

# 作物生长指标与土壤水分状况及地温关系研究

郑和祥<sup>1</sup>, 郭克贞<sup>1</sup>, 郝万龙<sup>2</sup>

(1. 水利部牧区水利科学研究所, 呼和浩特 010020; 2. 呼和浩特市水文勘测局, 呼和浩特 010020)

**摘 要:** 作物生长指标与土壤水分、地温的关系是制定灌溉制度的重要依据, 对于提高水分利用效率、改善作物生长状态具有重要的意义。根据试验资料重点分析土壤水分、土壤温度以及采用覆膜、保水剂等农艺措施对青贮玉米株高、茎粗和产量的影响, 结果表明: 对于喜热、喜水的青贮玉米使用覆膜技术最好, 覆膜能同时提高地温和保持土壤水分, 其次是使用保水剂浸种比使用沟施保水剂效果好; 影响地温变化的主要因素是气温和土壤水分, 充分灌溉在提供作物生长所需足够水分的同时, 降低了地温, 不利于作物生长, 因此对于水资源相对紧缺的北方寒冷地区, 可适当采用非充分灌溉。

**关键词:** 覆膜; 保水剂; 青贮玉米; 生长指标; 地温

中图分类号: S152.7+5; S161.2+1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0210-03

## Study on the Relation of Soil Moisture and Soil Temperature to Crop Growth

ZHENG He-xiang<sup>1</sup>, GUO Ke-zhen<sup>1</sup>, HAO Wan-long<sup>2</sup>

(1. Institute of Water Resources for Pastoral Area, Ministry of Water Resources, Huhhot 010020, China;

2. Hydrological Survey Bureau of Hohhot City of Inner Mongolia, Huhhot 010020, China)

**Abstract:** Crop growth and soil moisture, soil temperature are of importance for design of irrigation schedule and are significant for improving water use efficiency and crop growth. The influences of soil moisture, soil temperature, laminating and super absorbent polymer on stem diameter and yield of silage corn were analyzed based on the experimental data. The results show that: plastic film mulch is the best technology of corn silage that is fond of heat and water, plastic film mulch can maintain soil temperature and soil moisture, followed by use of super absorbent polymers that is immersed seed than used channel. The air temperature and soil moisture are major factors of the changes soil temperature, sufficient irrigation is not good to crop growth because adequate water reduced the soil temperature, therefore, non-sufficient irrigation can be used in relative shortage of water resources in northern and cold regions.

**Key words:** plastic film mulch; super absorbent polymer; silage corn; crop growth; soil temperature

水是作物生长的基本条件之一, 农田水分状况不仅直接影响作物的生理活动, 而且会通过农田小气候和农业技术措施等影响作物产量<sup>[1-2]</sup>。在干旱半干旱地区, 提高水的有效利用率是农牧业可持续发展的重要问题, 通过优化灌溉水管理以及使用保水剂、抗旱剂、覆膜等农艺措施可有效提高水分生产率和水分利用效率<sup>[3-5]</sup>。研究表明土壤水分、地温对作物的生长发育有显著的影响, 并最终影响作物产量, 而田间土壤水分的变化过程不仅与土壤特性有关, 还与地温和采用的保水剂、覆膜等农艺措施有关, 各因素之间是相互影响和制约的关系<sup>[6-7]</sup>。因此有必要对作物生长

指标与土壤水分、地温以及采用的各项农艺措施的关系进行研究。

## 1 试验设计

田间试验在内蒙古锡林浩特市牧区节水灌溉试验站进行, 该试验站位于锡林浩特市以西 7 km 的达布希勒特苏木境内, 试验地土壤为沙壤土, 气候类型属于温带半干旱大陆性气候, 干燥少雨, 全年降水量 300~360 mm; 蒸发强烈, 蒸发量 1 750~2 100 mm; 全年平均气温 0~1℃, 全年≥10℃的积温 1 750℃; 无霜期 90~115 d, 日照时数 2 750 h; 地下水埋深 12 m 左右。

根据当地的自然条件及土壤环境特性, 选择中科 6 号青贮玉米作为试验材料, 其特点是高产、优质、抗病、耐旱, 生育期 90~ 95 d; 青贮玉米是奶牛必备的黄金饲料, 在北方牧区需求量较大。

