

农业重大科学研究成果专著

STUDY ON KEY TECHNIQUES
OF RAINFALL HARVESTING
AND WATER CONSERVATION IN FIELD

贾志宽 任小龙 等 著

农田集雨保水 关键技术研究



科学出版社

2486858

农业重大科学研究成果专著

农田集雨保水关键技术研究

贾志宽 任小龙 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是依托国家旱农项目,在旱作农田集水保水技术多年研究工作的基础上,对研究工作的系统性和阶段性总结,主要包括:有机培肥、休闲轮耕、秸秆覆盖种植、粮草带状间作、微集水种植、可降解膜覆盖保墒等旱作技术对农田土壤理化性状及作物生产力的影响。本书的出版对丰富旱作农田集水保水研究理论与实践有重要的意义,对同类农业研究与生产示范具有重要的借鉴与参考价值。

本书可为从事旱地农业研究、节水农业技术开发、农业资源高效利用方面的教学和研究人員提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

农田集雨保水关键技术研究/贾志宽等著. —北京:科学出版社,2011

(农业重大科学研究成果专著)

ISBN 978-7-03-030050-8

I. ①农… II. ①贾… III. ①农田灌溉-降水-蓄水-技术-研究 ②农田灌溉-节约用水-技术-研究 IV. ①S275

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 009897 号

责任编辑:李秀伟 李晶晶/责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬/封面设计:美光制版

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 1 月第一次印刷 印张:29 3/4

印数:1—1 200 字数:700 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

著 者 名 单

贾志宽	西北农林科技大学农学院
任小龙	西北农林科技大学农学院
李永平	固原市农业科学研究所
李 军	西北农林科技大学农学院
韩清芳	西北农林科技大学农学院
海江波	西北农林科技大学农学院
张 睿	西北农林科技大学农学院
王 健	西北农林科技大学资源环境学院
丁瑞霞	西北农林科技大学农学院
侯贤清	西北农林科技大学林学院
刘 婷	西北农林科技大学农学院
马晓丽	西北农林科技大学农学院
李 荣	西北农林科技大学农学院
崔荣美	西北农林科技大学农学院
刘艳红	西北农林科技大学农学院
严 波	西北农林科技大学农学院
高 飞	西北农林科技大学农学院
李玉鹏	西北农林科技大学林学院
聂俊峰	西北农林科技大学农学院

前 言

我国是世界上严重干旱缺水的国家之一，干旱、半干旱面积和没有灌溉条件的旱作耕地面积均超过国土面积和全国耕地面积的 1/2。随着我国经济的快速发展和干旱化的加剧，水资源日趋紧张，加之农业结构调整和农业水权转变，农业用水特别是粮食生产用水呈现零增长或负增长，灌溉粮田面积趋于减少，使得旱作农业在我国粮食安全、生态安全、水安全和消除贫困中的基础战略地位上升，特别是在完全依靠天然降水进行农业生产的旱作农区，合理高效地利用有限的降水资源进行农业生产对该区粮食安全和经济发展显得尤为重要。然而，在现有技术条件下，旱作农区只有 20%~25% 的天然降水形成了初级生产力，10%~15% 通过径流损失，无效蒸发达 60%~70%，大田降水生产潜力开发度仅为 40%~50%，这对于北方 $4.04 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 的旱作耕地而言，粮食增产的潜力十分巨大。因此，针对旱作农区降雨量少、季节分配不均及土壤水分蒸发强烈等自然条件，旱区农业开发的技术核心应是集蓄天然降水，提高降水的保蓄率，改善作物根域水环境，并进而采取高效用水措施提高水资源利用效率和降水利用率。

本书分有机培肥技术研究、休闲轮耕技术研究、秸秆覆盖种植技术研究、粮草带状间作技术研究、微集水种植技术研究和可降解膜覆盖保墒技术研究共 6 章。有机培肥技术研究以旱作农田土壤扩蓄增容技术及效果为主，分别论述了有机培肥两大技术措施（施有机肥和秸秆还田）下农田土壤理化性状变化特征和对农田降水利用效率以及作物生产力影响等方面的问题。休闲轮耕技术研究重点论述了玉米连作田保护性耕作、夏季及秋季隔年轮耕、坡地休闲轮种和平地休闲轮耕种植对作物产量及土壤理化性状的影响，分别阐述了不同休闲轮耕技术下，土壤结构改善以及农田保水、保土效果。秸秆覆盖种植技术研究重点论述了宁南半干旱区和渭北半湿润易旱区秸秆覆盖对春玉米和冬小麦生长发育及土壤理化性状的影响，阐述了秸秆覆盖对抑制旱作农田土壤水分蒸发、提高土壤水分利用效率的作用和效果。粮草带状间作技术通过重点开展适宜不同类型坡地的防蚀聚水草带（苜蓿）植被营建、粮草等高条带间作技术及其配置模式研究，分析并阐述了旱坡地粮草带状间作带土壤水分状况、养分迁移特征、水分利用效率、耕种区域水土控制状况等问题。微集水种植技术研究着重论述了旱平地沟中覆盖不同材料条件下，微集水种植玉米和冬小麦集雨保墒效果，对比分析了不同沟垄宽度模式下微集水种植胡麻、马铃薯和冬小麦农田土壤集水保水作用和增产效果。可降解膜覆盖保墒技术研究部分，通过对比和分析可降解膜与普通地膜使用特点和保水保墒特性，阐述了不同时间和不同种植作物条件下，可降解膜的覆盖保墒和增产效果。

