

The Study of Accumulation Effect of Different Modes of Plastic Mulching under the Condition of Simulated Rainfall in Dry Area

—Take the Area of the Northern Foot of Yin Mountain in Inner Mongolia as an Example

Bin Li^{1,2}, Yiping Yao^{1,2*}, Peiyi Zhao^{1,2}, Debao Tuo^{1,2}, Yongfeng Ren^{1,2}, Yu Gao^{1,2}, Youyu Jia^{1,2}, Shuanzhu Lu³, Qin Gong⁴, Sanfen Zhang^{1,2}

¹Institute of Resources and Environment and Testing Technology of Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot Inner Mongolia

²Scientific Observing and Experimental Station of Arable Land Conservation (Inner Mongolia), Ministry of Agriculture, Hohhot Inner Mongolia

³Bayan Nur Academy of Agricultural and Animal Sciences, Bayan Nur Inner Mongolia

⁴Ulanqab City Soil and Fertilizer Workstation, Jining Inner Mongolia

Email: *libin_kim@sina.com

Received: Nov. 9th, 2015; accepted: Dec. 18th, 2015; published: Dec. 23rd, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The simulated rainfall experiment was carried out in the area of the northern foot of Yin Mountain in Inner Mongolia; the accumulation effect of different modes of plastic mulching under different simulated rainfall of rainwater was studied. The results show that: the catchments effect of full plastic mulching is the best, and for the sandy loam, the moisture storage of full plastic mulching increases by 1.09% - 4% than control treatments; for clay loam, compared with treatment, the moisture storage of full plastic mulching increases by 2.26% - 8.46%. When the rainfall intensity is 20 mm·h⁻¹ and rainfall in gully with plastic mulching reaches 20 mm, catchments effect is significantly lower. Because of the effect of evaporation-inhibiting and water conservation of FPRFM, the limited rainfall is concentrated in gully area, which plays a role in moisture storage and moisture conservation.

Keywords

The Northern Foot of Yin Mountain in Inner Mongolia, FPRFM, Simulated Rainfall, Moisture Storage, Catchments Effect

*通讯作者。

文章引用: 李彬, 姚一萍, 赵沛义, 妥德宝, 任永峰, 高宇, 贾有余, 遯栓柱, 弓钦, 张三粉. 模拟降雨条件下旱作区不同覆膜方式蓄积效应研究[J]. 农业科学, 2015, 5(6): 192-198. <http://dx.doi.org/10.12677/hjas.2015.56028>

模拟降雨条件下旱作区不同覆膜方式蓄积效应研究

—以内蒙古阴山北麓地区为例

李彬^{1,2}, 姚一萍^{1,2*}, 赵沛义^{1,2}, 妥德宝^{1,2}, 任永峰^{1,2}, 高宇^{1,2}, 贾有余^{1,2}, 逯栓柱³, 弓钦⁴, 张三粉^{1,2}

¹内蒙古农牧业科学院资源环境与检测技术研究所, 内蒙古 呼和浩特

²农业部内蒙古耕地保育科学观测实验站, 内蒙古 呼和浩特

³巴彦淖尔市农牧业科学研究院, 内蒙古 巴彦淖尔

⁴乌兰察布市土壤肥料工作站, 内蒙古 集宁

Email: libin_kim@sina.com

收稿日期: 2015年11月9日; 录用日期: 2015年12月18日; 发布日期: 2015年12月23日

摘要

在内蒙古阴山北麓地区进行模拟降雨试验, 研究不同模拟降雨量下不同覆膜方式的雨水蓄积效应。研究表明: 垄作全覆膜的集雨效果最好, 且对于沙壤土, 垄作全覆膜比对照处理的贮水量提高1.09%~4%; 对于粘壤土, 垄作全覆膜贮水量比对照处理的贮水量提高2.26%~8.46%。在降雨强度为20 mm·h⁻¹前提下, 垄沟覆膜处理在雨量达到20 mm后, 集雨效果下降明显。由于垄作全覆膜的抑蒸和集雨作用, 使有限降雨集中在沟内种植区, 起到蓄墒保墒的作用。

