

黑土区土壤剖面水分动态变化研究

邹文秀^{1,2}, 韩晓增², 王守宇¹, 李良皓¹, 王凤菊¹

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要:通过对 2007 年 5—9 月作物生长季内农田黑土土壤剖面水分含量的监测,分析了黑土区土壤剖面水分分布特征,季节性动态变化和变异系数。结果表明,在观测期内农田黑土水分在剖面上随土层深度的增加呈现出先增加,再减少,后增加的趋势;土壤剖面各土层土壤水分含量随时间的变化表现为先减小,后增加,再减小的波浪式,这与降雨量的季节性分布和作物生长发育密切相关;在观测期内没有发现激变层,土壤水分变异系数的最大值出现于 0—10 cm,随着土层深度的增加变异系数呈减小的趋势。

关键词:黑土;土壤剖面;土壤水分;变异系数

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)03—0130—03

中图分类号: S152.7

A Study on Dynamics of Soil Moisture of Soil Profile in Black Soil

ZOU Wen-xiu^{1,2}, HAN Xiao-zeng², WANG Shou-yu¹, LI Liang-hao¹, WANG Feng-ju¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agræcology, Chinese Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150081, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Soil moisture of soil profile (0—210 cm) in a black soil during crop growth (May to September) was monitored. Distribution characteristics of soil moisture of soil profile, seasonal dynamic variation, and variation coefficient were analyzed. Results showed that the variation of soil moisture in the soil profile had an “increasing—decreasing—increasing” trend with soil depth increasing in observation period. Soil moisture in each layer presented a “decreasing—increasing—decreasing” trend with time increasing and it was closely related with rainfall and crop growth. The acute change layer was not found in observation period. The biggest variation coefficient of soil moisture was observed within 10 cm of surface soil and the variation coefficient decreased with soil depth increasing.

Keywords: black soil; soil profile; soil moisture; variation coefficient

黑土区属“雨养农业”,其地下水位,一般在 10 m 至数十米,无法上行补给土壤水。因此,大气降水是土壤水分的唯一来源,降雨量的多少直接影响土壤水分的运移^[1],这也决定了黑土区土壤水分循环的方式为简单的降雨入渗和土壤水分的上行蒸发。黑土的母质为黄棕色轻中黏土,透水性极弱,加之季节性冻层的发育,土壤水分的运移过程基本上是在土壤—母质层内进行。由于受到气候、生物、土壤属性等因素的影响土壤水分的剖面分布也表现出相应的层次性。上层土壤受气候环境因素影响较大,随着土壤深度的增加气候环境的影响逐渐减弱^[1-2]。

目前土壤水分运移的研究主要集中在黄土区^[3-5],新疆^[6-7]等地区。然而黑土区土壤水分运移的

研究工作还比较薄弱。本文通过对作物生长季内黑龙江海伦地区农田黑土 210 cm 土体含水量的分析,旨在探索黑土区的水分动态变化特征,为黑土区土壤水资源的研究提供基础的依据。

1 试验区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

试验在中国科学院海伦农田生态系统国家野外科学观测研究站水分平衡场进行,海伦站地处黑土区中部,地势平坦,属于温带大陆性季风气候,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,雨热同季,年平均气温 1.5℃,极端最高温度为 37.0℃,极端最低温度为 -39.5℃,年降水量为 500~600 mm,年均有效积温 2 450

收稿日期:2008-11-03

修回日期:2008-12-12

基金项目:国家科技支撑计划(2006BAD05B05);国家重点基础研究发展计划资助(2005CB121103);中国科学院知识创新工程(KSCX1-YW-09-09)

作者简介:邹文秀(1982—),女(汉族),黑龙江省巴彦县人,博士研究生,主要从事土壤水分方面研究。E-mail:wzxou-540@163.com。

通信作者:韩晓增(1957—),男(汉族),辽宁省瓦房店人,研究员,博士生导师,研究方向为土壤生态。E-mail:hanxz@cern.ac.cn。

年均日照时数为 2 600 ~ 2 800 h,无霜期为 125 d。土壤类型为中厚层黑土,是在第四纪形成的黄土状母质上发育起来的地带性土壤。土壤质地比较黏嫩,渗透能力弱,毛管水运移速率较慢,土壤持水能力和保水能力较强,储水库容较大。地下水埋深 20 ~ 30 m。2007 年试验期间(5—9 月)降雨总量为 378.8 mm,比多年平均降雨量减少了 14.85%,同时各月分布不均,其中 5 月、7 月和 8 月降雨量较多,分别为 139.6 mm,105.5 mm 和 87.6 mm,共占试验期间降雨总量的 86.7%。

1.2 研究方法

试验选自水分观测场的玉米常规施肥的 4 个小区,各小区之间用防水材料隔开,面积为 50.2 m²。在每个小区的中央埋设深度为 220 cm 的中子管,2007 年玉米生长期(5—10 月)用中子仪每隔 5 d 进行土壤水分的原位测定,以体积含水量计,测量深度依次为 10,20,30,40,50,70,90,110,130,150,170,190,210 cm,表层 10 cm 和 20 cm 的土壤含水量用环刀法取样校正。同时在气象站进行降雨和温度等各项观测。试验数据采用 Excel2003 画图分析。