对青贮玉米设 7 种不同的试验处理, 每种处理 3 个重复, 共计 21 个试验小区。分别为高水(充分灌溉): 灌溉定额为充分灌溉的 100%。充分灌溉的灌水定额和灌水日期根据土壤含水率控制, 含水率下限为田间持水量的 70%。中水(轻度缺水): 灌溉定额为充分灌溉的 60%。低水(中度缺水): 灌溉定额为充分灌溉的 40%。大田漫灌为对照处理(CK)。另外 3 种不同的处理为采用不同的农艺措施, 分别为覆膜、保水剂浸种和沟施保水剂, 灌水水平为高水。青贮玉米各试验处理见表 1。

表 1 青贮玉米试验处理

处理编号	试验处理	灌水水平
1	高水	充分灌溉
2	中水	充分灌溉的 60%
3	低水	充分灌溉的 40%
4	CK	漫灌
5	覆膜	充分灌溉
6	保水剂浸种	充分灌溉
7	沟施保水剂	充分灌溉

注: 充分灌溉的灌水定额和灌水日期根据土壤含水率控制; CK 为大田漫灌, 采用当地牧民实际的灌水定额和灌水日期。

各试验处理的土壤含水率采用土壤水分速测仪测定, 并结合土钻取土样, 采用烘干称重法测定, 每 10 d 观测 1 次, 雨后及灌水前后加测; 土壤含水率按 0- 20, 20- 40, 40- 60, 60- 80, 80- 100 cm 分层进行测定。采用 HOBO 小型自动气象站进行农田小气候监测, 同时测定各试验处理的地温, 分 4 层测定, 分别为 0- 10, 10- 20, 20- 30, 30- 40 cm。详细记录每个试验处理的灌水时间和灌水定额; 测定青贮玉米每个生育期的生长指标: 株高、茎粗和产量。

2 不同处理对青贮玉米生长指标的影响

2.1 不同处理对青贮玉米株高的影响

对青贮玉米每个生育期的株高进行测定, 每个处理选择代表性植株定位观测, 采用其平均值绘制青贮玉米株高随日期的生长过程见图 1。从图中可以看出, 不同灌溉水平对青贮玉米株高影响总体趋势是一致的, 是由快到慢的生长趋势, 各处理的最高平均增长率不同, 在整个生育期内, 其中抽穗期株高增长率最大, 其增长速率最大可达 3. 02 cm/d, 高水处理生长速率比中水处理、低水处理分别高 13. 17% 和 35. 12%, 到了开花期则生长趋于缓慢, 此时由营养生长开始转向生殖生长, 用于株高和叶片的同化物减

少, 使其生长速率下降。从图 1 中可以看出, 同一灌溉水平使用不同的技术处理株高的变化对比, 使用覆膜技术最好, 这是由于青贮玉米是喜热、喜水性植物, 覆膜能同时提高地温和保持土壤水分, 其次是使用保水剂浸种比使用沟施保水剂效果好, 这是由于保水剂浸种更有效地保持有效土壤水分, 这三种技术处理均比 CK 处理要好。不同灌溉水平和使用不同的技术处理株高的变化对比, 从高到低依次为覆膜、高水、保水剂浸种、沟施保水剂、CK、中水和低水。

