

黑龙江风沙土区不同耕作措施对玉米地 土壤水分及产量的影响

王孟雪, 张有利, 张玉先

(黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:针对黑龙江省西部风沙土区干旱频繁发生、土壤风蚀严重的特点,采取打茬播种、旋耕播种、免耕等不同保护性耕作措施,与当地传统耕作的玉米进行对比试验。结果表明:旋耕措施对土壤含水量具有显著改善作用。旋耕处理土壤结构较好,能够有效接纳降水,增大储水库容;免耕条件下对土壤水分的影响主要表现在玉米生长前期及中期,免耕处理耕作次数较其它处理少,在春季保持了底层土壤水分。旋耕处理的玉米产量最高,与对照相比增加了 31.2%;其次为打茬播种处理,产量比对照增加了 13%;免耕处理的玉米产量最低,与对照相比产量降低了 20.4%。

关键词:玉米;耕作;土壤含水量;产量

中图分类号:S152.7;S513

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0245-04

Effect of Different Tillage Patterns on Soil Moisture and Yield of Corn in Sandificational Area of Heilongjiang Province

WANG Meng-xue, ZHANG You-li, ZHANG Yu-xian

(Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China)

Abstract: For the features of frequent droughts and serious soil erosion in sandificational area of Heilongjiang Province, the conservation tillage of fight stubble, rotary tillage and no-tillage were comparison with the local traditional tillage. The results showed that the soil moisture was improved significantly by rotary measure. Under the condition of rotary treatment, structure of soil was better and able to retain the precipitation effectively for increasing the capacity of water storage. The effects on soil moisture were mainly at prophase and medium-term of maize growth. In spring no-tillage treatment effectively kept the soil moisture because the times of farming were less than other treatments. The corn yield of rotary treatment was the highest and increased by 31.2% compared with the traditional one. The yield of fight stubble treatment was increased by 13% compared with the traditional one. The corn yield of no-tillage was the lowest and reduced by 20.4% compared with the control treatment.

Key words: corn; tillage; soil moisture; yield

在农业生产中,不同的农业耕作措施会对农田土壤产生不同的影响。传统耕作方式的耕翻耙压导致了土壤结构性能恶化,随着土壤被犁翻次数的增多,造成了土壤有机质的损失,加剧了表层土壤水分的流失和风蚀,从而导致农田土壤退化^[1]。玉米是黑龙江省西部风沙土区主要栽培作物之一^[2],但由于气候干旱、土壤贫瘠、施肥不合理等原因,使该区玉米产量始终处于较低的水平,因此如何采取适宜的栽培技术措施,充分发挥其生产力,是当前风沙土区玉米生产进

一步获得高产的关键^[3-4]。采取不同的耕作方式,研究耕作方式对玉米各生育阶段土壤水分的影响,开展农田需水规律的研究,提高农田水分利用效率,都具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2010 年 5—10 月在黑龙江省大庆市杜尔伯特蒙古族自治县农业科技园区进行。试验地位于

收稿日期:2011-05-13

修回日期:2011-06-22

资助项目:国家科技支撑计划项目“松嫩—三江平原粮食核心产区农田水土调控关键技术与示范”(2009BADB3B00)

作者简介:王孟雪(1978—),女,黑龙江人,硕士,讲师,主要从事农业水土工程研究。E-mail:wangmengxue1978@163.com

通信作者:张玉先(1968—),男,黑龙江人,教授,从事作物耕作与栽培技术研究。E-mail:zyx_lxy@126.com

黑龙江省西南部,地处温带半干旱草原地带,土壤以风沙土为主。1 m 土层的平均田间持水量为 24%,玉米地凋萎含水量为 7%~14%(以上均为重量含水量),平均干容重为 1.35 g/cm³。春季风大,气候干燥;夏季由于受东南季风影响,天气温和,降水集中;秋季凉爽,常有早霜,常刮偏北风,天气寒冷。降水量较少,夏季 6—8 月是降水集中期,占全年降水量 70%,秋季次之,春季少于秋季,冬季最少。大风加速了水分的蒸发,土壤表面组成物质在大风持久的作用下容易发生风蚀,土壤易干旱,对农业生产不利,尤其是春季干旱、大风、扬沙天气经常发生。试验前茬作物为大豆。

