

垄沟耕作条件下的土壤水分分布试验研究*

吕殿青¹ 邵明安^{1,2} 王全九²

(1 中国科学院水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西杨凌 712100)

(2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

EXPERIMENTAL STUDY ON SOIL WATER DISTRIBUTION UNDER RIDGE AND FURROW CULTIVATION

Lu Dianqing¹ Shao Ming'an^{1,2} Wang Quanjiu²

(1 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau,

Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

关键词 垄沟耕作, 含水量, 压实

中图分类号 S152.7

黄土高原丘陵沟壑区,千沟万壑,人多地多,广种薄收,土地生产力低下。由于黄土结构垂直发育明显,耕层疏松,土壤粘粒性差,有机质含量低,土壤抗冲抗蚀性弱。丘陵沟壑区大多处于半干旱区,降雨量少,严重的水土流失和水分不足已成为限制黄土丘陵沟壑区粮食生产的主导因素^[1,2]。垄沟耕作作为一种水土保持复合耕作法,改变地形,拦蓄部分径流,相对增加土壤蓄水,减少土壤流失,同时有利于作物通风透光,充分发挥边行优势,且光能利用率高,提高水分利用率,达到增产目的^[1-4],已在部分地区推广和应用。国内外开展了垄沟耕作作物产量、水土流失、阴离子运移方面的研究。甘肃定西地区水保站多年来对水土保持耕作法进行了试验研究,创造了洋芋双行平播起垄耕作法和豌(扁)豆与大秋作物带状平播起垄耕作法,达到 25-4% 的平均增产效果,并分析了增产原因^[3];80 年代中期卢宗凡等进行了小麦不同耕作法效益的试验研究,垄沟种植的产量高于平播种植的产量,小麦个体生长健壮,群体适宜,年际间的土壤含水量差异显著,川地平播与垄沟的含水量差异不明显,垄沟种植法优于平播种植法^[2];刘刚才等研究了紫色土地区等高垄作垄沟的水土流失特点,等高垄作法在无覆盖时(包括植被),相对于平板耕作法有保水作用,但无防蚀效果^[5];美国 Benjamin 等研究了垄沟耕作土壤水热耦合运移并建立有限元模型^[6];研究了垄沟水分与阴离子($\text{NO}_3^- - \text{N}$)田间运动获得垄上部分能把肥料和向下水流隔离,减少了氮素淋失的结果^[7];研究了无作物垄沟的土壤水分再补给,获得水分入渗沟中和主要侧向运动到垄上位置,因而减小了垄中水分向下的运动的结果,验证了沟中溶质运动大于垄中的现象^[8]。Ressler 等将阻水层理论与垄作方式相结合,建议用成垄压实施肥技术来减小氮素淋失^[9]。然而对垄沟耕作条件下的土壤水分运动及压实程度对水分运动的影响的研究相对较少。本文通过室内模拟试验,研究垄沟耕作条件下的土壤水分入渗、再分布以及不同垄压实程度的影响,以便为垄沟耕作实践提供水分平衡方面的科学依据。

* 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-411)和国家杰出青年基金项目(40025106)资助

收稿日期:2001-03-26;收到修改稿日期:2001-12-27

1 试验材料与方法

1.1 试验设计

试验在黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室人工降雨大厅进行。垄沟耕作设计为^[2-4]：垄距为 78cm，垄沟差 10cm，沟宽 15cm，土层深度为 55cm。试验土壤为陕北安塞黄绵土，土壤初始重量含水量为 5.06%，试验时降雨强度为 0.9 mm min⁻¹，降雨历时 1h。试验设计详见表 1。

表 1 试验设计

试验处理	小区面积 (cm ²)	垄容重 (g cm ⁻³)	沟容重 (g cm ⁻³)
平地	194.3 150.4	1.3	1.3
自然垄沟	194.3 148.9	1.3	1.3
压实垄沟	194.5 149.9	1.4	1.3

1.2 试验方法

按照既定的容重与测定的土壤初始含水量分层(每层厚度为 5cm)装土,压实垄沟垄上部分按 1.4 g cm⁻³装土,装土完毕,用特定的工具修成垄状,并测定垄沟的容重。然后按照设定的雨强与历时进行降雨入渗试验。降雨入渗结束后,立即在垄沟不同点处取土样,利用烘干法测定土样含水量,加以覆盖待分布 24h、48h 后重复取样并测定含水量。

2 结果与分析

2.1 自然垄沟的水分动态变化

自然垄沟指垄未经压实,垄和沟的土壤容重相同。自然垄沟改变地形,从而拦蓄部分径流,相对增加了土壤蓄水,有利于水分向下运移。图 1、图 2 就显示了自然垄沟的水分分布和湿润锋变化过程。

