

# 不同耕作制度下荒漠绿洲棉田土壤水分的时空变化

吕双庆, 郑德明, 柳维杨, 姜益娟

(新疆塔里木大学 植物科技学院, 新疆 阿拉尔 843300)

**摘要:** 通过田间试验研究了不同耕作制度荒漠绿洲棉田土壤水分的时空变化。结果表明, 0—120 cm 土层免耕覆盖土壤容积含水量最高, 免耕留茬次之, 传统耕作和耕作覆膜最低。0—20 cm 土层, 免耕覆盖和免耕留茬土壤含水量高于传统耕作和耕作覆膜, 0—5 cm 差异最大, 但随着深度增加差异减小, 20—120 cm 差异不大。传统耕作、耕作覆膜、免耕留茬棉田表层与底层土壤水分梯度明显, 免耕覆盖不明显。头水前不同耕作方式棉田 0—120 cm 土壤含水量都随时间延长逐渐降低, 前期免耕覆盖和免耕留茬与传统耕作和耕作覆膜差异较大, 后期差异变小; 头水后, 免耕覆盖、免耕留茬高于耕作棉田。免耕覆盖和耕作覆膜棉田表层土壤水分状况比较稳定, 免耕留茬和传统耕作变化幅度较大。

**关键词:** 免耕; 土壤水分; 绿洲棉田

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009) 01—0051—05

中图分类号: S152.7, S157.4

## Spatiotemporal Variation of Soil Water in a Cotton Field with Different Tillage Modes in Oasis

LU Shuang-qing, ZHEN De-ming, LIU Wei-yang, JIANG Yi-juan

(Institute of Plant Science and Technology, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted to study the spatiotemporal variation of soil moisture in an oasis cotton field with different tillage modes. Results showed that in 0—120 cm soil layer, the maximum soil moisture content was observed for no-tillage with mulching stalk; the medium, for no-tillage with standing stubble; and the minimum, for conventional tillage and tillage with film mulching. Soil moisture contents for no-tillage with mulching stalk and no-tillage with standing stubble were higher than those for conventional tillage and tillage with film mulching in 0—20 cm soil layer, being significantly different in 0—5 cm soil layer and no difference in 20—120 cm soil layer. There was an obvious gradient of soil moisture content in the depths for the three tillage modes. Soil moisture contents for the three tillage modes decreased significantly with time before irrigation. The difference between no-tillage and tillage was greater at the early stage than the later stage. High soil moisture content was observed in tilled field after irrigation. Soil moisture in top soil layer was steady for no-tillage with mulching stalk and tillage with film mulching and remarkably varied for no conventional tillage and no-tillage with standing stubble.

**Keywords:** no-tillage; soil moisture; oasis cotton field

自“免耕法”提出以来, 采用少、免耕的保护性耕作法在许多国家得到了较大发展。保护性耕作是利用作物秸秆及残茬覆盖土壤, 免耕播种技术, 是对农田实行免耕或少耕, 通过农药来控制杂草和病虫害, 并适时深松的一种耕作技术。国内外研究表明<sup>[1-7]</sup>, 利用作物残茬覆盖和减少耕作, 不仅具有培肥土壤、减少土壤水分蒸发、提高土壤保水能力的作用, 还有控制水土流失、保护生态环境的效果, 同时也能够增加作物产量。因而是一项协调了农业生产和生态环境保护之间关系的技术措施。

新疆地处干旱地区, 属典型的荒漠绿洲农业, 水资源缺乏是农业生产的最大限制因素。同时新疆也多风沙, 不仅使绿洲农田遭受风蚀, 造成绿洲土地退化、作物缺苗和减产, 也恶化了人们的生存环境。传统农业生产中农田翻耕破坏了地表结构, 加之地表裸露, 是绿洲农田土壤风蚀的重要原因<sup>[8]</sup>。因此, 如何协调绿洲农区节水农业、环境保护和生产效益的矛盾, 是绿洲农业可持续发展的关键, 保护性耕作法不失为一条值得探索的途径。以往的研究多集中于小麦、玉米等作物, 在新疆棉花生产中研究较少。本文

研究了不同耕作方式对荒漠绿洲棉田土壤水分状况的影响, 以便为绿洲农业可持续发展提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2005 年在塔里木大学农业实验站进行。该站位于塔里木盆地边缘, 为典型的沙漠绿洲, 属极端干旱气候类型, 多年平均降雨量小于 50 mm, 蒸发量 2 800~3 000 mm。距塔里木河 2 km, 地下水埋藏较浅, 常年地下水位 1.7 m, 春季多风。试验地前茬作物玉米, 试验前进行了冬春灌溉。土壤质地为沙壤土。

