

# 坡耕地土壤水再分布过程研究

张艳君, 魏永霞

(东北农业大学 水利与建筑学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:** 通过对坡耕地降雨后 0—100 cm 土壤含水量消退过程进行分析。结果表明, 对于不同耕作措施, 降雨后土壤水分再分布动态变化规律相似, 即土壤水分入渗后, 表层 0—10 cm 内土壤含水率急剧降低; 20—60 cm 的土壤含水率开始有增大的趋势, 随后逐渐减小; 60 cm 以下的土壤含水率略有变化。不同耕作措施对土壤水分再分布动态变化规律的影响不尽相同, 覆膜垄向区田措施保水效果最好, 裸地最差。

**关键词:** 坡耕地; 土壤水分; 再分布; 耕作措施

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)05-0091-04

中图分类号: S152.7

## Study of Soil Water Redistribution in Sloping Cultivated Land

ZHANG Yarrjun, WEI Yongxia

(College of Water Resources and Civil Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

**Abstract:** Soil water declining process in 0—100 cm soil layer in a sloping field after rainfall was analyzed. Results indicated that soil water redistributions for different cultivations appeared similarly and the content of soil water within 10 cm of soil surface quickly decreased after infiltration. The content of soil water in 20—60 cm soil layer increased at the beginning and then decreased. The content of soil water below 60 cm changed appreciably. Soil water redistribution was affected differently by varied cultivations. Water retaining effects of film mulching were best in ridge tillage and worst in bared field.

**Keywords:** sloping field; soil water; redistribution; cultivation

土壤水是联系地表水与地下水的纽带, 是陆生植物赖以生存的源泉, 在水资源的形成、转化及消耗过程中起着重要作用。黑龙江省西部半干旱区位于松嫩平原, 农业生产主要依靠天然降水, 但降雨量少, 且时空分布不均匀, 多数耕地无灌溉条件, 水资源短缺日益严重, 已成为制约当地农业生产的主要因素。因此, 对该地区坡耕地降雨后土壤水分再分布规律进行研究, 为黑土区坡耕地旱区农业充分有效地利用土壤水分, 提高天然降水的利用率, 确保农作物的高产稳产提供理论依据。

### 1 材料与方法

试验于 2007 年在黑龙江省甘南县进行。甘南县位于齐齐哈尔市西北边陲, 地处嫩江中游右岸, 其地理坐标为东经  $122^{\circ}54'6''$ — $124^{\circ}28'12''$ , 北纬  $47^{\circ}35'7''$ — $48^{\circ}32'5''$ , 海拔高程在 160~380 m 之间。该地属于温

带半干旱季风气候, 四季冷暖干湿分明, 全年平均气温  $2.6^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的日数为 139 d, 无霜期 150 d, 年平均活动积温  $2263.7^{\circ}\text{C}$ , 全年日照时数 1791 h, 生长季节日照时数 1303.9 h, 多年平均降水量为 455.2 mm, 雨量集中于 7—9 月。供试作物种类选择当地有代表性的大田作物大豆。

试验在径流小区内进行, 地面坡度为  $5^{\circ}$ , 径流小区面积为  $5\text{ m} \times 20\text{ m}$ 。耕作措施处理采取裸地、免耕覆盖(前一年秋收后以秸秆覆盖地面)、覆膜垄向区田(播种到雨季到来之前覆膜, 雨季以后修筑垄向区田)3 种。

采用德国生产的 Trime T3 管式土壤水分仪(TDR)对土壤水分动态进行定时定点分层观测, 观测深度为 100 cm, 测层厚度除表层为 10 cm 外, 其余均为 20 cm。在径流小区的坡上、坡中及坡下位置各设立一个测点, 降雨前后加测, 并测出雨后消退过程。

收稿日期: 2008-04-10

修回日期: 2008-07-03

资助项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD29B01; 2007BAD88B01); 黑龙江省重点科技攻关项目(GB06B1063); 东北农业大学“十一五”科技创新团队项目(CXT00323)