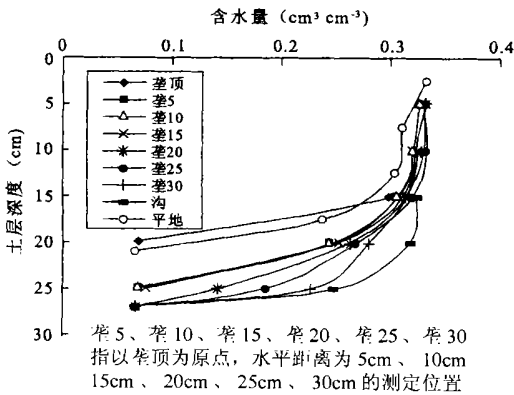


图 1 自然垄沟及平地的水分分布

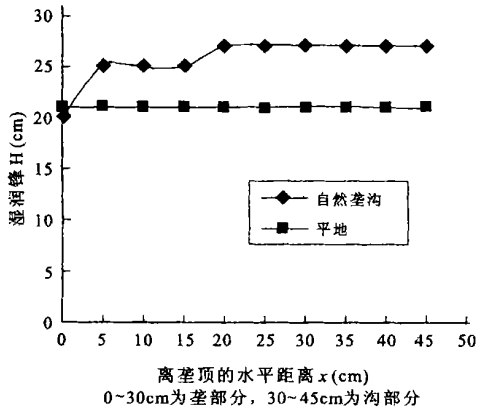


图 2 自然垄沟与平地的湿润锋变化过程

由图 1 可见,在 0~ 15 cm 土层深度范围内,自然垄沟离垄顶水平距离 0~ 30 cm 位置处的含水量基本相同;在深度大于 15cm 的土层内,离垄顶的水平距离越远,同一深度处的含水量有明显增加的趋势;在相同的土层深度,沟内的含水量值略大于垄上的含水量值。这也就说明了垄沟拦蓄部分径流,水流向沟中运动,增加了沟中土壤蓄水,有利于沟中作物吸收水分。将自然垄沟与平地的水分分布进行比较可得:同一土层深度处,自然垄沟的含水量略大于平地。这也表明了自然垄沟耕作有调节径流和改变土壤水分分布的作用。

由图 2 可见,离垄中心越远,其湿润锋逐渐加深,到一定距离处保持一定值。垄顶与平地的湿润锋基本接近,其它处的湿润锋均大于平地。

上述分析结果表明相同的入渗水量下,自然垄沟的湿润深度大于平地,沟内的含水量也大于垄上部

分和平地。因此垄沟耕作有利于调节作物生长对水分的需求。

2.2 压实垄沟的水分分布

压实垄沟是指垄上部分进行压实, 垄的土壤容重大于沟中的容重。压实垄将通过对垄上土壤的入渗特性产生影响, 从而影响水分分布。图 3 显示了压实垄沟的含水量分布。由图 3 可知, 压实垄沟的水分分布与自然垄沟的水分分布相似, 水分向沟内集中。将图 1 与图 3 进行比较可得: 压实垄沟的含水量比自然垄沟的含水量要大, 特别是在 15cm 的深度范围之内较为明显, 15cm 的深度以下其差别不甚明显。这可能与降雨历时和降雨量有关。自然垄沟与压实垄沟的湿润锋均大于平地。

2.3 垄沟耕作条件下的土壤水分再分布

土壤水分再分布^[10]是在无地下水位或地下水位埋藏较深的情况下, 通过一段时间的地表入渗, 全剖面上的土壤没有达到较高的含水率, 部分土层含水率提高, 其余土层含水率未变化, 这样地表入渗停止并加以覆盖后, 土壤水分在势梯度作用下在土壤剖面运动重新分配的过程。在根层范围内, 土壤湿润锋前进深度较大, 含水量分布逐渐平缓, 有利于植物根系吸水。图 4、图 5 就显示了垄沟水分再分布 24h、48h 的水分状况。

