

文章编号: 1005-0906(2007)03-0103-04

控制性交替灌溉对玉米生理生态及产量的影响

李彩霞¹, 陈晓飞², 王铁良², 杨国范², 郑淑红², 王明霞²

(1. 中国农业科学院农田灌溉研究所, 河南 新乡 453003; 2. 沈阳农业大学水利学院, 沈阳 110161)

摘要: 控制性交替灌溉技术是一种新兴灌溉技术。本文采用蒸渗仪对沈阳地区潮棕壤土条件下的玉米在不同控制性交替灌溉处理下的生长发育、生理生态指标、产量及其构成因子、水分利用率和经济效益进行分析, 提出了适合当地条件的玉米优化控制性交替灌溉制度, 为该技术 in 东北地区的推广和应用提供理论依据。

关键词: 控制性交替灌溉; 产量; 水分生产率; 灌溉制度

中图分类号: S513; S5/59-071

文献标识码: A

Effect of Controlled Alternative Irrigation on Maize Eco-physiological Indices

LI Cai-xia¹, CHEN Xiao-fei², WANG Tie-liang², et al.

(1. Farm land Irrigation Research Institute, Ministry of Water Resources,

Chinese Academy of Agricultural Sciences, Henan Xinxiang 453003;

2. Shenyang Agricultural University Water conservancy, Shenyang 110161, China)

Abstract: Controlled alternative irrigation is a rising technology of water-saving irrigation, which doesn't require high cost of equipment, but can obtain high yield. However, there were few of researches on controlled alternative irrigation in Northeast. So, in this study, the maize growth, eco-physiological Indices, yield and economic benefit etc. were studied with lysimeters of fluvo-aquic brown soil under different controlled alternative irrigation scheduling, in Shenyang region. The optimized irrigation scheduling of controlled alternative irrigation for maize suitable for this regional and soil condition was found. These researches provided a theory base for the popularization and application of controlled alternative irrigation in Shenyang and the Northeast region.

Key words: Controlled Alternative Irrigation; Yield; Water use efficiency; Irrigation scheduling

通过室内和田间实验对玉米等大田作物进行了控制性交替灌溉(Controlled Roots-Divided Alternative Irrigation, CRAI)技术的试验研究。梁宗锁(1997)等以盆栽玉米为实验材料, 证明控制 1/2 根区交替灌水其用水量减少 34.4% ~ 36.8%, 水分利用效率明显增加, 证明控制性交替灌水是一种高效而可行的节水技术。该技术在西北地区已经进行了推广应用, 而在东北地区此技术的应用研究尚处于空白阶段。因此, 本文对沈阳地区潮棕壤土条件下玉米不同控制性交替灌溉制度下的生理反应、生长状况和产量

等进行研究, 提出适合当地条件的玉米优化控制性交替灌溉制度, 为提高玉米产量的灌溉技术手段提供了一种新方法, 为控制性交替灌溉技术在沈阳乃至东北地区的推广和应用提供理论依据。

1 试验设计与方法

1.1 试验设计

试验于 2005 年 5 月在沈阳农业大学试验场进行。试验区位于北纬 41°44', 东经 123°27', 海拔 44.7 m。土质为潮棕壤土, 地表以下 1 m 内土层的平均土壤容重为 1.38 g/cm³, 田间持水率为 0.358 cm³/cm³, 凋萎系数为 0.240。试验期平均地下水埋深为 4.8 m。试验在有底蒸渗仪 (长 × 宽 × 高 = 1.2 m × 1.0 m × 1 m) 中进行, 有移动式防雨棚。玉米品种为沈玉 17, 沟、畦规格根据当地种植习惯, 5 月 18 日播种, 9 月 28 日收获。

收稿日期: 2006-12-18; 修回日期: 2007-03-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(40272102)

作者简介: 李彩霞(1978-), 女, 硕士, 主要从事水土环境与生态工程。Tel: 13849362857 E-mail: gylx0944@sina.com
陈晓飞为本文通讯作者。