1.2 试验设计

供试玉米品种为吉农 302,采取随机区组设计,共 4 个处理(表 1),每个小区面积 667 m²,3 次重复。5 月 13 日播种,施 450 kg/hm² 磷酸二铵复合肥作基肥;在大喇叭口期追施尿素一次,施肥量共 750 kg/hm²。中耕锄草 2 次(定苗后和拔节期),均采用人工除草。6 月 18 日喷灌一次,喷灌水量 20 m³/hm²。各处理种植密度均为 30 万株/hm²,其它管理同当地大田。

表 1 不同试验处理及种植方式

处理号	处理	种植方式
1	破垄种(CK)	当地传统耕作方法,春季翻耕后播种玉米
2	打茬播种	秋季翻耕打茬,打茬长度 10 cm
3	旋耕播种	春季采用旋耕机械旋耕,土壤深度 15 cm
4	免耕播种	春季免耕直接播种玉米

1.3 调查项目及测定方法

(1)生育进程。查看玉米出苗率,记录玉米拔节期、大喇叭口期、抽雄期、灌浆期、成熟期。

(2)测产及考种。2010 年 09 月 19 日田间小区收获测产。产量测定方法采用样点法测定理论产量。样点面积 6.67 m²。行距 65 cm,取样长度为单行 10.3 m。每个小区随机取两点进行玉米产量的测定,每点各取 10 株进行考种。考种时对单个果穗重、穗行数、穗粒数、百粒重等产量构成因素进行测量。

(3)土壤含水量测定。在玉米各主要生育期内测定土壤水分含量。由于试验地点土壤下层结构较紧实,而且地下水位较低,故只对 0—60 cm 深度土壤含水量用土钻法进行了测定。选择位于小区中部,垄背向 5~7 cm 距离处采集土样。每个深度测量 3 次,剖面共分 6 个层次,0—10,10—20,20—30,30—40,40—50,50—60 cm。

(4)试验区全生育期降水量见图 1。试验年度 2010 年 4—9 月降雨量的高低对作物生长及产量的

提高有重要意义。2010 年全生育期降水量分配不均,春季播种后降水量较高,与历年同期相比降水较为丰富。6 月降水较少,7 月降水偏多。

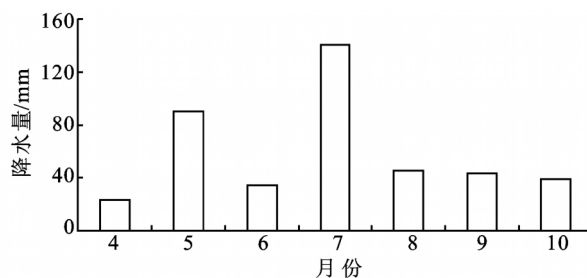


图 1 2010 年 4—9 月降雨量分布情况

2 结果与分析

2.1 不同耕作措施土壤含水量的变化

2.1.1 苗期土壤水分变化 5 月 22 日取土,测定苗期土壤含水量,如图 2 所示。

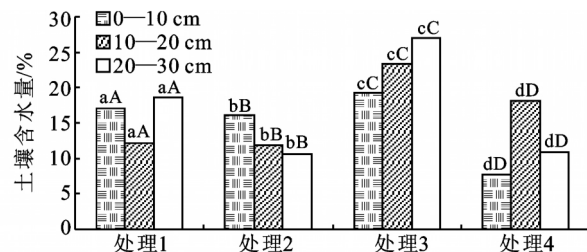


图 2 不同处理对玉米苗期不同土层土壤含水量影响

苗期主要测定耕层土壤含水量,不同耕作处理对土壤水分影响效果显著,各处理间相同土壤深度内土壤水分含量均达到了 1% 的极显著差异(图 2)。在 0—30 cm 土层内,旋耕播种处理土壤含水量均呈较高水平。春季播种后降水较频繁,在旋耕条件下,增加了水分的下渗,土壤水分含量较高。10—20 cm 土层内,免耕播种处理含水量较对照高 49.1%,表现出较强的储水能力,但在表层土壤中储水量较低。在玉米的播种至苗期,土壤水分的消耗主要是用于作物发芽和土壤蒸发,其中土壤蒸发所占水分消耗比重较大^[5]。打茬播种处理的 0—10 cm 土层内土壤水分较高,这主要是因为覆盖可以在田面形成了阻隔水热交换的障碍层提高其抑制蒸发率,因此水分含量较大。从各处理的含水率差异可以看出苗期水分充足情况下残茬作用可以影响土壤水分深度略小于免耕影响的范围。