关键词

内蒙古阴山北麓, 垄作全覆膜, 模拟降雨, 贮水量, 集雨效果

1. 引言

内蒙古阴山北麓地处我国农牧交错带的中段, 宽约70~80 km。在整个农牧交错带中, 属生态最为脆弱和最贫困的地区之一。该区属半干旱偏旱区, 年降水量南部可达400 mm, 大部分农区在250~300 mm之间, 北部不足200 mm。且降水集中于夏季, 占到全年的2/3左右, 当地大部分耕地不具备灌溉条件, 农作物生长主要依靠天然降雨, 是典型雨养农业, 旱地面积占耕地面积的92.5% [1]。如何利用好当地有限的雨水资源成为亟待解决的问题。

针对上述问题, 农业科研人员提出了垄膜覆盖栽培技术, 该项技术是旱作农业区的一大技术创新, 其显著的抗旱作用、增产效果已有大量的研究报道[2]-[4]。垄膜覆盖栽培技术就是在地面起垄, 用地膜覆盖后, 在沟内播种的技术。由于垄膜覆盖这种微集雨工程使得沟内雨水富集, 从而提高天然降雨的利用效率[5]。垄膜覆盖栽培技术的抗旱增产技术已在生产实践中获得了验证, 但其积蓄效应的机理研究报道较少, 本文结合内蒙古旱作农业的特点, 通过人工模拟降雨手段, 进行不同覆膜方式下雨水的积蓄效应研究, 以为旱作农业区种植提供科学技术支撑[6]。

2. 研究区概况及试验方法

2.1. 试验区概况

试验于2014年9月在内蒙古阴山北麓典型代表区农业部内蒙古耕地保育科学观测实验站(武川)进行。该区海拔1576 m, 多年平均降水量350 mm左右, 年蒸发量1850 mm, 多年平均气温2.7℃, 无霜期110 d, 地形以缓坡丘陵为主, 土壤以栗钙土、灰褐土、石质土为主, 沙性较重。主栽作物有马铃薯、向日葵和燕麦。

2.2. 研究方法

2.2.1. 试验设计

试验土壤类型为沙壤土和粘壤土, 覆膜方式为全覆膜与半覆膜, 设3种处理: ① 平作(CK): 传统平作; ② 垄作半覆膜(LB): 选用地膜宽75 cm, 膜厚0.08 mm, 先起垄, 然后进行垄上覆膜, 覆膜后保持膜面50 cm左右, 垄高25 cm, 膜距50 cm; ③ 垄作全覆膜(LQ): 选用地膜宽75 cm, 膜厚0.08 mm, 先起垄, 然后进行垄上和垄沟覆膜, 垄高25 cm。

试验小区面积为1 m × 2 m, 模拟降雨量分为4 mm、8 mm、12 mm、16 mm和20 mm降雨梯度, 设3个重复, 共计45个小区。为减少由于土壤水分的均匀度对试验精度造成的影响, 对小区土壤采用取走一回填的操作过程, 具体过程为: 用挖掘机按预期设计将试验池挖深50 cm, 再进行人工修整; 然后将不同类型农田的土壤进行取土, 取土深度为50 cm; 将取回的土壤进行筛网(1 cm × 1 cm)过滤、搅拌, 达到土壤均匀; 再将土壤回填到试验池内, 在回填的同时, 将PVC防水隔板(50 cm宽, 500 cm长, 1 cm厚)埋入土壤。

人工模拟降雨器采用西安清远测控技术有限公司生产的便携式QYJY-501降雨模拟器。喷头为Fulljet GW系列喷头, 安装高度为4 m, 有效降雨面积约为1 m × 2 m, 降雨均匀度 > 75%, 降雨调节精度7 mm·h⁻¹。通过不同进水阀门开关-出水喷头组合来实现降雨强度的调节, 可调节降雨强度范围为15~200 mm·h⁻¹。本次试验降雨平均强度为20 mm·h⁻¹, 降雨历时分别为12 min、24 min、36 min、48 min和60 min。