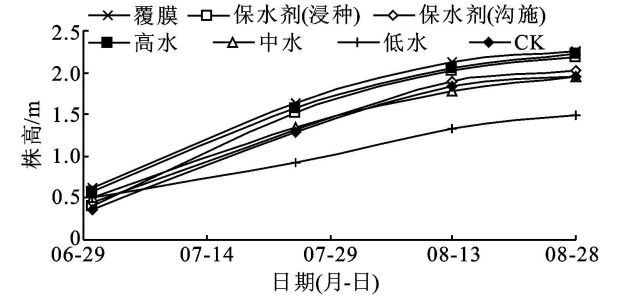


图 1 各处理株高的变化曲线

2.2 不同处理对青贮玉米茎粗的影响

在田间试验中对青贮玉米的每个生育期的茎粗进行测定, 每个处理选择代表性植株定位观测, 采用其平均值绘制青贮玉米茎粗随时间的生长过程见图 2。从图中可以看出, 不同灌溉水平对青贮玉米茎粗影响总体趋势都是由快到慢, 各处理的最高平均增长率不同, 在整个生育期内, 其中抽穗期茎粗增长率最大, 其增长速率最大可达 0. 37 mm/d, 高水处理生长速率比中水处理、低水处理分别高 11. 35% 和 32. 32%, 到开花期生长趋于缓慢。从图中可以看出同一灌溉水平使用不同的技术处理茎粗的变化对比, 使用保水剂浸种最好, 其次是使用沟施保水剂和覆膜, 这是由于保水剂浸种更有效地保持有效土壤水分, 这三种技术处理总体均比 CK 处理好。可以得出不同灌溉水平和使用不同的技术处理茎粗的变化, 从高到低依次为保水剂浸种、高水、覆膜、沟施保水剂、中水、CK 和低水。

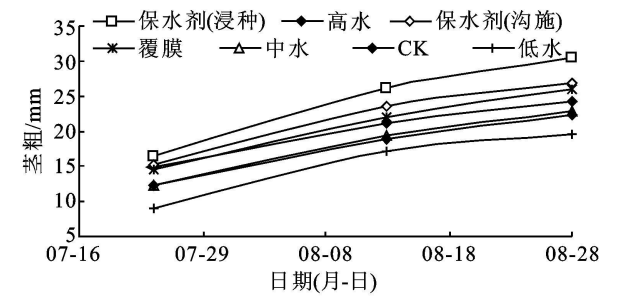


图 2 各处理茎粗的变化曲线

2.3 不同处理对青贮玉米鲜重的影响

通过对青贮玉米的每个生育期的鲜重进行测定,

每个处理选择代表性植株定位观测,采用其平均值绘制青贮玉米鲜重随时间的生长过程见图 3。不同灌溉水平对青贮玉米鲜重影响总体趋势都是一致的,是由快到慢的生长趋势,各处理的最高平均增长速率不同,在整个生育期内,抽穗期鲜重增长率最大,其增长速率最大可达  $2\ 308.5\text{ kg/hm}^2$ ,高水处理生长速率比中水处理、低水处理分别高 17.23% 和 66.98%,开花期生长趋于缓慢,这是由于株高和叶片的同化物减少,使其生长速率下降。同一灌溉水平使用不同的技术处理鲜重的变化,使用覆膜技术最好,这是由于青贮玉米是喜热、喜水性植物,覆膜能同时提高地温和保持土壤水分,其次是使用保水剂浸种比使用沟施保水剂效果好,这是由于保水剂浸种更有效地保持有效土壤水分,这三种技术处理均比 CK 处理要好,这种产量的关系与上面株高的变化情况是一致的。不同灌溉水平和使用不同的技术处理鲜重的变化对比,从高到低依次为覆膜、高水、保水剂浸种、中水、沟施保水剂、CK 和低水。

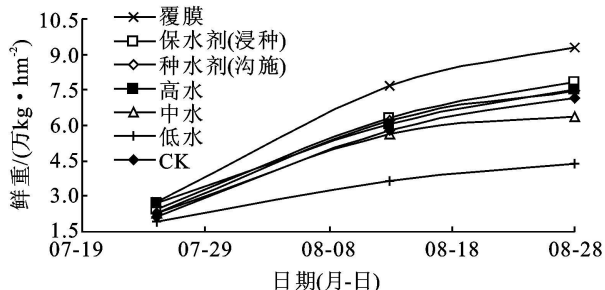


图 3 各处理鲜重的变化曲线

### 3 作物生长状况与地温的关系

对青贮玉米高水、中水和低水各处理进行地温观测,在青贮玉米全生育期内测定表层土地温、0–10, 10–20, 30–40 cm 土层的地温,绘制出全生育期各处理条件下的地温变化曲线如图 4。

从图中可以看出,每一种处理各层的变化趋势是一致的,都是表层土的地温最高,往下依次为 0–10, 10–20, 30–40 cm 土层,当土壤灌水时,地温会显著下降,这不利于喜热的青贮玉米生长,当土壤含水率很低时,地温明显较高,表层地温最高达  $40^{\circ}\text{C}$ ,比 2 m 处大气温度高大约  $8^{\circ}\text{C}$ ,这也不利于喜水的青贮玉米生长,因此,要合理控制土壤含水率,使地温和土壤含水率达到最佳耦合,以促进作物生长。