本书是依托国家科技支撑项目，在旱作技术多年研究工作的基础上，对近期研究工作的系统性和阶段性总结，所包含的内容是“十一五”国家科技支撑计划课题“农田集雨保水关键技术研究”（2006BAD29B03，2006~2010 年）和陕西省农业科技创新项目“渭北旱塬旱作农田集雨保水关键技术研究”（2010NKC-03，2010~2011 年）等项目资

助所取得的研究成果，是参与上述项目的科学家和在项目实施过程中逐渐培养起来的一支年轻的科研队伍集体智慧与劳动的结晶。

在多年农田集雨保水技术研究方面，除了本书作者外，许多老师和研究生也参与了大量工作，并付出了辛勤努力。他们是王俊鹏老师、刘世新老师、路海东老师，王昕、苏秦、白丽婷、李倩、尚金霞、云峰、王敏、蔡太义等研究生，在本书出版之际向他们表示衷心感谢！

由于时间仓促，加之我们学识水平有限，书中的不妥及遗漏之处在所难免，敬请各位专家同行和参阅者批评指正。

著 者

2010 年端午于杨凌

目 录

前言

第一章 有机培肥技术研究	1
第一节 渭北旱塬有机培肥对土壤理化性状及作物产量的影响	1
一、有机培肥对春玉米产量及土壤理化性状的影响	1
二、有机培肥对冬小麦产量及土壤理化性状的影响	25
第二节 宁南旱区有机培肥对土壤理化性状及作物产量的影响	51
参考文献	91
第二章 休闲轮耕技术研究	94
第一节 渭北旱塬休闲轮耕技术对土壤理化性状及作物产量的影响	94
第二节 宁南旱区休闲轮耕技术对土壤理化性状及作物产量的影响	130
一、夏季及秋季隔年轮耕对作物产量及土壤理化性状的影响	130
二、坡地休闲轮种和平地休闲轮耕种植对作物产量及土壤理化性状的影响	155
参考文献	207
第三章 秸秆覆盖种植技术研究	209
第一节 渭北旱塬秸秆覆盖对土壤理化性状及作物产量的影响	209
一、秸秆覆盖对春玉米生长发育及土壤理化性状的影响	209
二、秸秆覆盖对冬小麦生长发育及土壤理化性状的影响	233
第二节 宁南旱区秸秆覆盖对土壤理化性状及作物产量的影响	268
一、秸秆覆盖对冬小麦生长发育及土壤理化性状的影响	268
二、秸秆覆盖对春玉米生长发育及土壤理化性状的影响	288
参考文献	314
第四章 粮草带状间作技术研究	317
第一节 渭北旱塬坡地粮草带状间作技术研究	317
第二节 宁南旱区坡地粮草条带间作技术研究	349
参考文献	360
第五章 微集水种植技术研究	361
第一节 渭北旱塬微集水种植技术研究	361
一、旱平地沟中覆盖不同材料微集水种植玉米的集雨保墒效果	361
二、旱平地沟中覆盖不同材料微集水种植冬小麦的集雨保墒效果	386
第二节 宁南旱区微集水种植技术研究	409
一、旱地胡麻微集水种植技术研究	409
二、旱地马铃薯微集水种植模式研究	414
三、玉米微集水结合覆盖种植技术研究	426

四、冬小麦微集水种植技术研究	437
参考文献	443
第六章 可降解膜覆盖保墒技术研究	444
参考文献	467

第一章 有机培肥技术研究

有机培肥包括秸秆还田和施用有机肥料两大基本措施。有机培肥对促进土壤腐殖质形成、提高土壤有机质、改善土壤物理性状、促进土壤养分循环、保蓄土壤水分及提高作物水分利用效率有着十分重要的作用。为此，在渭北旱塬及宁南旱区进行了不同秸秆还田量及有机肥施用量对土壤理化性状及作物水分利用效率等方面影响的研究，研究结果对旱作农田土壤扩蓄增容及土壤培肥模式的制定有着重要的理论和实践意义。

第一节 渭北旱塬有机培肥对土壤理化性状及作物产量的影响

试验设在陕西省合阳县西北农林科技大学甘井试验基地，该地海拔 850m，年平均降水量 550mm，冬春干旱，降水一般集中在 7 月、8 月、9 月，四季多风，年蒸发量 1832.8mm，年均温度 9~10℃，全年无霜期 160~200 天， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 2800~4000℃。