2.2.2. 测定项目及方法

在降雨后连续5 d进行土壤含水量测定, 含水量采用土钻取土烘干法, 垄作半膜和垄作全膜取土部位为垄侧膜下, 取土深度为0~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm, 30~40 cm, 40~50 cm。对小区集雨垄沟系统的产流效率和蓄墒增加率特征参数值采用如下计算方法:

$$W = h \times p \times b\% \times 10$$

式中: W 为土壤贮水量(mm); h 为土层深度(cm); p 为土壤容重($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); $b\%$ 为土壤水分质量百分数。

设 ΔW 为降水后农田某土层内蓄水量之增量(mm), R 为前后两次测定时间的降水量(mm)。

$$\text{产流效率}(\%) = (\Delta W_{\text{处理}} - \Delta W_{\text{CK}}) / R \times 100\%$$

$$\text{蓄墒增加率}(\%) = (\Delta W_{\text{处理}} - \Delta W_{\text{CK}}) / \Delta W_{\text{CK}} \times 100\%$$

3. 结果与分析

3.1. 不同处理农田水分贮蓄变化

从表1可以看出, 无论是沙壤土还是粘壤土, 随着模拟降雨量的增加0~50 cm的土壤贮水量及其增量随之增加, 且垄作全覆膜(LQ) > 垄作半覆膜(LB) > 传统平作(CK)。相比于沙壤土, 由于粘壤土粒间空隙小、毛管空隙多和保水性强, 故粘壤土的贮水量增量的幅度更大。在整个模拟过程中, 对于沙壤土,

Table 1. The change of the moisture storage for different dispose soil after the rain
表 1. 降雨后不同处理土壤贮水量变化

土壤类型	处理	降雨前 贮水量 /mm	模拟降雨量/mm									
			4		8		12		16		20	
			贮水量 /mm	增量 /mm	贮水量 /mm	增量 /mm	贮水量 /mm	增量 /mm	贮水量 /mm	增量 /mm	贮水量 /mm	增量 /mm
沙壤土	LQ		83.2	2.0	85.7	4.5	86.8	5.6	88.4	7.2	89.1	7.9
	LB	81.2	82.9	1.7	84.6	3.4	86.0	4.8	87.1	5.9	88.0	6.8
	CK		82.3	1.1	83.5	2.3	84.4	3.2	85.0	3.8	87.0	5.8
粘壤土	LQ		76.9	3.6	80.0	6.5	85.0	11.7	87.2	13.9	87.4	14.1
	LB	73.3	76.6	3.3	78.2	4.9	82.1	8.8	84.5	11.2	85.4	12.1
	CK		75.2	1.9	77.0	3.7	79.5	6.2	80.4	7.1	81.2	7.9

垄作全覆膜贮水量增量为 2.0 mm~7.9 mm，比对照处理的贮水量提高 1.09%~4%；垄作半覆膜贮水量增量为 1.7 mm~6.8 mm，比对照处理的贮水量提高 0.73%~2.47%。对于粘壤土，垄作全覆膜贮水量增量为 3.6 mm~14.1 mm，比对照处理的贮水量提高 2.26%~8.46%；垄作半覆膜贮水量增量为 1.9 mm~7.9 mm，比对照处理的贮水量提高 1.86%~5.10%。

从图 1，图 2 可知，当模拟降雨量达到 20 mm 时，对于沙壤土和粘壤土来说，垄作全覆膜和垄作半覆膜土壤贮水量增量的变化幅度都是最小的，这说明在降雨强度为 $20 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 前提下，垄沟覆膜处理在雨量达到 20 mm 后，集雨效果下降明显，原因在于此时由于垄膜富集雨水的作用，使得沟内雨量过剩，从而产生径流。