青贮玉米 10 cm 和 40 cm 土层地温变化曲线总的趋势是每一土层高水处理条件下的地温最低,中水处理次之,低水处理条件下的地温最高,青贮玉米在高水、中水和低水 3 种处理条件下地温总的变化趋势的主要影响因素是大气温度和土壤含水率。

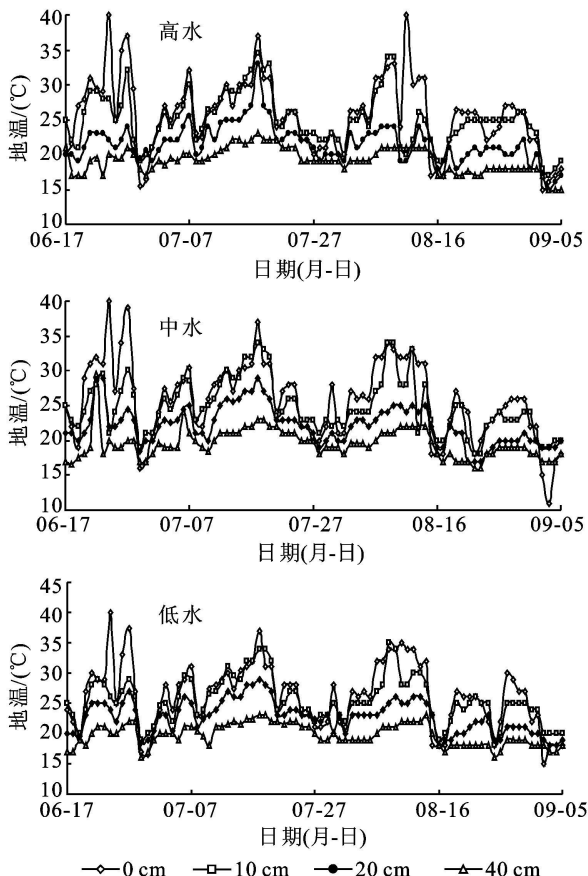


图 4 青贮玉米不同水分处理各土层地温变化曲线

上述的分析结果表明:高水(充分灌溉)虽然能提供作物生长所需的足够水分,但同时会降低地温,在北方地区由于作物生育前期和后期的地温均较低,而不利于作物生长,因此对于水资源相对紧缺的北方寒冷地区,可适当采用非充分灌溉。

### 4 结论

(1) 在不同灌溉水平和使用不同的农艺措施,株高的变化从高到低依次为覆膜、高水、保水剂浸种、沟施保水剂、CK、中水和低水;茎粗的变化规律为从高到低依次为保水剂浸种、高水、覆膜、沟施保水剂、中水、CK 和低水;茎粗的变化关系为从高到低依次为覆膜、高水、保水剂浸种、中水、沟施保水剂、CK 和低水。

(2) 影响地温变化的主要因素是大气温度和土壤水分,充分灌溉能提供作物生长所需足够水分的同时会降低地温,而不利于作物生长,因此对于水资源相对紧缺的北方寒冷地区,可适当采用非充分灌溉。

参考文献:

- [1] 康绍忠,张富仓,梁银丽.玉米生长条件下农田土壤水分动态预报方法的研究[J].生态学报,1997,17(3):245–251.

(下转第 216 页)

表 2 不同处理产量及水分利用效率

处理	产量/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	耗水量/ mm	水分利用效率/ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
T <sub>1</sub>	12874bA	545.51	2.56
T <sub>2</sub>	13021bA	512.64	2.74
T <sub>3</sub>	13879aA	521.77	2.86
CK	11622cB	572.51	2.23

3 结 论

作为集水农业的一种新形式, 农田微集水种植技术因其良好的农田水分调控效果及显著的增产效应倍受关注。近年来, 有关农田微集水种植技术的研究形式日渐丰富, 内容渐趋完善<sup>[11-14]</sup>。在半干旱区农田土壤水主要以土面蒸发的形式损失, 蒸发量很大, 农田微集水技术能够在对降水进行有效蓄集和调控的基础上, 利用覆盖抑蒸理论, 通过有效覆盖形成一个隔离层, 阻断土壤中气体与大气的交换通道, 减少土壤水的蒸发损失, 而将水储蓄在土壤中, 供作物利用, 达到高效用水的目的<sup>[15]</sup>。