作者简介: 张艳君(1982—), 女(汉族), 山东省菏泽市人, 硕士研究生, 主要研究方向为水土保持理论与技术。E-mail: zyjshandong@126.com。

通信作者: 魏永霞(1961—), 女(汉族), 黑龙江海伦县人, 教授, 主要从事水土保持理论与技术、农业节水与水资源可持续利用研究。E-mail: wyx0915@163.com。

## 2 结果与分析

降雨入渗结束时,土壤水分将在重力势和基质势梯度的作用下继续垂直向下运动,这个过程持续很长一段时间,在该时段内土壤水分在剖面上进行再分布<sup>[1-2]</sup>。选择 2007 年 7 月 10 日和 8 月 9 日的天然降雨以及 7 月 25 日的人工降雨进行分析。

### 2.1 天然降雨条件下土壤水分再分布

**2.1.1 裸地土壤水再分布** 在 7 月 10 日雨后土壤水分再分布过程中,17 日有少量无效降雨,降雨量为 1.1 mm,忽略其影响。天然降雨条件下土壤水分入渗后裸地剖面各层土壤含水量的变化见图 1。7 月 10 日的降雨量为 42.6 mm,其中有 15.8 mm 渗入土壤中转化为土壤水,但雨后由于强烈的蒸发作用,土壤水分一直处于消耗过程。表层 0—10 cm 内土壤含水率急剧降低,20—60 cm 的土壤含水率降低程度低于表层,60 cm 以下的土壤含水率变化不明显。停渗

时刻至雨后 1 d 土壤水分消耗较快,随着再分布时间的延长,土壤水分消耗变得逐渐缓慢,雨后 3 d 土壤水分已经消耗到雨前土壤含水量水平。8 月 9 日的降雨量为 55.7 mm,其中有 27.1 mm 渗入土壤中转化为土壤水。雨后表层 0—10 cm 内土壤水分始终处于消耗状态,20—60 cm 处的土壤含水率先增高后降低,0—60 cm 的土壤含水率自雨后 3 d 开始急剧降低。由于这次降雨入渗水量较多,雨后 7 d 土壤水分才消耗到雨前土壤含水量水平,同样 60 cm 以下的土壤含水率变化不明显。刘贤赵等<sup>[3]</sup>的研究结果也认为,土壤水分入渗后表层 0—10 cm 内土壤含水率急剧降低;20—70 cm 的土壤含水率开始有增大的趋势,随后逐渐减小;70 cm 以下的土壤含水率略有变化。可见,整个再分布过程中,土壤水分主要在 0—60 cm 土层间发生变化,土壤含水率下降的速度大且变化幅度大,裸地中的大部分入渗水分都消耗于蒸发过程。