3.2. 不同覆膜方式下降雨产流效率分析

在模拟降雨过程中，对不同覆膜方式的降雨产流效率进行了测定。由表 2 可知，降雨过程使沙壤土垄作全覆膜较传统平作贮水量增量增加 0.9~3.4 mm，产流效率为 10.5%~27.5%；蓄墒增加率为 36.21%~95.65%；垄作半覆膜较传统平作贮水量增量增加 0.6~2.1 mm，产流效率为 5%~15%，蓄墒增加率为 17.24%~55.26%。粘壤土垄作全覆膜较传统平作贮水量增量增加 1.7~6.8 mm，产流效率为 31%~45.83%，蓄墒增加率为 75.68%~95.77%；垄作半覆膜较传统平作贮水量增量增加 1.4~4.2 mm，产流效率为 15%~35%，蓄墒增加率为 75.68%~95.77%。可见垄上覆膜确能起到明显的集雨蓄水的作用，且垄作全覆膜优于垄作半覆膜。

3.3. 垄作全膜土壤水分动态分析

由于全膜垄作集雨效果最好，现以垄作全膜 16 mm 的模拟降雨量为例，进行土壤水分动态分析。由图 3~6 可知，对于沙壤土来说，降雨后，随着天数的增加，0~30 cm 土壤含水量有规律的减少，但在 30~50 cm 土层，开始出现含水量增加的趋势。对于粘壤土来说，在 0~20 cm 土壤含水量有规律的减少，在 20~30 cm 土层，出现含水量增加的趋势，在 30~50 cm 土壤含水量有规律的增加。可见沙壤土以 30~40 cm 层为临界面，随时间变化土壤水分分别向上和向下运移。而粘壤土以 20~30 cm 为临界面，随时间变化土壤水分分别向上和向下运移。对比垄作全膜和传统平作土壤水分动态可以发现，由于全膜的阻隔作用，使得每天的水分散失量保持在一个较小的范围，且有较为清晰的临界面。

Table 2. The runoff efficiency of simulated rainfall under different modes of plastic mulch(0~50 cm)
表 2. 不同覆膜方式下模拟降雨产流效率(0~50 cm)

覆膜方式	模拟降雨量/mm	沙壤土		粘壤土	
		产流效率/%	蓄墒增加率/%	产流效率/%	蓄墒增加率/%
垄作全覆膜	4	22.50	81.82	42.50	89.47
	8	27.50	95.65	35.00	75.68
	12	20.00	75.00	45.83	88.71
	16	21.25	89.47	42.50	95.77
	20	10.50	36.21	31.00	78.48
垄作半覆膜	4	15.00	54.55	35.00	73.68
	8	13.75	47.83	15.00	32.43
	12	13.33	50.00	21.67	41.94
	16	13.13	55.26	25.63	57.75
	20	5.00	17.24	21.00	53.16

