~20 mm;棕壤土区除了辽西地区的部分站点降水量不到 30 mm,其它站点都在 40 mm 以上,辽东地区甚至达到了 80 mm 以上;褐土区气候干燥,秋季降水也较少;草甸土秋季降水量东西差异较大,但草甸土土壤水分丰富,所以冻结前土壤含水率较高。

黑土、白浆土区秋季后期降水量相对较丰富,再加上土壤本身水分较高,所以秋季后期降水对黑土和白浆土的冻融作用影响最大;黑钙土和褐土区秋后降水量相对较少,尤其是黑钙土区,且土壤水分较低,所以冻结前土壤含水率相对较低,故秋后降水对黑钙土和褐土的冻融作用影响相对较小;辽东的棕壤土区秋后降水丰富,辽西地区的棕壤土和褐土交叉分布,秋后降水量较小,所以秋后降水对辽东地区棕壤土的冻融作用影响较辽西地区要大;草甸土分布广泛,秋后降水量范围较大,所以秋后降水对草甸土冻融作用的影响也有东西差异。

3 结论

(1) 年平均气温、1 月气温、小于 0 日数、气温年较差、暖季升温对黑土的冻融作用影响比较大,对黑钙土和白浆土的冻融作用影响次之,对棕壤土和褐土的冻融作用影响最小。

(2) 年平均降水和秋季后期降水对降水丰富的辽东地区棕壤土的冻融作用影响比较大,对黑土和白浆土的冻融作用影响次之,对降水量相对较少的黑钙土和褐土的冻融作用影响相对较小。

(3) 草甸土分布极为广泛,在以上几种耕作土壤中均有亚类分布,各项指标都随纬度变化而不同,所以草甸土遭受的冻融作用也随纬度变化而不同。

参考文献:

- [1] 陈雷,焦居仁,刘震,等.中国土壤侵蚀图册[M].北京:中国标准出版社,2002.
- [2] 范昊明,蔡强国,王红闪.中国东北黑土区土壤侵蚀环境[J].水土保持学报,2004,18(2):66-70.
- [3] 张建国,刘淑珍,杨思全.西藏冻融侵蚀分级评价[J].地理学报,2006,61(9):911-918.
- [4] 张瑞芳,范昊明,王瑄,等.辽宁省冻融侵蚀发生的气候环境条件分析[J].水土保持研究,2008,15(2):8-12.
- [5] 董瑞琨.青藏高原冻融侵蚀特征研究[D].北京:北方交通大学,2001.
- [6] 王飞,范昊明,郭成久,等.我国两大冻融侵蚀区气候环境变化对比分析[J].生态环境,2008,17(1):173-177.