### 1.2 试验设计

试验设 4 种耕作方式: 免耕覆盖(A), 春灌后覆盖玉米秸秆, 覆盖量 5 400 kg/hm<sup>2</sup>, 不耕翻直接播种; 免

耕留茬(B), 前茬作物收获后留茬, 不耕翻直接播种; 传统耕作(C), 播种前进行犁地整地作业; 耕作覆膜(D), 播种前犁地整地, 播种后覆膜。试验作物为棉花, 重复 3 次, 随机区组设计, 小区面积 333.7 m<sup>2</sup>。各处理均于 2005 年 4 月 19 日用免耕播种机进行播种。2005 年 4 月 24 日至 6 月 27 日(灌头水后)约每周测定一次土壤含水量, 共测 9 次, 深度 0—120 cm, 分 8 层(分别为 0—5 cm, 5—10 cm, 10—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm, 60—80 cm, 80—100 cm 和 100—120 cm)。土壤容积含水量与土壤容重有关, 因而在不同耕作方式处理后测定了土壤容重(表 1)。试验期间记录了降雨及灌水情况: 2005 年 5 月 13 日晚降小雨, 2005 年 5 月 21 日上午降小雨, 2005 年 5 月 28 日下午至晚降大雨, 2005 年 6 月 22 日晚灌水, 2005 年 6 月 26 降雨。

表 1 实验地不同深度土壤容重

g/cm<sup>3</sup>

耕法	土层深度/cm							
	0—5	5—10	10—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120
免耕	1.33	1.34	1.35	1.40	1.39	1.38	1.40	1.38
耕作	1.22	1.28	1.31	1.38	1.34	1.40	1.41	1.40

### 1.3 土壤含水量测定方法

表层 0—5 cm, 5—10 cm, 10—20 cm 土壤含水量用烘干法测定, 其它层次用美国 CPN 公司的 503 DR 中子水分仪测定。土壤含水量以容积百分数表示。

## 2 结果分析

### 2.1 不同耕作制度绿洲棉田土壤含水量的空间变化

由 0—120 cm 土壤剖面各土层的土壤容积含水量和平均结果表明(表 2), 免耕覆盖土壤含水量最高, 免耕留茬次之, 传统耕作和耕作覆膜最低; 耕作方式对不同深度土壤含水量的影响不一致, 0—20 cm 土层差异明显, 20—120 cm 差异不大。从 0—20 cm

土层来看, 免耕覆盖和免耕留茬土壤含水量明显高于传统耕作和耕作覆膜, 0—5 cm 土壤含水量差异最大, 随着深度增加差异减少; 免耕覆盖高于免耕留茬, 传统耕作和耕作覆膜差异不明显。0—5 cm 土层免耕地平均土壤含水量较耕作地高 8.67%, 较 5—10 cm 高 4.48%, 较 10—20 cm 高 3.48%; 免耕覆盖 0—5 cm 较免耕留茬土壤含水量高 4.78%, 5—10 cm 高 3.41%, 10—20 cm 高 1.54%。20—120 cm 土层中, 除 40—60 cm 土层外, 不同耕作方式间土壤含水量差异不大。说明免耕比耕作棉田保水效果好, 主要表现为表层土壤含水量较高, 而深层差异不大, 免耕覆盖比免耕留茬保水效果更为突出。

表 2 不同耕作方式对 0—120 cm 土层土壤含水量的影响

%

土壤深度/cm	免耕覆盖	免耕留茬	传统耕作	耕作覆膜
0—5	24.35±3.25	19.57±2.08	13.78±2.12	12.80±1.58
5—10	23.90±3.66	20.49±1.48	18.13±1.76	17.31±1.11
10—20	23.37±3.24	21.83±1.09	19.81±2.84	18.43±1.83
20—40	23.96±5.54	23.45±2.49	22.89±2.30	21.67±1.69
40—60	19.68±1.74	21.95±6.25	25.57±1.63	26.22±0.81
60—80	22.47±3.05	21.31±1.10	22.06±3.53	22.63±1.93
80—100	20.42±2.72	18.14±2.58	19.30±4.11	19.42±4.44
100—120	28.21±2.47	26.33±5.01	25.46±4.17	26.38±3.40
平均	23.29±3.21	21.64±2.76	20.88±2.81	20.61±2.10