2 结果与分析

2.1 土壤剖面水分分布特征

由图 1 可以看出,在观测期内 6 月 5 日各层土壤含水量达到最大值,这主要是由于此阶段降雨量相对较多,为 136.8 mm,占全生育期降雨量的 35.7%,同时作物处于生长初期,耗水相对较少。此外季节性冻层融水也是一个主要原因。自 6 月 5 日以后随着时间的推移各层土壤含水量均呈减小的趋势,直至 10 月 5 日(玉米收获时)达到最小值,随着土层深度的增加减小的趋势逐渐减弱。这主要是由于此阶段玉米生长旺盛大量消耗土壤中的水分,但消耗量由表层向深层逐渐减少所致。与 6 月 5 日相比,全剖面土壤含水量平均值减小了 8.9 个百分点。相邻观测日期 6 月 5 日至 7 月 5 日和 8 月 15 日至 10 月 5 日间土壤含水量下降的幅度较大,土壤含水量平均值分别下降了 5.9 个百分点和 2.6 个百分点,这主要是由于这两个时期的降雨量相对较少,而且又处于玉米生长旺盛,耗水较大的时期。

通过对不同观测日期土壤剖面含水量的监测数据进行统计分析,得出了观测期内各层水分含量平均值的比较(图 1)。自表层向下 210 cm 土层中,土壤水分含量随深度的变化表现为先增加后减少再增加的趋势,这主要是受到了降雨入渗、土壤蒸发和植物蒸腾间强烈相互作用的影响^[3]。在 0—110 cm 土层

土壤含水量在 23.5% ~ 37.9% 之间,而后随着土壤剖面深度的增加呈减小的趋势,在 130 cm 和 150 cm 土层土壤含水量均为 36.8%,之后随着土壤剖面深度的增加土壤含水量逐渐增加,在 170—210 cm 由 37.1% 增加至 39.8%。

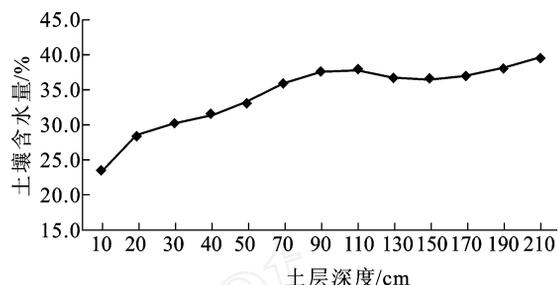


图1 土壤剖面含水量平均值分布特征

2.2 土壤含水量的季节变化特征

剖面土壤水分含量除了在垂直方向上随土壤深度增加表现出一定的规律以外,土壤含水量在观测期内随时间的变化也表现出一定规律性。试验区自 2007 年 5—9 月期间 210 cm 土体不同土层土壤储水量随时间的变化见图 2。

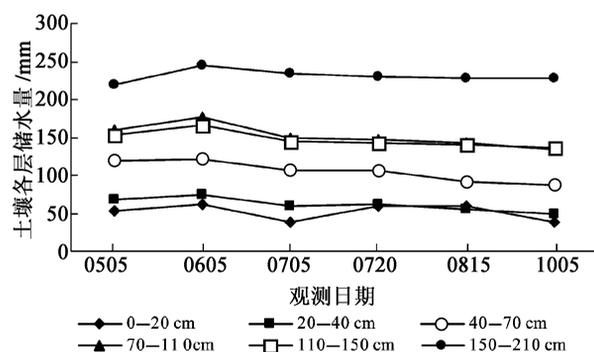


图2 土壤剖面含水量季节性变化

由图 2 可见,2007 年 5—9 月期间表层 0—20 cm 土层土壤储水量随时间的变化表现为先减小后增加再减小的波浪式,这主要是由于表层受外界环境因素和生物因素影响较大。20—210 cm 不同土层土壤储水量的变化均表现为先增加后减小的趋势。在观测期内随着时间的推移 210 cm 土体储水量分别在 6 月 5 日和 7 月 20 日达到 2 个峰值。自 5 月 5 日至 6 月 5 日 210 cm 土体储水量到达第一个峰值,为 845 mm。此时期土壤储水量的增加主要有两个来源。其一是冻融过程土壤水分的增加,其二是大气降水。6 月 5 日至 7 月 5 日 210 cm 土体储水量呈下降的趋势,至 7 月 5 日时达到最低值为 733 mm,比 6 月 5 日减少了 111 mm。此时期随着气温上升,玉米开始迅速生长,耗水增加,同时土壤蒸发强烈。此外该时期

降雨缺乏,降雨量仅为 12.3 mm,占观测期内降雨量的 3.2%,致使 210 cm 土体储水量下降。7 月 5 日至 7 月 20 日 210 cm 土体储水量到达第二个峰值,为 746 mm。这主要是由于此阶段降雨量相对较大,为 105.5 mm,占观测期内降雨量的 27.9%,土壤水分得以恢复。7 月 20 日至 10 月 5 日 210 cm 土体储水量一直呈下降趋势,至 10 月 5 日达到观测期内的最低值,为 674 mm,与 5 月 5 日相比减少了 100 mm,与 7 月 20 日相比减少了 72 mm。这主要是由于此阶段玉米耗水量大,消耗了土壤中大量的水分,致使 210 cm 处得土壤储水量降至最低点。