一、有机培肥对春玉米产量及土壤理化性状的影响

(一) 试验设计

试验在不施化肥的情况下，试验地地势平坦，土壤为垆土，耕层土壤（0~20cm）有机质 12.339g/kg、全氮 0.796g/kg、全磷 0.389g/kg、全钾 8.474g/kg、碱解氮 53.07mg/kg、速效磷 18.44mg/kg、速效钾 160.22mg/kg。试验采用完全随机设计，秸秆还田量的 3 个水平分别为 13 500kg/hm²、9000kg/hm²、0kg/hm²，代表符号分别为 S₁₃₅、S₉₀、CK₀（对照），玉米收获后，将秸秆用秸秆还田机粉碎，按各处理用量均匀施在小区，用拖拉机深翻 30~35cm；施有机肥量的 3 个水平分别为 22 500kg/hm²、15 000kg/hm²、0kg/hm²，代表符号分别为 M₂₂₅、M₁₅₀、CK₀（与秸秆还田量为同一对照）。各处理 3 次重复，小区面积为 4m×6m=24m²，所施有机肥含全氮 12.59g/kg、全磷 6.36g/kg、全钾 13.44mg/kg；还田玉米秸秆含全氮 5.99g/kg、全磷 0.55g/kg、全钾 13.69mg/kg。供试玉米品种为沈单 16，密度 4.95 万株/hm²。试验于 2007 年 4 月 31 日播种，9 月 15 日收获；2008 年 4 月 23 日播种，9 月 16 日收获；2009 年 4 月 23 日播种，9 月 16 日收获。玉米秸秆在玉米收获后用秸秆还田机从地面以上粉碎，11 月中旬将各处理秸秆和有机肥均匀撒在地面并深翻入土壤。

测定主要生育时期（播种期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、灌浆期、收获期）0~200cm 土层，取样方法为每 20cm 取 1 个土样，采用烘干法测定。收获后测定各处理 0~40cm 土壤容重、土壤孔隙度、土壤饱和含水量、土壤田间持水量，每 20cm 取一个土样，测定各处理土壤呼吸、土壤硬度、土壤降水入渗速率。在玉米拔节期、大喇叭口期、抽穗期测定株高、叶面积。每重复选取 20 穗进行穗部性状调查，项目包括穗长、

穗粗、穗行数、穗粒数、千粒重。
土壤各理化指标的测定（表 1-1）。

表 1-1 土壤各项指标及测定方法

测定内容	测定方法
土壤呼吸	ACE 土壤呼吸仪
土壤容重（0~60cm）	环刀法
过氧化氢酶	重铬酸钾滴定法，以（0.1mol/L KMnO ₄ ml）/（g·20min·37℃）为单位
碱性磷酸酶	磷酸苯二钠法，以酚 mg/（g·24h·37℃）为单位
蔗糖酶	3，5-二硝基水杨酸比色法，以葡萄糖 mg/（g·24h·37℃）为单位
有机质	重铬酸钾-浓硫酸外加热法
全氮	全自动凯氏定氮仪测定
全磷	高氯酸-硫酸-钼锑抗比色法
全钾	NaOH 熔融-火焰光度法
碱解氮	碱解扩散硼酸吸收法
速效磷	碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法
速效钾	NH ₄ OAc 浸提，火焰光度法

水分利用效率的计算方法：

$$WUE[kg/(mm \cdot hm^2)] = Y/ET$$

式中，WUE 为水分利用效率；Y 为经济产量（kg/hm²）；ET 为全生育期内群体蒸散量（农田耗水量）， $ET(mm) = P - \Delta S$ ，其中 P 为作物生长期间的降水量（mm）， ΔS 为收获期与播种期土壤剖面水分含量之差（mm）。

土壤贮水量的计算公式：

$$W(mm) = \sum_{i=1}^{10} W_i \cdot D_i \cdot H_i \times 10/100$$

式中，W 为土壤贮水量（mm）；W_i 为土壤质量含水量（%）；D_i 为土壤容重；H_i 为土层深度；i=1，2，…，10。测定土壤总深度为 200cm，每 20cm 分层，共分 10 层。

农田耗水量的计算：本试验地块地表径流可视为零，地下水埋深 6m 以下，可视为地下水补给量为零；降水入渗深度不超过 2m，可视深层渗漏为零，无灌溉。农田实际蒸散量（ET）采用修正后的农田水分平衡法计算：

$$ET = P - \Delta W$$

式中，ET 为作物生育期耗水量（mm），包括植株蒸腾量与植株间地表蒸发量；P 为该时段降水量（mm）； ΔW 为作物收获期与播种期土壤储水变化量（mm）。

（二）结果与分析

1. 有机培肥对玉米产量及穗部性状的影响

（1）有机培肥对玉米产量的影响

由表 1-2 可以看出，秸秆还田处理的玉米产量较对照有所提高，差异显著；施有机

肥可较对照显著提高玉米产量。2007 年和 2009 年玉米产量随秸秆还田量增加而减少；2008 年随秸秆还田量增加而增加；三年的施加有机肥处理的产量随施有机肥量的增加而增加。

表 1-2 不同处理对玉米产量的影响

处理	2007 年		2008 年		2009 年	
	产量 /(kg/hm ²)	较 CK ₀ 增产/%	产量 /(kg/hm ²)	较 CK ₀ 增产/%	产量 /(kg/hm ²)	较 CK ₀ 增产/%
S ₁₃₅	6977cC	11.86	8227bBC	22.44	7466bB	15.09
S ₉₀	7001cC	12.25	7925bC	17.96	7708bB	18.83
M ₂₂₅	7786aA	24.83	8848aA	31.68	8805aA	35.73
M ₁₅₀	7380bB	18.33	8620aAB	28.29	8699aA	34.10
CK ₀	6237dD		6719cD		6487cC	