从各耕作方式不同深度土壤含水量的变化来看(图 1), 0—40 cm 土层传统耕作、耕作覆膜、免耕留茬土壤含水量随深度增加而增加的趋势明显, 免耕覆盖无此特点, 土壤含水量可能主要受土壤蒸发及作物蒸腾的影响; 40—60 cm 土层含水量为传统耕作和耕作覆膜高于免耕覆盖和免耕留茬, 可能与该层次土壤容重的差异有关; 60—120 cm 各种耕作方式变化趋势一致, 土壤含水量含水量可能主要受到土壤容重和地下水的影响。免耕覆盖 0—20 cm 土层平均土壤含水量为 23.87%, 20—120 cm 平均为 22.95%; 免耕留茬两土层的土壤含水量分别为 20.63% 和 22.64%; 传统耕作而土层的土壤含水量分别为 17.64% 和 23.06%; 耕作覆膜两土层的土壤含水量分别为 16.18% 和 23.26%。说明传统耕作、耕作覆膜、免耕留茬棉田表层与底层土壤水分梯度大于免耕覆盖棉田, 耕作棉田更突出。

2.2 不同耕作制度绿洲棉田土壤含水量的时间变化  
头水前(2005 年 6 月 22 日)不同耕作方式棉田 0—120 cm 土壤含水量都随时间的延长逐渐降低(表 3), 前期免耕覆盖、免耕留茬与传统耕作、耕作覆膜差异较大, 后期差异变小, 传统耕作和耕作覆膜各时期均无差异。因 2005 年 5 月 28 日晚降雨, 因而 5 月 29

日比 5 月 22 日土壤含水量有所上升。免耕覆盖 4 月 24 日土壤含水量比传统耕作高出 3.49%, 随时间延长差异逐渐降低, 到 6 月 19 日高 1.33%; 免耕留茬 4 月 24 日含水量高出传统耕作 2.18%, 5 月 7 日高出 1.76%, 之后与传统耕作无差异。

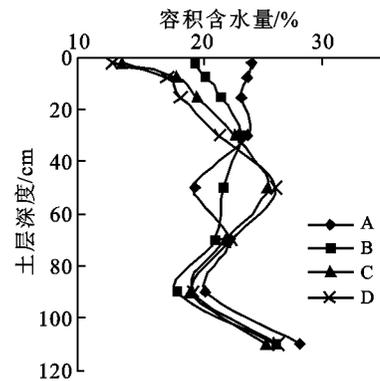


图 1 不同耕作制度棉田土壤含水量的空间变化  
注: A 免耕覆盖; B 免耕留茬; C 传统耕作; D 耕作覆膜

头水后, 免耕覆盖 2005 年 6 月 27 日比传统耕作土壤含水量高 2.01%, 免耕留茬高 1.04%, 耕作覆膜无差异。说明免耕覆盖的保墒效果优于免耕留茬, 随时间延长二者的作用都降低; 免耕棉田更利于灌溉水下渗, 与已有的研究结果较为一致<sup>[9-10]</sup>。

表 3 不同耕作制度棉田 0—120 cm 土壤含水量的时间变化

日期	免耕覆盖	免耕留茬	传统耕作	耕作覆膜
2005-04-24	24.72±2.80	23.42±2.53	21.23±2.63	21.08±1.69
2005-05-01	24.38±2.82	23.02±2.77	21.01±2.86	21.04±1.94
2005-05-07	24.01±3.14	22.48±2.65	20.72±2.85	20.93±1.98
2005-05-15	23.64±3.27	21.85±2.56	21.10±2.91	20.75±2.04
2005-05-22	23.03±3.49	20.88±2.86	20.36±2.97	20.22±2.03
2005-05-29	23.53±3.12	21.61±2.78	21.91±2.72	20.90±1.82
2005-06-11	20.20±3.69	18.01±3.10	18.75±3.05	18.65±3.04
2005-06-19	18.71±3.84	17.01±3.67	17.39±3.10	17.03±2.39
2005-06-27	27.42±2.70	26.44±1.91	25.41±2.16	24.86±1.95

在不同土层深度, 耕作方式对土壤含水量时间变化的影响并不一致(图 2), 棉田灌头水前 20—120 cm 各层次土壤含水量均随时间延长而降低, 头水后上升, 不同耕作方式差异不明显; 0—20 cm 土层变化较复杂, 不同耕作方式表现出不同的规律。免耕覆盖和耕作覆膜 0—20 cm 土壤含水量在 2005 年 5 月 22 日前变化不大, 5 月 29 日略有上升, 到 6 月 19 日棉田灌头水前降低较快; 免耕留茬和传统耕作变化比较大, 因降雨 5 月 29 日含水量增加较多, 之后下降的较