E-mail: chenxiao20302@vip.163.com

表 1 灌溉试验设计

Table 1 Design of the irrigation experiment

生育阶段	处理 1	处理 2	处理 3
Growth stages	Treatment1	Treatment2	Treatment3
灌水处理方式	均匀灌水	交替隔沟灌水	交替隔沟灌水
重复次数	3	3	3
拔节前(mm)	141	96	72
拔节~抽雄(mm)	142	94	70
抽雄后(mm)	166	110	123
灌水次数(次)	6	7	7

表 1 中均匀灌水,即常规灌溉方式,每条沟均灌水;交替隔沟灌水,即相邻的两个沟交替灌溉,本次灌水的沟下次干燥,本次干燥的沟下次灌水,干湿交替进行。处理 1、处理 2 和处理 3 的不同在于,处理 1 为充分供水,处理 2 和处理 3 为不同程度的水分亏缺处理,主要表现为其灌水定额不同。土壤水分控制下限为为田间持水率的 67%,在主要根系层深度内,当垄的含水率达到下限时开始灌水。

1.2 试验测定方法

1.2.1 土壤含水率的测定

采用 TDR(TRIME)每 5 d 测定 1 次,测定深度 80 cm。处理 1 在每个重复的沟和垄上各设一个观测点;处理 2 和处理 3 在每个重复的干沟、垄和湿沟中各设一个观测点。0~10 cm 土壤含水率观测每天 1 次。

1.2.2 土壤蒸发(E)的测定

用微型蒸渗仪测定,每天 16:00 时称重换土。微型蒸渗仪分内、外两个套筒,套筒材料为 1 mm 厚镀锌铁皮,内筒内径分别为 10 cm 和 8 cm 两种,相应的外筒内径分别为 12 cm 和 10 cm,前者置于沟中,

后者置于垄上。

1.2.3 生长状况的测定

(1)生育期观测及生长状况:在玉米进入 3 叶期后,开始进行玉米基部茎粗、株高、叶面积和黄叶数的测定,每次在每个处理选取具代表性的 3 株测定,最后取平均值。以后测定选取固定植株。

(2)灌浆进程测定:灌浆期在各处理选定株高、抽穗期及穗位高度一致的穗株作为待测植株,每隔 4 d 测定 1 次,每次在同一株玉米雌穗上相同部位取 10 粒玉米子粒,在烤箱中烘干(80℃)后测定 10 粒重。

(3)考种:各处理单收、单打、测产和计产。考种指标主要有地上干物质及其器官分配、穗长、秃尖长、穗周长、穗行数等。

2 结果与分析

2.1 控制性交替灌溉对玉米的茎粗、株高和叶片生长的影响

在玉米生育期内对其生长状况的测定数据见表 2。

表 2 不同试验处理玉米的基部茎周长、株高和叶面积的变化

Table 2 Changes in the circumferences of maize bottom-stem, maize plant height and leaf area of different experimental treatments

处 理	6 月 6 日	6 月 14 日	6 月 20 日	6 月 27 日	7 月 3 日	7 月 16 日	7 月 24 日	8 月 8 日	8 月 27 日
Treatment	6 Jun	14 Jun	20 Jun	27 Jun	3 Jul	16 Jul	24 Jul	8 Aug	27 Aug
处理 1 茎粗(cm)	2.30	4.03	6.23	9.97	11.03	11.10	11.10	11.20	11.20
株高(cm)	13.20	28.33	58.77	72.00	88.80	190.20	258.00	264.60	270.70
LAI	0.06	0.29	0.68	2.06	3.16	6.42	6.72	7.08	7.10
处理 2 茎粗(cm)	2.30	3.85	6.87	9.20	11.10	11.20	11.30	11.40	11.40
株高(cm)	13.20	28.27	59.30	81.97	92.60	181.60	255.00	263.80	266.00
LAI	0.06	0.33	0.86	2.13	3.31	6.32	6.54	6.71	6.93
处理 3 茎粗(cm)	2.30	3.80	7.48	9.47	10.60	10.61	10.70	10.75	10.80
株高(cm)	13.20	27.90	61.88	73.43	89.70	176.40	249.60	259.70	260.70
LAI	0.06	0.39	0.90	2.15	3.41	5.83	6.40	6.60	6.71

注:LAI 为叶面积指数;茎粗是指玉米的基部茎周长。

Note: LAI is the leaf area index; The stem thick refers to the corn base stem perimeter.