注：同列中小写和大写字母分别表示同一年际不同处理差异达 0.05 和 0.01 显著水平。后表同。

S₉₀ 处理的玉米产量在 2007 年高于 S₁₃₅ 处理，而在 2008 年却低于 S₁₃₅ 处理，2009 年又高于 S₁₃₅ 处理，且均大于 CK₀。其原因可能是秸秆还田当年微生物在分解作物秸秆时，吸收了大量的氮素营养，而 S₁₃₅ 处理中的微生物消耗的氮素多于 S₉₀ 处理，造成微生物与作物争氮严重从而降低作物产量，秸秆还田第二年 S₁₃₅ 处理中还田第一年的秸秆已大部分被微生物分解，为微生物和作物提供的养分大于 S₉₀ 处理，从而形成较高产量。2007 年 S₁₃₅ 处理的玉米产量比 CK₀ 的玉米产量高 11.86%；S₉₀ 处理的玉米产量比 S₁₃₅、CK₀ 处理的玉米产量分别高 0.34%、12.25%。2008 年 S₁₃₅ 处理和 S₉₀ 处理的玉米产量比 CK₀ 的玉米产量分别高 22.44% 和 17.96%；S₁₃₅ 处理的玉米产量比 S₉₀ 处理的玉米产量高 3.81%。2009 年 S₁₃₅ 处理和 S₉₀ 处理的玉米产量分别比 CK₀ 的玉米产量高 15.09% 和 18.83%；S₉₀ 处理的玉米产量比 S₁₃₅ 处理的玉米产量高 3.24%。

2007 年 M₂₂₅ 处理和 M₁₅₀ 处理的玉米产量比 CK₀ 处理的玉米产量显著提高 24.83% 和 18.33%；M₂₂₅ 处理的玉米产量比 M₁₅₀ 处理的玉米产量高 5.50%。2008 年 M₂₂₅ 处理和 M₁₅₀ 处理的玉米产量比 CK₀ 处理的玉米产量分别高 31.68% 和 28.29%；M₂₂₅ 处理的玉米产量比 M₁₅₀ 处理的玉米产量高 2.65%。2009 年 M₂₂₅ 处理和 M₁₅₀ 处理的玉米产量比 CK₀ 处理的玉米产量分别高 35.73% 和 34.10%；M₂₂₅ 处理的玉米产量比 M₁₅₀ 处理的玉米产量高 1.22%。

(2) 有机培肥对玉米穗部性状的影响

由表 1-3 可以看出与对照相比，秸秆还田和施有机肥处理可显著提高玉米的千粒重。2007 年和 2008 年处理对玉米穗粗、穗长、穗行数、行粒数的没有显著影响，而 2009 年处理对玉米穗粗、穗长、行粒数有较大的影响，尤其是 M₂₂₅ 处理和 M₁₅₀ 处理，施有机肥处理提高玉米穗粗 1.85%~3.85%、穗长 2.99%~11.79%、行粒数 2.63%~12.12% 和千粒重 15.31%~26.28%，秸秆还田处理仅提高玉米的千粒重 2.98%~22.45%。

表 1-3 有机培肥对玉米穗部性状的影响

年份	处理	穗粗/cm	穗长/cm	穗行数 / (行/穗)	行粒数 / (粒/行)	千粒重 / (g/1000 粒)
2007	S ₁₃₅	5.3	19.9	15	38	274.73
	S ₉₀	5.3	20.4	15	38	275.69
	M ₂₂₅	5.4	19.7	15	39	298.74
	M ₁₅₀	5.4	20	15	39	283.19
	CK ₀	5.2	19.1	15	38	245.6
2008	S ₁₃₅	5.4	21.1	15	39	405.86
	S ₉₀	5.5	20.7	15	39	391
	M ₂₂₅	5.5	20.7	15	39	418.56
	M ₁₅₀	5.5	21.2	15	39	413.45
	CK ₀	5.4	20.1	15	39	331.45
2009	S ₁₃₅	5.4	19.2	16	33	300.7
	S ₉₀	5.2	19.6	16	34	301.33
	M ₂₂₅	5.5	21.6	16	36	343.13
	M ₁₅₀	5.6	21.8	16	37	337.33
	CK ₀	5.2	19.5	16	33	292

2. 玉米水分利用效率及耗水量的变化

(1) 玉米水分利用效率的变化

由表 1-4 可以看出, 秸秆还田处理和施有机肥处理较对照显著提高玉米水分利用效率。2007 年和 2008 年各处理间无显著差异, 2007 年秸秆还田处理与对照之间无显著差异, 2008 年差异显著。2007 年和 2008 年施有机肥处理与对照之间差异显著; 2009 年处理与对照之间差异显著。施有机肥处理的水分利用效率高于秸秆还田处理的水分利用效率。