快, 主要表现在 0—5 cm 土层, 传统耕作更突出。降雨量较低的情况下, 无覆盖棉田表层土壤能够接纳较多的雨水, 传统耕作的效果大于免耕留茬; 耕作覆膜不利于水分下渗, 免耕覆盖秸秆又吸收了部分水分, 两种方式都不利于少量的降雨到达土壤表层。表明免耕覆盖和耕作覆膜棉田表层土壤水分状况比较稳定, 只是免耕覆盖是较高含水量情况下的稳定, 免耕覆膜是较低含水量情况下的稳定; 免耕留茬和传统耕作土壤水分变化幅度较大, 不利于棉花正常生长发育。

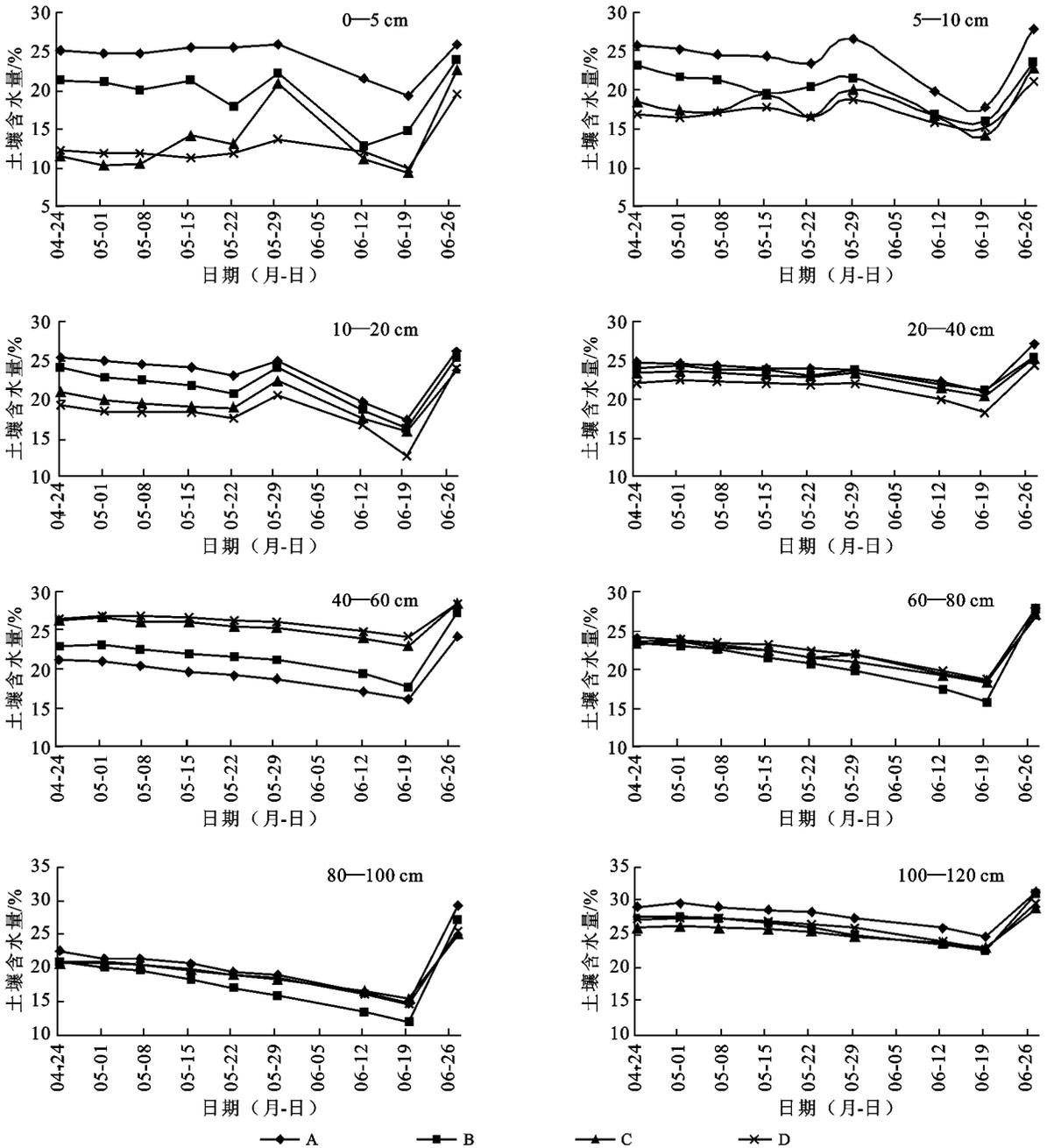


图 2 2005 年不同耕作制度棉田各层次土壤含水量的时间变化

注: A 免耕覆盖; B 免耕留茬; C 传统耕作; D 耕作覆膜

### 3 结论

水是极端干旱的荒漠绿洲区农业生产可持续发展的关键因素。土壤水分状况受到多种因素的影响,如灌溉、降雨、土面蒸发、作物蒸腾、土壤容重等。在极端干旱的荒漠绿洲棉田,蒸发极为强烈,降雨对土壤含水量的影响很小,灌溉是农田土壤水分主要来源。试验期间有 3 次降雨过程,前两次降雨量小,对土壤含水量基本无影响,2005 年 5 月 28 日雨量略大,导致 5 月 29 日土壤含水量稍有上升,但其影响主要表现在 0—5 cm 土层,对棉花生长意义不大。荒漠