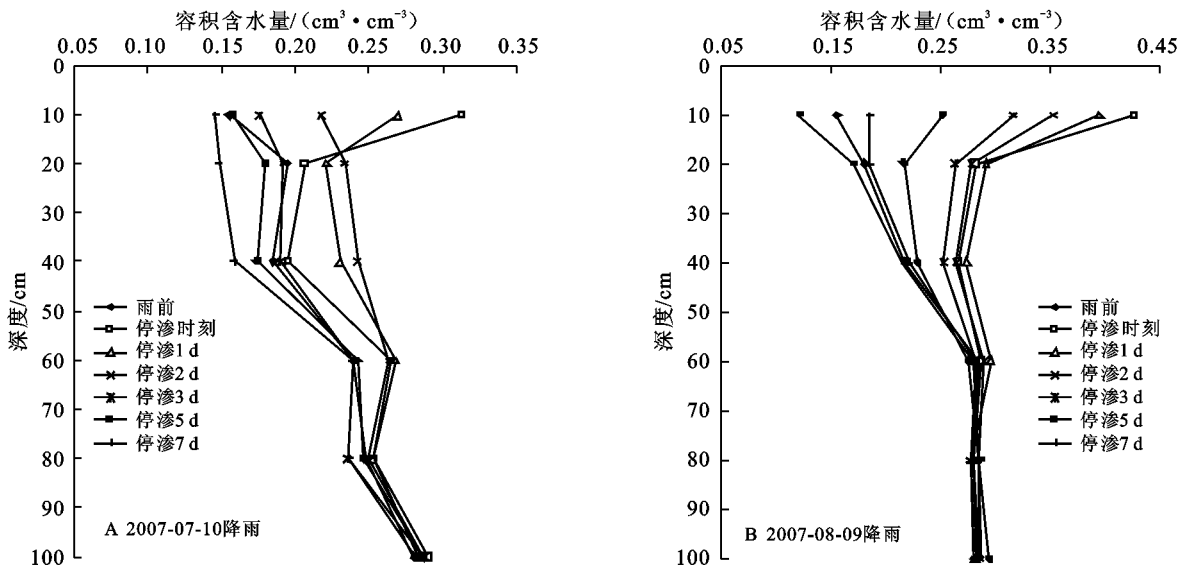


图 1 天然降雨条件下裸地土壤水分再分布

**2.1.2 免耕覆盖措施下土壤水再分布** 入渗后免耕覆盖小区剖面各层土壤含水量的变化见图 2。7 月 10 日降雨有 15.7 mm 转化为土壤水,较裸地多。该小区由于有玉米秸秆覆盖,能在一定程度上拦蓄地表径流,促进水分下渗,抑制土壤蒸发,因而雨后土壤水分再分布过程与裸地有一定差异。但由于夏季蒸发强烈,玉米秸秆拦蓄的水分对土壤水分的补给并没有起到很大作用。与裸地一样,雨后土壤水分一直处于消耗过程,表层 0—10 cm 内土壤含水量降低很快。由于植株蒸腾作用,表层土壤水分减少幅度较裸地大。整个再分布过程中,土壤水分主要在 0—60 cm

土层间发生变化,雨后 5 d 土壤水分消耗到雨前土壤含水量水平。8 月 9 日降雨有 21.6 mm 转化为土壤水,由于该次降雨前土壤剖面初始含水量较高,且降雨入渗水量较多,故雨后 5 d 深层土壤含水量还在增加。此时大豆株高和叶面积较 7 月 10 日都增大很多,因此 0—20 cm 的土壤水分消耗也较 7 月 10 日降雨快。耕层土壤含水量增加主要取决于土壤含水量的高低和降水量的多少;土壤含水量减少量主要取决于蒸发量的多少和基期土壤含水量的高低<sup>[4]</sup>。与裸地相比,免耕覆盖措施下土壤含水率较大,土壤水分再分布过程较长,其保水效果较好。