表 1-4 不同处理对玉米水分利用效率的影响

处理	2007 年		2008 年		2009 年	
	水分利用效率 /[kg/(mm·hm ²)]	较 CK ₀ 增幅/%	水分利用效率 /[kg/(mm·hm ²)]	较 CK ₀ 增幅/%	水分利用效率 /[kg/(mm·hm ²)]	较 CK ₀ 增幅/%
S ₁₃₅	16.56abA	9.74	18.90abA	20.77	22.73bB	11.09
S ₉₀	16.82abA	11.46	18.05bA	15.34	23.92bB	16.91
M ₂₂₅	18.19aA	20.54	19.73aA	26.07	27.82aA	35.97
M ₁₅₀	17.55aA	16.30	19.30abA	23.32	26.42aA	29.13
CK ₀	15.09bA		15.65cB		20.46cB	

2007 年 S₁₃₅ 处理和 S₉₀ 处理的水分利用效率比 CK₀ 的水分利用效率分别提高了 9.74% 和 11.46%。2008 年 S₁₃₅ 处理和 S₉₀ 处理的水分利用效率比 CK₀ 的水分利用效率分别提高 20.77% 和 15.34%。2009 年 S₁₃₅ 处理和 S₉₀ 处理的水分利用效率比 CK₀ 的水分利用效率分别提高了 11.09% 和 16.91%。

2007 年 M_{225} 处理和 M_{150} 处理的水分利用效率比 CK_0 的水分利用效率分别提高了 20.54% 和 16.30%。2008 年 M_{225} 处理和 M_{150} 处理的水分利用效率比 CK_0 的水分利用效率分别提高了 26.07% 和 23.32%。2009 年 M_{225} 处理和 M_{150} 处理的水分利用效率比 CK_0 的水分利用效率分别提高了 35.97% 和 29.13%。

(2) 有机培肥对玉米耗水量的影响

由表 1-5 各处理耗水量看出, 2007 年和 2008 年不同秸秆还田处理 (S_{135} 、 S_{90} 、 CK_0) 间耗水量差异不同, 玉米全生育期耗水量随施有机肥量的增加而升高, 但各处理之间耗水量相差并不显著。2009 年与前两年相比有所下降, 各处理之间无显著差异, 处理与对照之间差异显著。

表 1-5 不同处理对玉米耗水量的影响

(单位: mm)

处理	2007 年	2008 年	2009 年
S_{135}	421.39	435.36	328.50
S_{90}	416.27	439.18	322.22
M_{225}	427.99	448.37	316.54
M_{150}	420.47	446.66	329.27
CK_0	413.32	429.33	317.02

3. 有机培肥对农田土壤水分的影响

(1) 2008 年和 2009 年玉米生育期降雨量变化

由图 1-1 可以看出, 2008 年和 2009 年降雨量变化呈上升—下降—上升的变化趋势。尤其在大喇叭口期降雨量会有所加强, 2009 年在大喇叭口期降雨量达到最大值, 对土层水分含量会有较大影响。

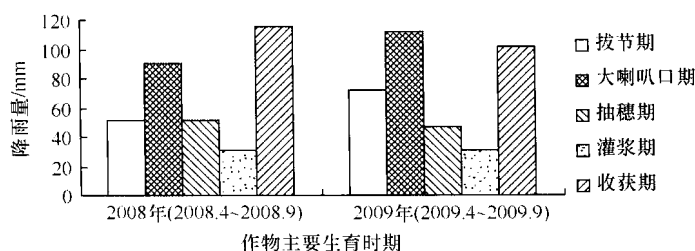


图 1-1 2008 年和 2009 年玉米主要生育时期降雨量的变化情况

(2) 玉米各生育期 0~20cm 土壤水分

由图 1-2 可以看出, 2008 年和 2009 年秸秆还田处理的玉米各生育时期 0~20cm 土壤含水量均高于对照, 说明通过秸秆还田可提高土壤含水量。2008 年和 2009 年玉米大喇叭口期、灌浆期 S_{135} 处理的土壤含水量均高于 S_{90} 处理的土壤含水量。总体看来, 这与秸秆的蓄水保墒能力有关, 高秸秆的蓄水保墒能力大于中秸秆。

由图 1-3 可以看出, 施有机肥处理的玉米各生育时期 0~20cm 土壤含水量均高于对照, 说明通过施有机肥可提高土壤含水量。2008 年在玉米各生育时期 M_{225} 处理的土壤