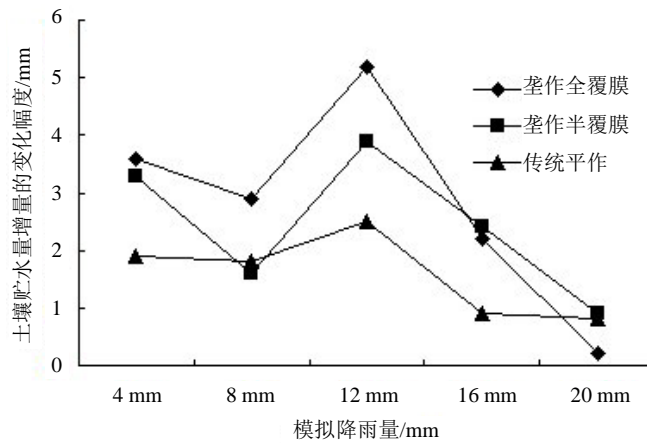


Figure 1. The changing magnitude of moisture storage increment in clay loam

图 1. 粘壤土贮水量增量变化幅度

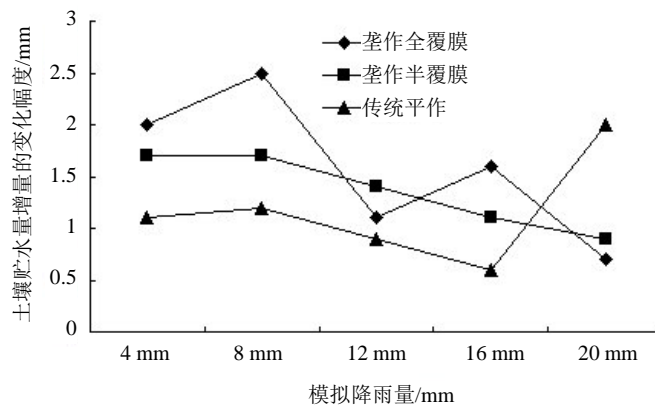


Figure 2. The changing magnitude of moisture storage increment in sandy loam

图 2. 沙壤土贮水量增量变化幅度

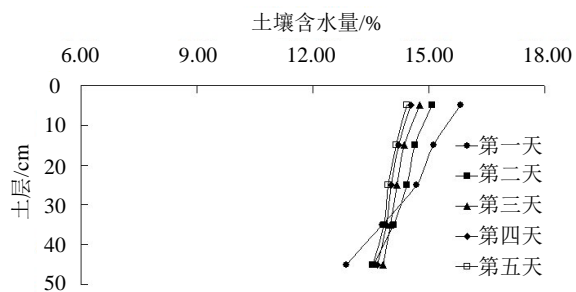


Figure 3. The soil water movement of ridge planting membrane in sandy loam

图 3. 沙壤土垄作全膜土壤水分动态

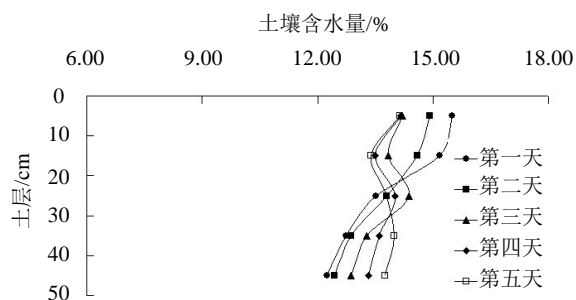


Figure 4. The soil water movement of ridge planting membrane in clay loam

图 4. 粘壤土垄作全膜土壤水分动态

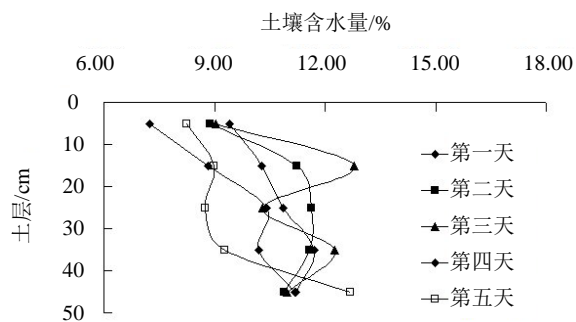


Figure 5. The soil water movement of conventional flat-tillage in sandy loam

图 5. 沙壤土传统平作土壤水分动态

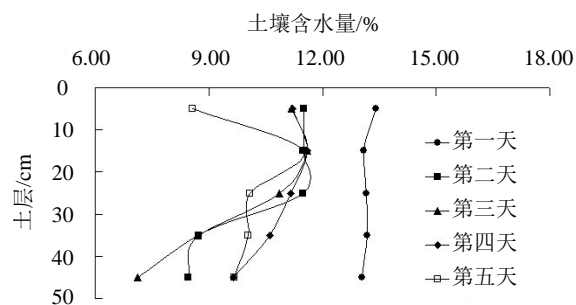


Figure 6. The soil water movement of conventional flat-tillage in clay loam

图 6. 粘壤土传统平作土壤水分动态

4. 讨论

本试验表明, 垄作覆膜构建的垄沟系统, 在农田内部实现作物对水分在时空上的有效调控利用, 大幅度提高降水产流效率, 增强了作物抗御自然干旱的能力[7]。田间起垄及垄上覆膜能使两个集雨面上的降水集中到一个面上, 沟中的水分产生叠加, 因此在整个模拟过程中, 膜垄处理在不同降水之后 0~50 cm 土壤贮水增量均明显高于平作。旱作马铃薯研究中也表明覆膜具有明显的集雨效果, 且双垄全膜覆盖能有效增加表层 0~10 cm 土壤含水量[8]。在起垄条件下, 降雨集中到了垄沟内, 是根层土壤含水量较大的主要原因之一, 加之覆膜能够减少土壤水分的无效蒸发, 降低深层水分、提升上层水分[9]。在垄作全膜种植方式下, 粘壤土和沙壤土对降雨的集蓄效应不同, 主要取决于他们对土壤水分的保持能力, 有研究表明沙壤土保水能力叫粘土弱, 导致了粘壤土的蓄水效应较沙壤土高[10]。

5. 结论

1) 从集雨效果来看, 垄作全覆膜(LQ) > 垄作半覆膜(LB) > 传统平作(CK), 且对于沙壤土, 垄作全覆膜比对照处理的贮水量提高 1.09%~4%; 垄作半覆膜贮水量比对照处理的贮水量提高 0.73%~2.47%。对于粘壤土, 垄作全覆膜贮水量比对照处理的贮水量提高 2.26%~8.46%; 垄作半覆膜贮水量比对照处理的贮水量提高 1.86%~5.10%。