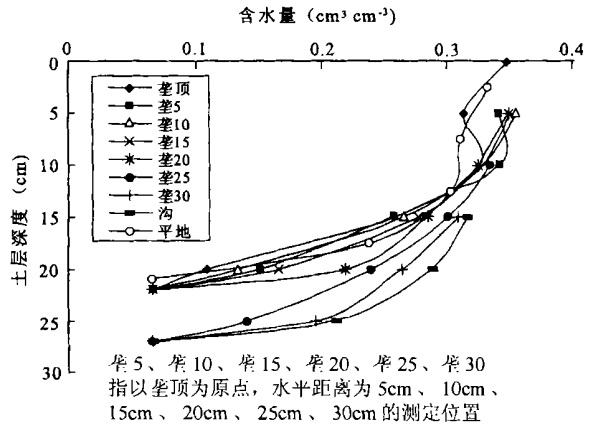


图 3 压实垄沟及平地的水分分布

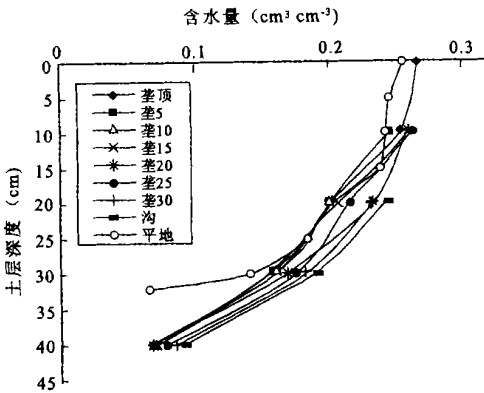


图 4 垄沟覆盖 24h 后的水分再分布

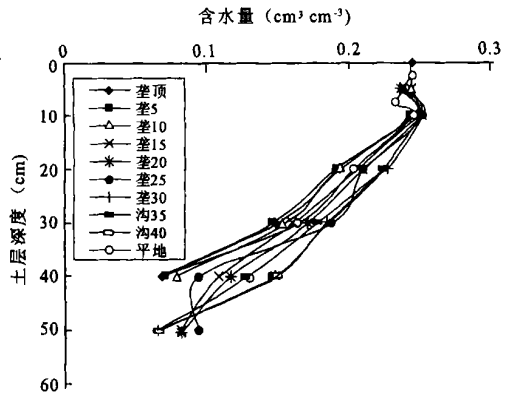


图 5 垄沟覆盖 48h 后的水分再分布

由图 4、图 5 可知, 垄沟水分再分布后垄上和沟的含水量分布基本趋于一致, 各土层深度的含水量比较相近。这也就说明了垄沟在水分再分布过程中, 水分在侧向运移, 使得垄上、沟中含水量趋于一致。与平地比较, 垄沟的湿润深度大于平地, 在较上层中, 垄沟与平地的含水量值较相近, 在下面土层中, 垄沟的含水量大于平地。

3 结 语

本文根据室内模拟降雨实验, 探讨了垄沟耕作条件下土壤水分的剖面分布并进行了与平地的比较。自然垄沟的水分分布为: 在相同的土层深度, 沟内的含水量值略大于垄上的含水量值, 垄沟的含水量略大于平地; 相同的入渗水量时沟内的含水量也略大于垄上部分和平地, 有利于局部调节径流并促进作物

生长;在实验条件下,垄上压实有利于增加沟中的含水量。

参考文献

- 1 张兴昌, 卢宗凡. 坡地水平沟耕作的土壤水分动态及增产机理研究. 水土保持学报, 1993, (9): 58~ 66
- 2 卢宗凡. 中国黄土高原生态农业. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997. 3, 31~ 34, 166~ 168
- 3 叶振欧. 带状平播起垄耕作法. 水土保持学报, 1993, (9): 8~ 9
- 4 王龙昌, 贾志宽. 北方旱区农业节水技术. 西安: 世界图书出版公司, 1998. 39~ 41
- 5 刘刚才, 等. 等高垄作垄沟的水土流失特点研究. 水土保持通报, 1999, 19(3): 33~ 35
- 6 Benjamin J G, Ghaffarzadeh M R, Cruse R M. Coupled water and heat transport in ridged soils. Soil Sci. Soc. Am. J. , 1990, 54: 963~ 969
- 7 Hamlett J M, Baker J L, Horton R. Water and anion movement under ridge tillage: A field study. Transactions of the ASAE. , 1990, 53(6): 1 859~ 1 865
- 8 Bargar B, Swan J B, Jaynes D. Soil water recharge under uncropped ridges and furrows. Soil Sci. Soc. Am. J. , 1999, 63: 1 290~ 1 299
- 9 Ressler D E, Horton J, Baker J L, *et al.* Testing a nitrogen fertilizer applicator designed to reduce leaching losses. American Society of Agricultural Engineers, 1997, 13(3): 345~ 350
- 10 雷志栋, 杨诗秀. 土壤水动力学. 北京: 清华大学出版社, 1988. 257~ 263