2.1.2 大喇叭口期土壤水分变化 6 月 30 日测定各层土壤含水量如图 3 所示,0—10 cm 的表层土壤中,免耕条件下的土壤水分含量最高;在 20—30 cm 土层内,处理 3,4 的土壤水分均高于对照及打茬播种处理。不同播种处理条件下,在 40—50 cm 土层深度内,各处理的土壤含水量达到了 5% 的显著性差异,

其他各土层深度内,各处理间土壤含水量均达到了1%的极显著差异。大喇叭口期测定水分,此时已全面进行了中耕。农业生产上,第一次中耕处理主要目的为增加下层土壤温度,以及除去苗期杂草,为幼苗的发展提供在充分的条件^[5-6]。在0—30 cm土层内,免耕处理的水分处于最高水平,其次为旋耕处理,而对照及打茬播种处理的土壤水分相对较低。

打茬播种处理中,土壤耕作次数较多,由于土壤坚实,容重较大,土壤表面紧密,表面切断土壤毛细管,一定程度上防止了水分的蒸发,水分含量高于没有处理的,其影响范围在30—40 cm。耕作次数较多,会使表层土壤含水量下降,导致土壤坚实,不利于水分的转移,对于北方风沙土区干旱作物生长可能造成不利影响。

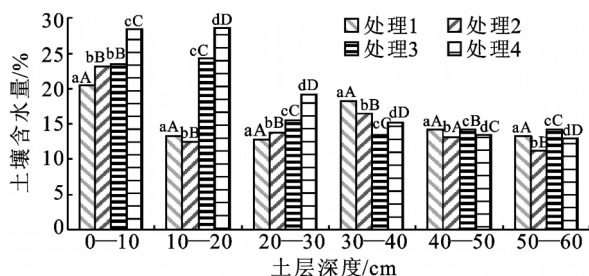


图3 不同处理对玉米大喇叭口不同土层土壤含水量影响

2.1.3 抽雄期土壤水分变化 7月26日降水35 mm,有效降水后7月27日测定土壤水分状况。0—30 cm土层内,打茬播种处理的土壤水分最高,达到了过饱和状态,土壤内水分入渗较为缓慢。旋耕处理条件下,下层土壤中水分含量较高,能更好地吸收利用天然降水,提高了降雨的入渗率。而免耕播种处理的各层土壤内水分含量均较低,处于较为稳定的水平。由于免耕处理方式不进行中耕,当降雨较强时下渗少,土壤中水分没有达到过饱和状态(图4)。

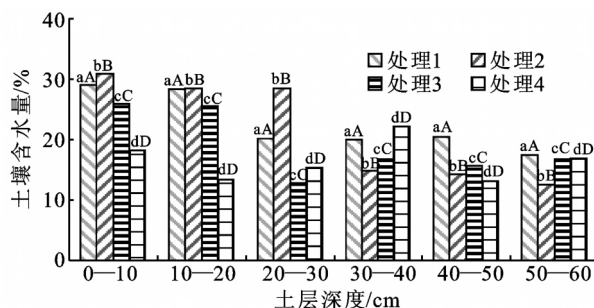


图4 不同处理对玉米抽雄期不同土层土壤含水量影响

2.1.4 灌浆期土壤水分变化 8月23日测定土壤水分(图5)。前期20 d无有效降水,土壤干旱。破垄种及免耕播种条件下的表层土壤水分含量较高,随着深度的增加水分含量呈下降趋势,这是由于前期降水较少,下层土壤中水分大量向表层蒸发。打茬播种的