2) 在降雨强度为 20 mm·h⁻¹ 前提下, 垄沟覆膜处理在雨量达到 20 mm 后, 集雨效果下降明显。

3) 农田垄膜沟种微集雨结合覆盖有效利用了垄膜的集雨, 抑蒸和沟覆盖的保墒功能, 使有限降雨集中在沟内种植区, 起到蓄墒保墒的作用。通过垄作全膜技术的推广应用, 可有效农田含水量, 缓解内蒙古阴山北麓地区干旱缺水, 从而促进该地区旱作农业健康可持续发展。

基金项目

内蒙古科技计划项目“旱作农业关键技术研究集成示范”(20150218); 国家“十二五”科技支撑项目“风沙半干旱区防蚀增效旱作农业技术集成与示范”(2012BAD09B02); 内蒙古农牧业创新基金项目“旱农区主要作物丰产高效栽培技术研究集成与示范”(CXJJ2013N10)。

参考文献 (References)

- [1] 郑大玮, 妥德宝, 王砚田. 内蒙古阴山北麓旱农区综合治理与增产配套技术[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2000.
- [2] 李永平, 贾志宽, 刘世新, 等. 旱作农田微集水种植产流蓄墒扩渗特征研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(2): 86-90.
- [3] 寇江涛, 师尚礼, 王琦, 等. 垄沟集雨对紫花苜蓿草地土壤水分、容重和孔隙度的影响[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(6): 1336-1342.
- [4] 肖继兵, 孙占祥, 蒋春光, 刘志, 郑家明, 冯良山. 辽西半干旱区垄膜沟种方式对春玉米水分利用和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2014(10): 1917-1928.
- [5] 任小龙, 贾志宽, 陈小莉, 等. 模拟降雨量条件下沟垄种植对土壤养分分布及夏玉米根系生长的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 94-99.
- [6] 李彬, 史海滨, 程满金, 等. 集雨补灌玉米农田墒情预报的人工神经网络模型[C]//中国农业水土工程专业委员会第五次学术会议论文集. 北京: 中国农业出版社, 2008: 311-316.
- [7] 贾志宽, 任小龙. 农田集雨保水关键技术研究[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [8] 王颖慧, 蒙美莲, 陈有君, 等. 覆膜方式对旱作马铃薯产量和土壤水分的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(3): 147-152.
- [9] 李巧珍, 李玉中, 郭家选, 等. 覆膜集雨与限量补灌对土壤水分及冬小麦产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 25-30.
- [10] 潘业兴, 范志刚, 肖桂林. 沙壤土漏水田水稻高产栽培关键技术研究[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(12): 2984-2985.