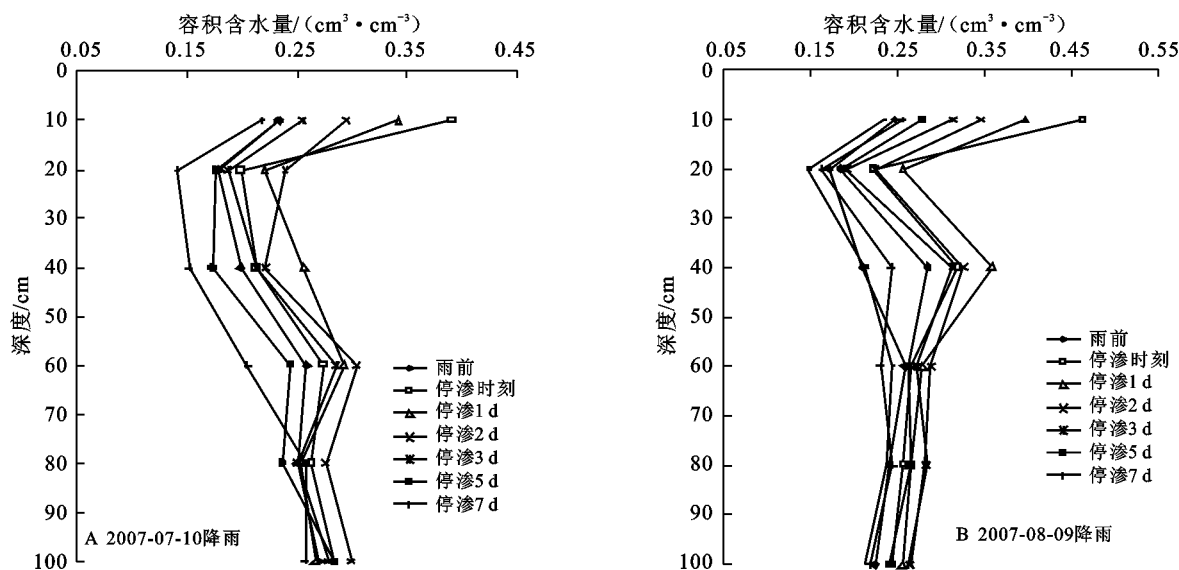


图 2 天然降雨条件下免耕覆盖小区土壤水分再分布

2.1.3 覆膜垄向区田措施下土壤水再分布 入渗后覆膜垄向区田小区剖面各层土壤含水量的变化见图 3。在该小区种上大豆以后覆盖塑料薄膜,膜宽 70 cm。雨季 7 月份以后修筑垄向区田,间距 2 m。垄向区田减少了径流,增加了降雨入渗水量,塑料薄膜抑制了土壤蒸发,其土壤水分再分布过程持续时间较上述两种情况要长,土壤含水率下降速度最慢<sup>[5]</sup>。7 月 10 日降雨有 13.3 mm 转化为土壤水,该小区转化降雨入渗水量较秸秆覆盖小区少,可能是由于该小区覆盖塑料薄膜,接受降雨入渗的面积较秸秆覆盖小区小,且土壤初始含水率较大。覆盖塑料薄膜使水汽进入大气的通道被切断,限制了水分从土壤表面蒸发的数量,且塑料薄膜覆盖后提高了土壤的温度,强化了水分的汽化过程,塑料薄膜的阻隔作用有使汽化水逸

出的通道受阻,由于膜内外温差的作用,膜内达饱和状态的水汽凝成水珠滴入表土,使表层土壤含水量增高,土壤水分的消耗较秸秆覆盖小区慢,雨后 9 d 土壤水分才基本消耗到雨前土壤含水量水平。8 月 9 日降雨有 22 mm 转化为土壤水,同样由于植株蒸腾作用,0—20 cm 土层的土壤水分消耗较 7 月 10 日降雨快很多。由于覆盖塑料薄膜和垄向区田的作用,土壤水分向深层发生运移<sup>[6]</sup>。整个再分布过程中,区田拦蓄的水分在蒸发的同时逐渐渗入到土壤中,土壤水分增加主要发生在 0—60 cm 土层。但由于并不是整个小区全部覆盖塑料薄膜,再加上植被的蒸腾作用,所以入渗水分亦有较多损失于蒸散过程。与裸地和免耕覆盖措施相比,覆膜垄向区田土壤含水量最大,其保水效果最好。