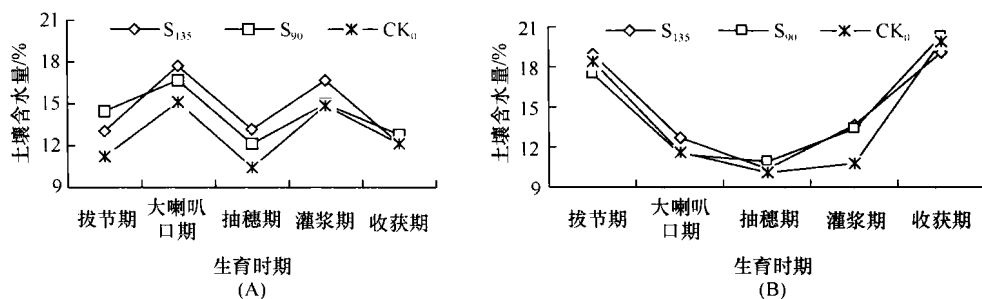


图 1-2 秸秆还田处理玉米地 0~20cm 土壤含水量

(A) 2008 年; (B) 2009 年

含水量高于 M_{150} 处理的土壤含水量,说明在玉米各生育时期随施有机肥增加可提高土壤含水量,增加土壤的蓄水保墒能力。

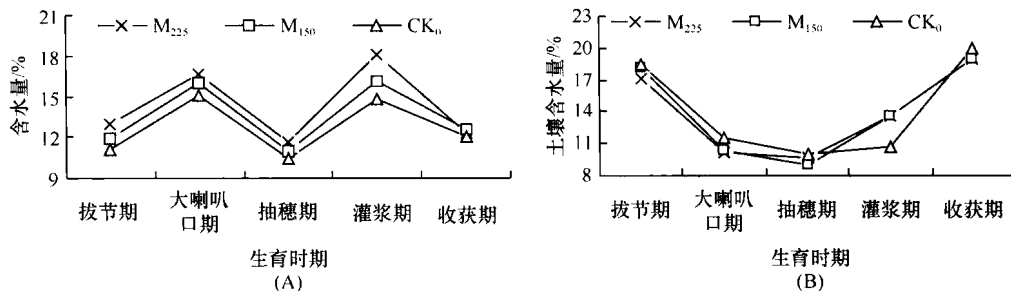


图 1-3 施有机肥处理玉米地 0~20cm 土壤含水量

(A) 2008 年; (B) 2009 年

(3) 玉米拔节期 0~200cm 土壤含水量的变化

秸秆还田处理在玉米拔节期 0~200cm 土壤含水量的变化规律如图 1-4 所示。2008 年不同处理的土壤含水量随土层的加深土壤含水量呈“低—高—低—高”的分布,即

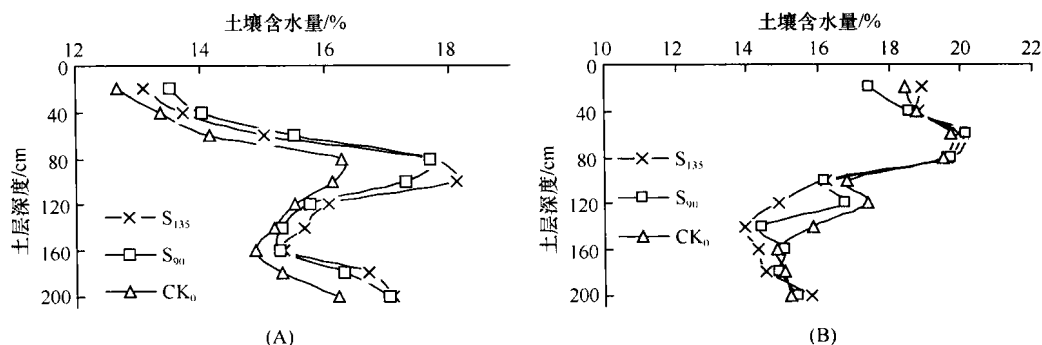


图 1-4 拔节期不同秸秆还田量下土壤水分动态变化

(A) 2008 年; (B) 2009 年

0~60cm、120~160cm 土层土壤含水量低, 土壤含水量在 80~100cm 土层处达到最高。60~200cm 土层 S_{135} 处理的土壤含水量均高于 S_{90} , 各处理均大于对照 CK_0 。其原因可能与作物生长的需水和各处理的蓄水保墒能力有关。2009 年不同处理的土壤含水量随土层的加深呈“低—高一低”的分布, 即 60~80cm 土层土壤含水量高, 含水量在 60cm 土层处达到最高。0~40cm 土层 S_{135} 处理的土壤含水量均高于 S_{90} 和 CK_0 。其原因可能与各处理的蓄水保墒能力有关。

施有机肥处理在玉米拔节期 0~200cm 土壤含水量的变化规律如图 1-5 所示。2008 年不同处理的土壤含水量随土层的加深呈“低—高一低—高”的分布, 即 0~60cm、120~180cm 土层土壤含水量低, 含水量在 80~100cm、180~200cm 土层高。0~120cm 土层 M_{225} 处理的土壤含水量高于 M_{150} 处理的, 各处理的土壤含水量均大于对照 CK_0 。2009 年 M_{225} 处理和 M_{150} 处理的土壤含水量随土层的加深呈“低—高一低—高”的分布, 即 0~60cm 土层土壤含水量高, 含水量在 60cm 土层处达到最高。0~60cm 土层土壤含水量 M_{225} 处理低于 M_{150} 处理, 60~160cm 土层土壤含水量 M_{225} 处理高于 M_{150} 处理, 这与当时的作物生长需水有关。总体看来, 有机肥量的增加可提高土壤含水量, 增加蓄水保墒能力。