本试验条件下 T<sub>2</sub> 的保水效果最好, 玉米生育期农田实际耗水量较传统模式减少 49.87 mm, 其次为 T<sub>3</sub>, 农田耗水量较传统模式减少 43.06 mm, 再次为 T<sub>1</sub>, 农田耗水量较传统模式减少 29.39 mm。与此同时, 微集水模式可以降低作物的需水量, T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 和 T<sub>1</sub> 分别较对照生育期内需水量减少 81.66, 69.20, 48.45 mm, 生育期平均作物系数分别较传统模式降低 0.12, 0.16, 0.09。集水种植各种种植方式与传统种植相比都不同程度的增加玉米产量和水分利用效率, T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub> 和 T<sub>1</sub> 分别比对照提高 28.53%、22.86% 和 14.96%。

参考文献:

[1] 张初龙, 邓伟. 农业水资源可持续利用评价指标体系构

建与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.

[2] 陈奇恩, 萧复兴, 晋凡生, 等. 晋中旱地玉米耗水规律及农田水分平衡研究[J]. 华北农学报, 1991, 6(4): 94-99.

[3] 张雷, 牛建彪, 赵凡. 旱作玉米提高降水利用率的覆膜模式研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(2): 8-11.

[4] 温晓霞, 韩思明, 赵风霞, 等. 旱作小麦地膜覆盖生态效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 93-95.

[5] 肖继兵, 孙占祥, 杨久廷, 等. 旱作农田高粱垄膜沟种高产栽培技术研究[J]. 辽宁农业科学, 2008(3): 30-32.

[6] 李育中, 程延年. 抑蒸集水抗旱技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.

[7] 孙占祥, 冯良山, 杜桂娟, 等. 玉米灌溉田土壤水分变化及其耗水规律研究[J]. 玉米科学, 2010, 18(1): 99-102, 107.

[8] 冯良山, 孙占祥, 曹敏建, 等. 科尔沁沙地南缘地区主要作物耗水规律及水分利用评价[J]. 作物杂志, 2010(4): 10-14.

[9] Wang X F, Xu F, Shani U. Evaporation from bare soil in extremely arid environment in southern Israel[J]. Pedosphere, 1996, 6(2): 139-146.

[10] 王俊鹏, 韩清芳, 王龙昌, 等. 宁南半干旱区农田微集水种植技术效果研究[J]. 西北农业大学学报, 2000, 28(4): 16-20.

[11] 中国农业工程学会农业水土工程委员会. 农业高效用水与水土环境保护[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000.

[12] 孙占祥. 风沙半干旱区农业综合发展研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.

[13] 贾志宽. 旱作农田根域集水种植技术研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

[14] 肖继兵, 杨久廷, 辛宗绪, 等. 风沙半干旱区旱地玉米提高降水生产效率的栽培技术研究[J]. 玉米科学, 2009, 17(5): 116-120.

[15] 马耀光, 张保军, 罗志成, 等. 旱地农业节水技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

(上接第 212 页)

[2] 孙书洪, 王学安, 王仰仁, 等. 基于作物水分生产函数下的限额灌溉制度优化研究[J]. 水利水电技术, 2005, 36(10): 105-108.

[3] 汤广民, 王友贞. 安徽淮北平原主要农作物的优化灌溉制度与经济灌溉定额[J]. 灌溉排水学报, 2006, 25(2): 24-29.

[4] 吕雯, 汪有科, 许晓平. 秸秆覆盖畦田灌溉水流特性及灌

水质量分析[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 236-238.

[5] 仵峰, 陈玉民, 宰松梅. 石津灌区适宜田间灌水技术试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2003(2): 19-23.

[6] 黄高宝, 张恩和. 调亏灌溉条件下春小麦玉米间套农田水、肥与根系的时空协调性研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 53-56.

[7] 司徒淞, 张薇, 庞鸿宾. 地面灌水技术优化组合节水高产机理研究[J]. 灌溉排水学报 1998, 17(4): 11-15.