表 2 的数据横向比较发现,处理 1 的茎粗增长速度高峰(营养期以前)滞后于交替灌水区,说明交

替灌溉有助于茎粗发育,利于壮苗。数据分析,株高和叶面积的生长速度曲线呈倒“V”型,各处理在同一阶段(7月16日左右)达到生长速度高峰,处理1的峰值量最大,处理2次之,处理3最小,说明交替灌溉抑制了玉米株高和叶面积的生长。

2.2 控制性交替隔沟灌溉对玉米叶片衰老的影响

水分胁迫不仅对玉米的生长发育有着很大的影

响,同时也会影响玉米的衰老速度。试验测定了不同时期玉米的单株黄叶数(表3)。

表3的结果可以看出,处理2到成熟期的黄叶数最少,相比生育期推后,说明适量的水分亏缺会延缓叶片的枯黄速度。严重的水分亏缺(处理3)会抑制玉米的营养生长,处理3的玉米黄叶数最多,生长后期的黄叶数急剧增加,超过了充分供水处理。

表 3 不同水分处理对玉米生育期叶片衰老的影响

Table 3 Influence of different irrigation treatments on the senescence rate of maize leaf during the growing stage

试验处理 Treatment	单株黄叶数 Numbers of yellow leaves per plant						
	7月27日	8月8日	8月18日	8月28日	9月9日	9月19日	9月28日
处理1	2.2	3.0	3.9	5.2	6.1	7.9	8.6
处理2	2.3	3.2	3.9	4.9	5.9	7.7	8.0
处理3	2.7	3.4	4.0	4.8	5.5	7.7	8.9

2.3 控制性交替灌溉对玉米灌浆进程的影响

由表4的结果分析得出,处理1、处理2和处理3在生育期内的平均灌浆速度分别为0.097 g/d、

0.092 g/d和0.091 g/d。灌浆速度曲线呈倒“V”型。在灌浆期后期,处理2的浆重最大。

表 4 不同试验处理对玉米灌浆进程的影响

Table 4 Influence of different experimental treatments on the progress of milk-filling rate of maize grain

试验处理 Treatment	灌浆进程(g/10粒) Progress of milk-filling								
	8月8日	8月13日	8月18日	8月23日	8月27日	8月31日	9月6日	9月14日	9月24日
处理1	0.083	0.327	0.710	1.391	1.953	2.458	2.966	3.445	3.925
处理2	0.061	0.264	0.671	1.319	1.883	2.305	2.765	3.299	3.932
处理3	0.075	0.304	0.755	1.333	1.916	2.334	2.915	3.505	3.699

2.4 控制灌溉对玉米产量构成因子的影响

从表5可以看出,处理2产量构成因子最好,穗最长、秃尖短、穗周长较长、穗粒数多。处理1单行粒

数多、秃尖短,但平均单株粒数相对处理2要少。处理3与处理2和处理1相比都显劣势。

2.5 控制性交替灌溉对玉米产量的影响

表 5 不同试验处理的玉米产量构成因子

Table 5 Maize yield components of different experimental treatments

试验处理 Treatment	穗长(cm) Ear length	穗周长(cm) Ear perimeter	秃尖长度(cm) Bald tip length	单穗行数 Row numbers	行粒数 Kernel numbers per row	穗粒数 Kernel numbers per ear
处理1	23.4	18.6	2.3	15.6	44.9	700.8
处理2	23.9	19.6	2.9	16.5	42.7	704.9
处理3	22.4	18.7	3.3	15.5	40.3	624.7

表 6 控制性交替灌溉对玉米产量及地上干物质产量的影响

Table 6 Influence of controlled alternate irrigation on the dry matter of maize above-ground and the yield of grain