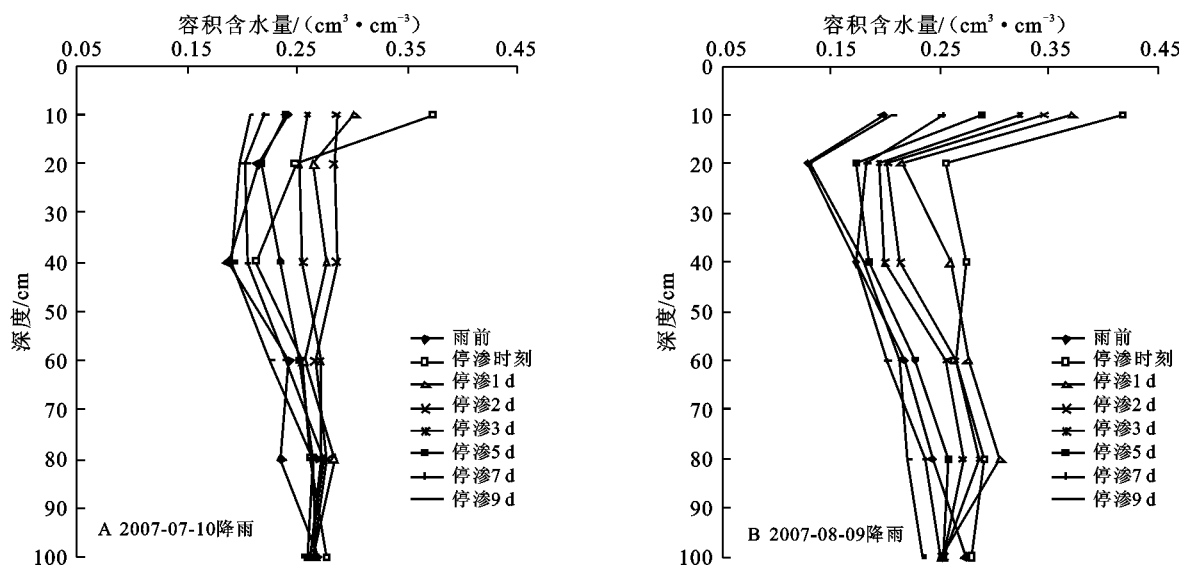


图 3 天然降雨条件下覆膜垄向区田小区土壤水分再分布

## 2.2 人工降雨条件下土壤水分再分布

选择 2007 年 7 月 25 日的野外人工降雨进行分析,人工降雨径流池尺寸为  $2\text{ m} \times 4\text{ m}$ 。喷头安装在由三脚架固定的降雨支架上,支架高  $5\text{ m}$ ,降雨高度可到  $6\text{ m}$ ,调整压力表读数,可获得不同的降雨强度。试验前先将径流小区覆盖塑料布,率定平均降雨强度。具体试验开始之后,等到雨滴到达地面时,开始计时。该次人工降雨平均降雨强度为  $0.8\text{ mm/min}$ ,降雨历时为  $60\text{ min}$ 。降雨结束后由浅到深依次测定再分布过程的土壤水分(图 4)。分析发现,人工降雨

条件下土壤水分的再分布过程与天然降雨条件下相似,即表层  $0\text{—}10\text{ cm}$  内土壤含水率急剧降低;  $20\text{—}60\text{ cm}$  的土壤含水率开始有增大的趋势,随后逐渐减小;  $60\text{ cm}$  以下的土壤含水率变化不是太大。由于在此之前已进行两场人工降雨,土壤初始含水量较高,表层土壤含水量与深层相差不大,因此,土壤水分再分布过程中土壤含水量平行坡面垂直向下整体增高,且深层土壤含水量亦有变化<sup>[7]</sup>。人工降雨条件下也是裸地保水效果最差,覆膜垄向区田小区保水效果最好,这与天然降雨结果一致。