土壤水分含量最高值出现在50—60 cm土层深度内,其次在10—20 cm深度内,其他深度内水分含量较低。旋耕条件下的土壤水分含量最高处出现在30—50 cm土层深度内。旋耕由于土壤较为疏松,前期储存了大量的水分,即使在较为干旱的条件下,土体中仍有充足的水分供应。

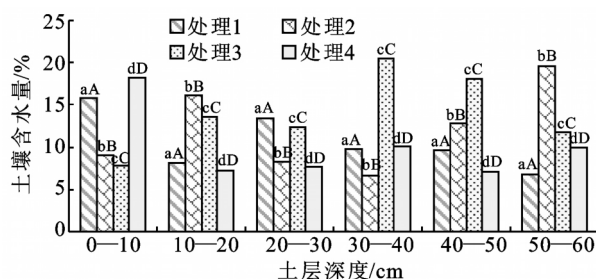


图5 不同处理对玉米灌浆期不同土层土壤含水量影响

2.1.5 收获期土壤水分测定 9月19日测定各层土壤含水量如图6所示,收获期土壤水分含量最高的为旋耕处理,特别是耕层内土壤水分出现峰值。其他各处理的土壤含水量峰值均出现在20—40 cm土层内。旋耕处理的玉米成熟较其他处理晚,前期土壤水分充足,提供了良好的土壤环境,因此收获期该处理小区覆盖度较大,减少了玉米棵间蒸发,土壤水分含量较高。免耕处理的玉米成熟最早,此时棵间蒸发较大,降低了土壤水分。

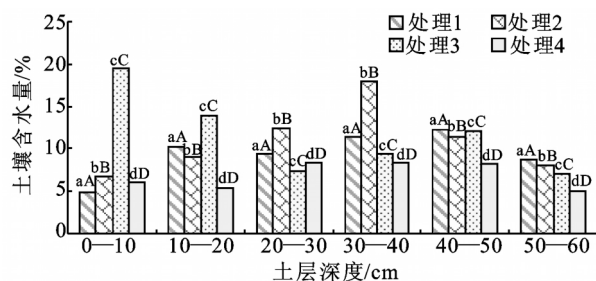


图6 不同处理对玉米收获期不同土层土壤含水量影响

2.2 玉米产量分析

2.2.1 不同耕作方式对玉米产量的影响 2010年9月19日田间小区收获测产。产量计算结果见表2。旋耕处理的玉米产量最高,与对照相比增加了31.2%,其次为打茬播种处理,产量比对照增加了13%;免耕处理的玉米产量最低,与对照相比产量降低了20.4%;旋耕条件下玉米产量与其他处理间差异均达到了5%的显著程度。

2.2.2 不同耕作方式对玉米生物性状的影响 收获期测定玉米生物性状,茎粗及干物质质量见表3所示。旋耕播种处理的玉米茎粗与干物质质量均为最高。打茬播种处理及旋耕处理的玉米干物质质量与对照相比达到了5%的显著性差异。免耕处理的玉米生物性

状较差,茎粗与其他处理间均达到了 1%的极显著差异。免耕处理由于前期储存水分的能力较弱,因此影响了后期玉米的干物质累积。通过成熟度调查,免耕处理的玉米成熟期比其他处理提前。

表 2 不同处理玉米产量构成

处理	重复	株距/m	株数/ (株·hm ⁻²)	粒数 (粒/穗)	千粒重/g	产量/ (kg·hm ⁻²)	均值
CK	I	0.37	2800	644	282.6	5066.3	5418.1abA
	II	0.33	3100	617	296.3	5706.1	
	III	0.34	3000	606	298.6	5481.8	
打茬播种	I	0.32	3200	582	340.9	6386.1	6123.0abA
	II	0.35	2900	546	294.9	4738.5	
	III	0.31	3300	685	318.3	7244.4	
旋耕播种	I	0.37	2800	579	419.8	6766.4	7107.1aA
	II	0.34	3000	592	448.1	8036.3	
	III	0.41	2500	687	377.7	6518.6	
免耕	I	0.34	3000	479	285.8	3833.1	4311.4bA
	II	0.32	3200	491	320.6	5066.8	
	III	0.4	2600	514	304.8	4034.2	