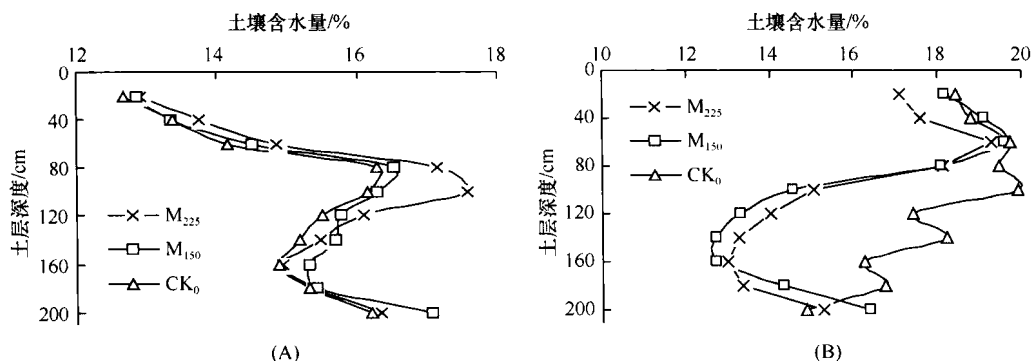


图 1-5 拔节期施有机肥处理下土壤水分动态变化

(A) 2008 年; (B) 2009 年

(4) 玉米大喇叭口期 0~200cm 土壤水分含量的变化

秸秆还田处理在玉米大喇叭口期 0~200cm 土壤含水量的变化规律如图 1-6 所示。2008 年不同处理的土壤含水量随土层的加深呈“低—高一低—高”的分布, 即 0~40cm、100~160cm 土层土壤含水量低。0~200cm 土层 S_{135} 处理的土壤含水量均高于 S_{90} , 各处理均大于对照 CK_0 。2009 年不同处理的土壤含水量随土层的加深呈“低—高一低”的分布, 即 0~40cm、120~200cm 土层土壤含水量低, 80~120cm 土层土壤含水量高。这说明在玉米大喇叭口期高量秸秆还田可比低量秸秆还田提高土壤含水量。

施有机肥处理在玉米大喇叭口期 0~200cm 土壤含水量的变化规律如图 1-7 所示。2008 年不同处理的土壤含水量随土层的加深土壤含水量呈“低—高一低—高”的分布, 即 0~20cm、120~140cm 土层土壤含水量低, 60cm 土层土壤含水量高。2009 年 M_{225}

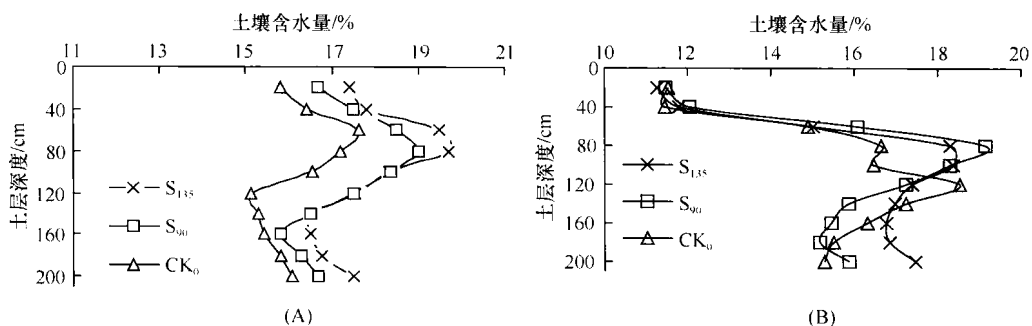


图 1-6 大喇叭口期不同秸秆还田量下土壤水分动态变化

(A) 2008 年; (B) 2009 年

处理和 M₁₅₀ 处理的土壤含水量随土层的加深土壤也呈“低—高—低—高”的分布，即 0~40cm、140~180cm 土层土壤含水量低，80~120cm 土层土壤含水量高。120~160cm 的土层中三种耕作处理的含水量都在逐渐减小，CK₀ 处理 > M₁₅₀ 处理 > M₂₂₅ 处理，以 M₂₂₅ 处理的下降幅度最大。

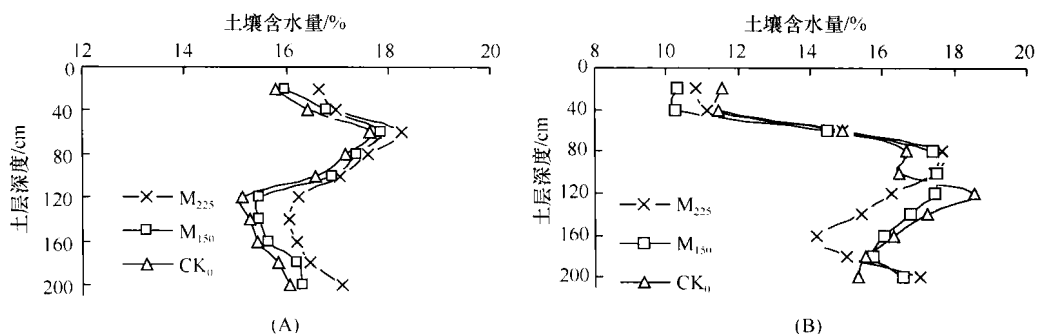


图 1-7 大喇叭口期施有机肥处理下土壤水分动态变化

(A) 2008 年; (B) 2009 年

(5) 玉米抽穗期 0~200cm 土壤水分含量的变化

秸秆还田处理在玉米抽穗期 0~200cm 土壤含水量的变化规律如图 1-8 所示。2008 年不同处理的土壤含水量随土层的加深呈“低—高—低”的分布，即 0~80cm 土层土壤含水量呈上升趋势，80~100cm 土层土壤含水量呈下降趋势。80cm 土层土壤含水量最大。0~200cm 土层土壤含水量高低顺序为 S₁₃₅ 处理 > S₉₀ 处理 > CK₀ 处理。2009 年不同处理的土壤含水量随土层的加深也呈“低—高—低”的分布，即 0~40cm 土层土壤含水量低，40~100cm 土层土壤含水量呈上升趋势，100~200cm 土层 S₁₃₅ 处理和 S₉₀ 处理土壤含水量趋于稳定。