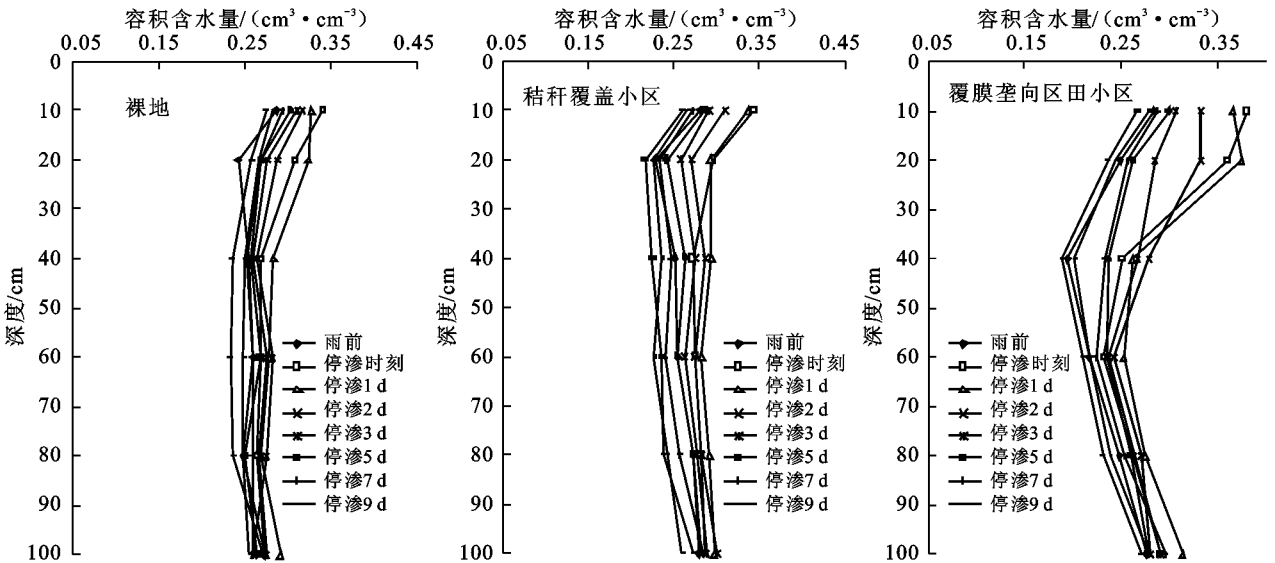


图 4 人工降雨条件下土壤水分再分布

## 3 结论

(1) 对于不同耕作措施,降雨后土壤水分再分布动态变化规律相似,即土壤水分入渗后,表层  $0\text{—}10\text{ cm}$  内土壤含水率急剧降低;  $20\text{—}60\text{ cm}$  开始有增大的趋势,随后逐渐减小;  $60\text{ cm}$  以下略有变化。

(2) 人工降雨条件下土壤水分再分布过程与天然降雨条件下相似,土壤初始含水量沿剖面分布的均匀度对土壤水分再分布过程有一定影响,即土壤初始含水量沿剖面均匀分布时,土壤含水量平行坡面垂直向下整体增高。

(3) 不同耕作措施对土壤水分再分布动态变化规律的影响不尽相同。裸地含水率下降的速度大于免耕覆盖小区和覆膜垄向区田小区,覆膜垄向区田小区土壤含水率最大,说明覆膜与垄向区田集成技术措施保水效果最好,裸地最差。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 雷志栋,杨诗秀,谢传森.土壤水动力学[M].北京:清华大学出版社,1988.
- [2] 邵明安,王全九,黄明斌.土壤物理学[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [3] 刘贤赵,康绍忠.陕西王东沟小流域野外土壤入渗试验研究[J].人民黄河,1998,20(20):14—17.
- [4] 苏玉杰,周景春.耕层土壤含水量消长规律分析[J].水文,2007,27(3):50—53.
- [5] 刘贤赵,康绍忠.黄土区考虑滞后作用的坡地水量转化模型[J].土壤学报,2000,37(1):16—23.
- [6] 王桂芬.地膜覆盖条件下土壤水及溶质运移规律的室内研究[J].水利水电技术,1996(3):43—47.
- [7] 陈洪松,邵明安,王克林.土壤初始含水率对坡面降雨入渗及土壤水分再分布的影响[J].农业工程学报,2006,22(1):44—47.