试验处理 Treatment	子粒重(g/株) Grains weight per plant	芯重(g/株) Core weight per plant	百粒重(g) 100-kernel weight	叶片、雄穗及茎秆(g/株) Weight of leaves, tassel and stalk	干物质重(g/株) Dry matter weight	产量(kg/hm ²) Yields
处理1	275.3	69.0	39.2	518.8	908.3	9156.0
处理2	288.0	70.2	40.8	458.3	859.9	9599.7
处理3	254.0	60.3	39.4	454.2	811.3	8466.4

从表 6 可以看出, 交替灌溉降低了玉米的地上干物质重。处理 1、处理 2 和处理 3 的玉米子粒重占地上干物质总量的比例分别为 30.3%、33.5% 与 31.3%, 交替灌溉的比例均大于均匀灌溉, 且处理 2 的子粒重和产量均最大。

2.6 控制性交替灌溉对玉米水分生产率的影响

水分生产效率指标是评价节水效果的理想参数。表 7 给出了不同处理下玉米的灌溉水分生产效率(WUEI)、总的水分生产效率(WUE)和作物耗水量(Water consumption)。

表 7 不同控制灌溉方式下的玉米水分生产效率
Table 7 Water use efficiency of maize under different treatments of controlled alternate irrigation

试验处理	灌溉定额(mm)	WUEI	耗水量(mm)	WUE
Treatment	Irrigation norm	(kg/m ³)	Water consumption	(kg/m ³)
处理 3	265	3.19	317.8	2.66
处理 2	300	3.20	379.6	2.53
处理 1	449	2.04	442.1	2.07

从表 7 中可以看出, 均匀沟灌(处理 1)的灌水量和耗水量均大于交替沟灌(处理 2 和处理 3), 交替沟灌的 WUEI 和 WUEET 均大于均匀沟灌。从灌溉定额和耗水量的量化角度来看, 以处理 1 为对照, 处理 2 和处理 3 的灌溉定额分别减少了 33.2%和 41.0%, 耗水量分别降低了 14.1%和 28.1%。

3 结 论

(1)控制性交替灌溉抑制了玉米株高和叶面积等的过量生长, 降低了地上干物质重, 从而减少了多余的养分开支, 其灌溉水分生产效率(WUEI)和总的水分生产效率(WUEET)均大于均匀沟灌, 提高了灌溉水的利用率。

(2)控制性交替灌溉下, 适宜的水分亏缺会增加茎粗, 利于壮苗, 还可以使玉米的生育期推后, 延缓其衰老速度。

(3)过量的水分亏缺使玉米的营养生长受到严重抑制, 从而影响雌穗发育, 最终导致作物减产。

参考文献:

[1] 康绍忠, 张建华, 梁宗锁, 等. 控制性交替灌溉——1 种新的农田节水调控思路[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 1-6 .
[2] 康绍忠, 潘英华, 石培泽, 等. 控制性作物根系分区交替灌溉的理论及试验[J]. 水利学报, 2001, 11: 80-86 .
[3] 孙景生, 康绍忠, 蔡焕杰, 等. 控制性交替灌溉技术的研究进展[J]. 农业工程学报, 2001, 17(4): 1-5 .
[4] 梁宗锁, 康绍忠, 胡 炜, 等. 控制性分根交替灌水的节水效应[J]. 农业工程学报, 1997(4): 58-63 .
[5] 梁宗锁, 康绍忠, 张建华, 等. 控制性分根交替灌水对作物水分利用率的影响及节水效应[J]. 中国农业科学, 1998, 31(5): 88-90 .
[6] 梁宗锁, 康绍忠, 石培泽, 等. 隔沟交替灌溉对玉米根系分布和产量的影响及其节水效益[J]. 中国农业科学, 2000, 33(6): 26-32 .
[7] 信乃谄, 赵聚宝. 旱地农田水分状况与调控技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992 .
[8] 孙景生, 康绍忠, 蔡焕杰, 等. 交替隔沟灌溉提高农田水分利用效率的节水机理[J]. 水利学报, 2002, 3: 64-68 .

(责任编辑: 朴红梅)