绿洲棉田播种后到头水前约有 70~80 d 只靠冬春灌蓄积的底墒水生长,特殊年份洪水期较晚,头水也不能及时保证,给农业生产造成巨大的损失。因而如何有效地保持土壤水分就显得尤为重要,现在主要手段是采用铺膜和节水灌溉技术,但铺膜又带来了残膜污染问题,也不符合可持续发展的要求。免耕覆盖技术为解决这一问题提供了一条途径。

不同耕作制度对荒漠绿洲棉田土壤水分状况有较大的影响。从土壤水分的空间分布来看,免耕覆盖保墒效果最好,作用主要表现在表层土壤含水量较高,而深层与其它耕作方式差异不大,这是免耕覆盖

有效的抑制了土壤水分蒸发的结果。不同耕作方式通过影响绿洲棉田水分蒸发决定了表层土壤的水分状况,而深层土壤水分状况主要受绿洲埋藏较浅的地下水水位控制。传统耕作、耕作覆膜、免耕留茬棉田表层与底层土壤水分梯度较大,耕作棉田更突出。

从土壤水分的时间变化来看,头水前不同耕作方式棉田土壤含水量都随时间延长逐渐降低,免耕覆盖和免耕留茬与传统耕作和耕作覆膜的差异也随时间降低,与许迪等的研究结果一致<sup>[11]</sup>,但头水后免耕棉田更利于灌溉水下渗。免耕覆盖和耕作覆膜棉田表层土壤水分状况比较稳定,也利于作物生长。免耕留茬和传统耕作土壤水分变化幅度较大,不利于棉花的生长发育。

上述分析结果充分说明,从保持绿洲棉田土壤水的角度来看,免耕覆盖是实现绿洲农业可持续发展的有效途径。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 方日尧, 同延安, 赵二龙, 等. 渭北旱原不同保护性耕作方式水肥增产效应研究[ J ]. 干旱地区农业研究, 2003, 21( 1 ): 54-57.
- [ 2 ] 丁昆仑, Hann M J. 耕作措施对土壤特性及作物产量的影响[ J ]. 农业工程学报, 2000, 16( 3 ): 28-31.
- [ 3 ] 杜兵, 邓健, 李问盈, 等. 冬小麦保护性耕作法与传统耕作法的田间对比试验[ J ]. 中国农业大学学报, 2000, 5( 2 ): 55-58.
- [ 4 ] 廖允成, 韩思明, 温晓霞. 黄土台原旱地小麦机械化保护性耕作栽培体系的水分及产量效应[ J ]. 农业工程学报, 2002, 18( 4 ): 68-71.
- [ 5 ] 徐福利, 严菊芳, 王渭玲. 不同保墒耕作方法在旱地上的保墒效果及增产效应[ J ]. 西北农业学报, 2001, 10( 4 ): 80-84.
- [ 6 ] 姚宇卿, 王育红, 吕军杰. 保持耕作麦田水分动态及水土流失的研究[ J ]. 土壤肥料, 2002( 5 ): 8-10.
- [ 7 ] 张志国, 徐琪. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[ J ]. 土壤学报, 1998, 35( 3 ): 385-391.
- [ 8 ] 苏培玺, 赵爱芬, 杜明武. 绿洲农业不同种植方式防止土壤风蚀和保持土壤水分的比较[ J ]. 应用生态学报, 2004, 15( 9 ): 1536-1540.
- [ 9 ] 苏子友, 杨正礼, 王德莲, 等. 豫西黄土坡耕地保护性耕作保水效果研究[ J ]. 干旱地区农业研究, 2004, 22( 3 ): 16-18.
- [ 10 ] 闵安成, 张一平, 任小川. 几种农作措施对旱地土壤水分状况的影响[ J ]. 西北农业学报 2001, 10( 4 ): 85-89.
- [ 11 ] 许迪, Schmid R, Mermoud A. 耕作方式对土壤水动态变化及夏玉米产量的影响[ J ]. 农业工程学报, 1999, 15( 3 ): 104-106.