施有机肥处理在玉米抽穗期 0~200cm 土壤含水量的变化规律如图 1-9 所示。2008 年不同处理的土壤含水量随土层的加深土壤含水量呈“低—高—低—高”的分布。0~80cm 施有机肥处理土壤含水量逐渐升高，80~120cm 施有机肥处理土壤含水量逐渐降

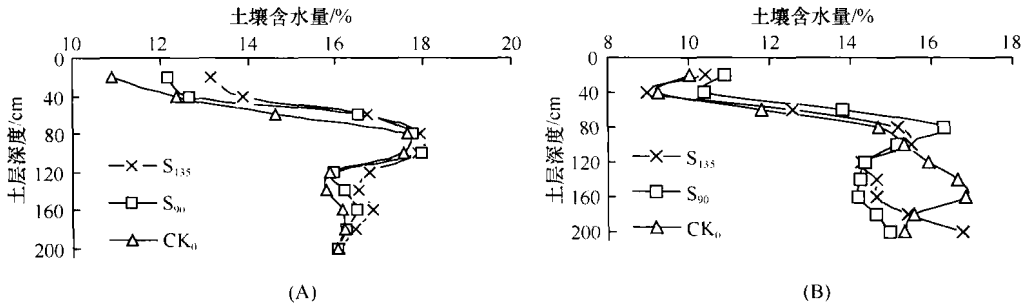


图 1-8 抽穗期不同秸秆还田量下土壤水分动态变化

(A) 2008 年; (B) 2009 年

低。0~200cm 施有机肥处理土壤含水量高低顺序为 M_{225} 处理 $> M_{150}$ 处理 $> CK_0$ 处理。2009 年 M_{225} 处理和 M_{150} 处理的土壤含水量随土层的加深也呈“低—高—低—高”的分布，即 0~40cm 土层土壤含水量低，40~80cm 土层土壤含水量呈上升趋势，80~200cm 施有机肥处理土壤含水量 M_{225} 处理与 M_{150} 处理均低于对照 CK_0 ， M_{225} 处理下降幅度最大，可能与作物生长状况和作物生长需水量有关。

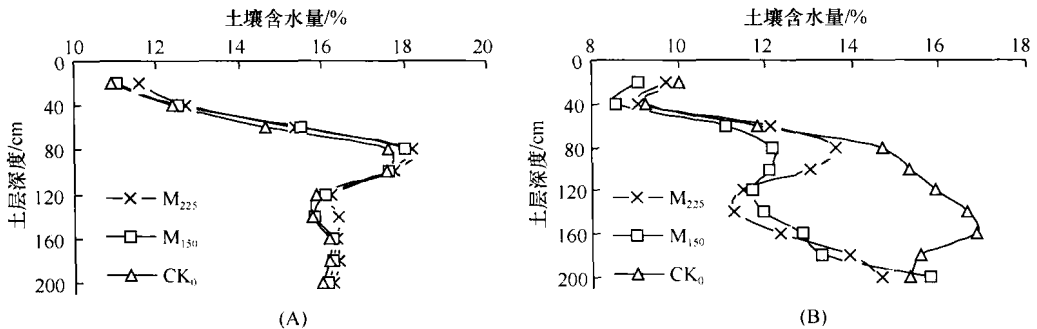


图 1-9 抽穗期施有机肥处理下土壤水分动态变化

(A) 2008 年; (B) 2009 年

(6) 玉米灌浆期 0~200cm 土壤水分含量的变化

秸秆还田处理在玉米灌浆期 0~200cm 土壤含水量的变化规律如图 1-10 所示。2008 年不同处理的土壤含水量随土层的加深呈“高一低—高”的分布，即 0~100cm 土层土壤含水量呈下降趋势。0~200cm 土层土壤含水量高低顺序为 S_{135} 处理 $> S_{90}$ 处理 $> CK_0$ 处理，这与作物生长需水量和土壤蓄水保墒能力有关。2009 年 S_{135} 处理和 S_{90} 处理的土壤含水量随土层的加深呈“低—高—低—高”的分布，即 0~40cm 土层土壤含水量低，40~80cm 和 120~200cm 土层土壤含水量呈上升趋势。0~80cm 土层 S_{135} 处理的土壤含水量最大，这与蓄水保墒能力、作物生长需水量和降雨量有关，说明在玉米灌浆期高量秸秆还田与低量秸秆还田相比，更能提高土壤含水量。

施有机肥处理在玉米灌浆期 0~200cm 土壤含水量的变化规律如图 1-11 所示。2008