2.3 土壤剖面含水量的变化特征

变异系数是描述土壤水分动态变化的指标之一^[8],通过对 2007 年作物生长季内土壤水分监测数

据的统计分析,得出土壤水分随剖面深度变化的变异情况(表 1)。变异系数随着土层深度的增加呈逐渐减小的趋势,同时两者之间存在极显著的负相关关系 $r = -0.96^{***}$ ($P < 0.01$)。

根据变异系数可以将土壤剖面水分垂直变化划分为 4 个层次^[9-10]。通过对玉米生长季内农田黑土土壤剖面水分含量的统计结果进行分析,农田黑土在观测期内没有发现激变层(变异系数 $> 30\%$),受作物根系分布的影响^[11],0—10 cm 土层的变异系数最大,为 23.7%,属于活跃层;随着土层深度的增加,生物气候条件对土壤水分的影响逐渐减弱^[1],10—90 cm 土层变异系数在 10.9%~17.4%之间,属于次活跃层;90—210 cm 土层变异系数在 1.8%~10.9%之间,属于相对稳定层。

表 1 土壤剖面含水量的变异系数随土层深度的变化特征

指标	土层深度/cm												%
	10	20	30	40	50	70	90	110	130	150	170	190	
土壤含水量	16.0~28.5	21.5~34.0	24.3~37.3	25.0~38.0	27.0~38.7	30.3~41.7	32.8~44.3	34.3~43.7	33.8~42.3	34.5~40.7	36.3~40.6	37.5~41.3	38.7~40.5
变幅	12.5	12.5	13.0	13.0	11.7	11.4	11.5	11.4	8.5	6.2	4.3	3.8	1.8
标准差	5.6	4.9	4.6	4.8	4.4	4.9	4.1	3.3	3.1	2.3	1.8	1.7	0.7
变异系数	23.7	17.4	15.0	15.2	13.4	13.5	10.9	8.8	8.5	6.2	5.0	4.5	1.8

3 小结

(1) 在观测期内 6 月 5 日时各层土壤含水量达到最大值。此后受玉米耗水影响,随着时间推移各层土壤含水量呈减小的趋势。受降水和蒸散作用的影响,农田黑土水分在剖面上的分布特征表现为 0—90 cm 土层呈上升的趋势,90—150 cm 土层基本稳定,150 cm 以后又有上升的趋势。

(2) 农田土壤水分的季节性动态变化表现为 210 cm 土体储水量在观测期内分别于 6 月 5 日和 7 月 20 日出现 2 个峰值,对不同土层来说,表层土壤(0—20 cm)储水量随时间的推移表现为“减小—增加—减小”的趋势,而 20—210 cm 不同土层则表现为“增加—减小”的趋势,这与观测期内降雨量的分布不均和玉米的生长有着密切的关系。

(3) 通过对观测期内土壤含水量的统计分析得出农田黑土土壤水分在观测期内没有发现激变层,受气象和生物因素影响活跃层位于 0—10 cm,次活跃层位于 10—90 cm,相对稳定层位于 90—210 cm,变异系数随着土层深度的增加而减小。

[参 考 文 献]

[1] 孟凯,张兴义,隋跃宇,等.黑龙江海伦农田黑土水分特

征[J].土壤通报,2003,34(1):11-14.

- [2] 张科利,彭文英,王龙,等.东北区土壤剖面地温和水分变化规律[J].地理研究,2007,26(2):314-320.
- [3] 李笑吟,毕华兴,李俊,等.晋西黄土区土壤剖面水分动态研究[J].中国水土保持科学,2006,4(4):72-77.
- [4] 李玲玲,黄高宝,张仁陟,等.免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):94-97.
- [5] 樊军,王全九,邵明安.黄土高原水蚀风蚀交错区土壤剖面水分动态的数值模拟研究[J].水科学进展,2007,18(5):683-688.
- [6] 范永申,仵峰,张银炎,等.地下滴灌条件下棉花土壤水分运移田间试验研究[J].灌溉排水学报,2007,26(4):1-4.
- [7] 贾运岗,张富仓,李培玲.大田滴灌条件下土壤水分运移规律的试验研究[J].灌溉排水学报,2007,26(6):15-18.
- [8] 陈洪松,邵明安,王克林.黄土区荒草地和裸地土壤水分的循环特征[J].应用生态学报,2005,16(10):1853-1857.
- [9] 陈洪松,邵明安.黄土区坡地土壤水分运动与转化机理研究进展[J].水科学进展,2003,14(4):513-520.
- [10] 杨文治,邵明安.黄土高原水分研究[M].北京:科学出版社,2000:86-114.
- [11] 张北赢,徐学选,刘江华.黄土丘陵沟壑区不同土地利用方式的土壤水分效应[J].水土保持通报,2005,25(6):5-9.