表 3 玉米收获期生物性状

处理	茎粗/cm	干物质(g/株)
CK	7.97aA	573.33aA
打茬播种	7.60aA	475.00abA
旋耕播种	7.83aA	520.00abA
免耕	6.51bB	350.00bA

玉米果穗的形态特征将影响玉米的产量。测定的果穗长度、粒数、风干重等数值则是玉米增产的主要特征。从表 4 的试验数据来看,旋耕耕作体系与传统耕作体系相比,果穗长度、粒数、风干重的数值高。打茬播种耕作体系的各项指标值与传统耕作相比差距较小。上述果穗形态特征说明玉米旋耕体系果穗的形态特征最好,产量也高。

表 4 不同处理玉米果穗特征

处理	穗粗/cm	穗长/cm	粒数(粒/穗)	风干重(g/穗)
CK	6.0	20.3	622	190.02
打茬播种	5.3	18.7	604	180.56
旋耕播种	6.6	19.1	619	220.37
免耕	4.6	17.3	495	140.94

3 结 论

3.1 耕作措施对土壤水分效应

通过对不同耕作措施下玉米各生育阶段土壤含水量的分析,免耕措施和旋耕措施对土壤含水量具有显著影响。

在播种至苗期,土壤水分的消耗主要是用于作物发芽和土壤蒸发,其中土壤蒸发所占水分消耗比重较大,苗期水分充足情况下残茬作用可以影响土壤水分深度略小于免耕影响的范围^[7-8]。免耕处理耕作次数

较其他处理要少,在春季保持了底层土壤水分,中耕后,土层疏松,下层土壤水分向上蒸发,上层承接降水,土壤水分迅速增加。旋耕处理土壤结构较好,能够有效接纳降水,增大储水库容。

对于风沙土区,在玉米生育中期免耕及旋耕处理的土壤结构较好,土壤疏松,在强降水后,入渗及蒸发速度均较其他处理迅速。而耕作次数较多的处理,土壤相对板结,结构性差,不利于水分的运移。

在玉米生育后期,各种耕作措施对土壤水分的影响更加明显。免耕处理条件下,土壤表层有较多覆盖物,组织水分大量蒸发,导致上层土壤内水分含量较高,下层土壤内由于前期降水量较少,而且储存水量也较少,表现出较低的水平。打茬播种及旋耕处理条件下,增加了土壤的储水库容,前期土壤水分向下层入渗较多,因此土壤内水分含量较高。

3.2 耕作措施对玉米产量效应

在 2010 年试验中,旋耕耕作体系表现了较强的储水能力,增大了土壤的储水库容,为后期玉米的生物量累积创造了良好的水土环境。旋耕处理的玉米产量最高,与对照相比增加了 31.2%;其次为打茬播种处理,产量比对照增加了 13%;免耕处理的玉米产量最低,与对照相比产量降低了 20.4%。免耕播种对于该区在理论上是比较适宜的耕作方式,保苗率较高。但 2010 年试验由于免耕机械改装的问题,种子与肥料的播种效果较差,导致了免耕处理小区缺苗率较高,导致产量下降。此外,2010 年春季播种后,降水量与历年同期相比较丰富,免耕措施的优势没有发挥出来。具体的实施效果应在下一年的试验阶段,对机械的改装基础上研究该耕作体系的保墒效应。

序列 ϵ_t 在极显著水平下为白噪声,模型有效。同时,通过对郑州市 2006—2008 年降水量的预测值与实际值比较发现(表 2),预测值与实际值差异较小,说明 ARIMA(2,1,2)模型具有较高的预测精度,可用于郑州市年降水量的预测。此外,从拟合值与实测值的曲线图(图 1)来看,模型预测值与实测值拟合较好,除在个别年份差异稍大外(如 1953 年和 1968 年),其他年份误差都很小,这也表明了模型拟合的结果是可靠的。

表 2 郑州市降水模型 ARIMA(2,1,2)预测精度分析

年份	实测值/mm	模拟值/mm	绝对误差/mm	相对误差/%
2006	692.6	648.5807	-44.02	-6.36
2007	596.4	599.3135	2.91	0.49
2008	658.2	663.0702	4.87	0.74

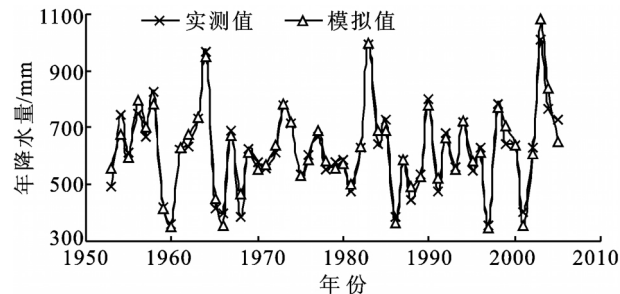


图 1 郑州市年降水量模拟值和实测值比较

3 结论

通过对 1951—2005 年郑州市年降水量进行时间序列分析,在对数据进行预处理、模式识别、参数估计和模型检验的基础上,选择了 ARIMA(2,1,2)模型对郑州市年降水量进行模拟与预测。

(1)除在个别年份模拟值与实测值差异稍大外

(如 1953 年和 1968 年),其他年份误差都很小,这说明该模型拟合效果较好、结果可靠。

(2)利用该模型对 2006—2008 年郑州市年降水量进行预测,预测值与实际值差异较小,相对误差基本控制在 10%以内,说明 ARIMA(2,1,2)模型具有较高的预测精度,可用于郑州市年降水量的预测。

但考虑到降水是一个复杂多变的动态系统,受地区维度差异、气温变化、植被覆盖、流域分布等多因素的综合影响,该模型虽然对郑州市年降水的预测较为精确,但是否适用于其他地区,还有待进一步验证。

参考文献:

- [1] 李春晓. 郑州市水资源极度短缺,人均占有量不足全国 1/10[N]. 东方今报,2011-03-03(A10).
- [2] 王友贺,谷秀杰,师丽魁,等. 郑州市降水特征分析与水资源问题初探[J]. 气象与环境科学,2007,30(3):61-64.
- [3] 张杰,刘小明,贺玉龙,等. ARIMA 模型在交通事故预测中的应用[J]. 北京工业大学学报,2007,33(12):1295-1298.
- [4] Box G E P, Jenkins G M. Time series analysis: Forecasting and control[M]. San Francisco: San Francisco Press,1978.
- [5] 刘贤赵,邵金花. 烟台地区降水量的 ARIMA 随机模型研究[J]. 数学的实践与认识,2006,6(8):8-12.
- [6] 唐启义,冯光明. DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [7] 卫小英,霍丽骊. 博克思—詹金斯预测方法简介[J]. 预测,1984(Z1):35-39.
- [8] 赵亮,吴艳乔,雷海科,等. 运用 ARIMA 模型对我国人均卫生费用的预测[J]. 现代预防医学,2010,7(3):410-412.

(上接第 248 页)

参考文献:

- [1] 李成军,吴宏亮,康建宏,等. 玉米保护性耕作措施水温效应及其产量效果分析[J]. 玉米科学,2010,18(3):129-133.
- [2] 李取生,李晓军,李秀军. 松嫩平原西部典型农田需水规律研究[J]. 地理科学,2004,24(1):109-114.
- [3] 陈凤,蔡焕杰. 秸秆覆盖条件下玉米需水量及作物系数的试验研究[J]. 灌溉排水学报,2004,23(1):41-43.
- [4] 张英普,何武全,韩健. 玉米不同生育期水分胁迫指标

[J]. 灌溉排水,2001,20(4):18-20.

- [5] 黄春艳,王宇,黄元炬,等. 不同耕作模式对玉米田杂草发生规律的影响[J]. 玉米科学,2010,18(4):103-107.
- [6] 洪晓强,赵二龙. 秸秆覆盖对农田土壤水分及玉米生长的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(8):177-179.
- [7] 张强,晋清源,杨晋玲,等. 旱地玉米地膜覆盖施肥技术的研究[J]. 干旱地区农业研究,1994,12(2):27-31.
- [8] 卜玉山,苗果园,邵海林,等. 对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J]. 作物学报,2006,32(7):1090-1093.