

控制性交替隔沟灌溉对夏玉米生理特性和水分生产效率的影响

汪顺生^{1,2}, 费良军¹, 孙景生³, 高传昌², 傅渝亮²

(1. 西安理工大学水资源研究所, 陕西 西安 710048; 2. 华北水利水电学院, 河南 郑州 450011;

3. 中国农科院农田灌溉研究所, 河南 新乡 453003)

摘 要: 2008 年 6~9 月在河南新乡进行了不同沟灌方式和水分处理下(质量比占田间持水率的 80%、70%、60%)夏玉米生理特性和生产效率的试验研究。结果表明:交替隔沟灌溉有效抑制冗余生长,使光合产物向有利于产量形成方向运转,灌水量均减小 33.3%,耗水量降低 22.04%、21.05%和 23.88%,减产 2.85%、3.99%和 9%;常规沟灌和交替隔沟灌溉的灌溉水生产效率(WUEI)均是 70%处理最高,为 1.74 和 2.50 kg/m³,总水分生产效率(WUEET)表现为常规沟灌 70%处理最高(1.63 kg/m³),交替隔沟灌溉 80%处理最高(2.05 kg/m³);同种水分处理,交替隔沟灌溉的水分生产效率远高于常规沟灌,是夏玉米适宜的供水模式。

关键词: 控制性交替隔沟灌溉;夏玉米;生理特性;产量;水分生产效率

中图分类号: S275.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0115-05

为解决农业水资源日益紧缺问题,国内外研究者打破常规的工程节水概念,从作物生理特性出发,提出了许多全新的节水技术,如限水灌溉、非充分灌溉、调亏灌溉和局部灌溉等^[1~4]。控制性交替灌溉(CAI)是康绍忠等人^[5]提出的一种新的农田节水调控技术,通过控制性交替灌溉使不同区域的根系经受水分胁迫锻炼,产生根源信号传输至地上部叶片,调节气孔保持最适开度,达到以不牺牲作物光合产物积累而大量减少其奢侈蒸腾耗水的目的。研究发现,玉米在苗期经过一定的水分胁迫锻炼,复水后有补偿生长现象^[6];苏佩、山仑等^[7]也发现胁迫复水后玉米在其他生理性状上也表现出类似的效应。控制性交替灌溉是以水分胁迫条件下植株一些生理过程的变化规律为依据,通过有目的地控制水分供给模式,达到提高水分利用效率的目标^[8]。

目前,我国农业灌溉仍以传统的畦、沟地面灌溉技术为主,地面灌溉面积占全国总灌溉面积的 95%以上^[9]。控制性交替隔沟灌溉技术(AFI)是对传统沟灌方式(CFI)的一种改进,它是控制性交替灌溉技术的一种运行形式,与喷灌、微灌等先进灌水技术相比,具有投资少、技术容易掌握等优点,在大田大面积灌溉中有着广阔的应用前景^[10]。但由于控制性交替隔沟灌溉是一种新的地面灌水技术,还处于试验探索和发展阶段,需进行系统的理论研究。本研

究通过测坑试验,探讨交替隔沟灌溉对夏玉米生理特性和产量的影响,为大田生产实践提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2008 年 6~9 月在中国农业科学院农田灌溉研究所作物需水量试验场进行。试验场地理位置为北纬 35°19',东经 113°53',海拔 73.2 m。

1.2 试验设计

测试作物为夏玉米,进行小区排列试验,采用垄作沟灌方式种植。试验小区为防雨棚下测坑,防雨棚在降雨前关闭,雨后开启,有效隔绝降雨,排除降雨对试验的影响;土壤质地为粉砂壤土,容重 1.35 g/cm³,田间持水率为 24%(质量比)。

前茬小麦收获后整地灭茬起垄做沟,沟断面采用梯形形式,沟深 0.2 m,相邻两沟的沟中心距离为 0.6 m,株行距控制为 0.3 m。试验供水方式设为两种沟灌方式和三种水分控制下限,每个处理三个重复;灌水方式为常规沟灌(CFI)和控制性交替隔沟灌溉(AFI),水分控制下限分别是田间持水量的 60%、70%和 80%(L-60、L-70 和 L-80),分别以同种水分处理控制性交替隔沟灌溉湿沟各生育期湿润层的土壤水分作为标准,当其下降到水分控制下限时,即进行灌水。试验设计共 4 个处理,随机区组排列,重复

收稿日期:2011-02-29

基金项目:十一五国家科技支撑计划项目(2007BAD88B02);国家自然科学基金资助项目(50179030)

作者简介:汪顺生(1978—),男,安徽怀宁人,博士生,讲师,主要从事节水灌溉理论技术方面的研究。E-mail: wangshunsheng@ncwu.edu.cn。

3 次,每个实验小区(测坑)面积上口为 $2.4\text{ m} \times 3.2\text{ m}$ 。

1.3 测定项目与方法

(1) 土壤水分:播前、全生育期和收获后进行测定,生育期内,5 d 测定一次,常规沟灌在沟和垄上各取一个观测点,控制性交替隔沟灌在干沟、垄和湿沟中各取一个观测点,测定深度为 1.2 m,分 12 层,10 cm 一层,全部采用土钻取样烘干测定;作物生育期内的耗水量采用水量平衡方程计算。

(2) 气象因子:由试验场内自动气象站观测,包括太阳辐射、气温、空气湿度、风速、日照时数、蒸发量以及天气变化等。

(3) 作物生育期:观察并记录各处理的各生育期阶段的起、止时间,作物各发育阶段的特征、生长形态和生理变化状况等。

(4) 作物生长状况:进入三叶期后开始测量,到玉米成熟结束,每隔 10 d 测定一次,测量玉米的基部茎粗、株高、叶面积和黄叶数等生长情况。夏玉米叶面积的测定方法是:在试验处理小区选取长势均匀,有代表性的夏玉米进行定期观测,样本数为 3 株/小区,利用叶面积系数法测定叶面积,即叶面积 = 叶长 $\times$ 叶宽 $\times 0.75$ 。

(5) 生理指标:在生育期内选定天气晴好天气,测量光合、蒸腾以及气孔导度等生理指标的日变化,早 8:00 ~ 下午 17:00,每小时测定一次;叶片光合速率和蒸腾速率用英国 PP Systems 公司生产的 CIRAS-1 便携式光合作用测定仪测定,气孔导度用英国 Delta-T 公司生产的 AP4 型动态气孔计测定。

(6) 灌浆进程:在灌浆期对各处理夏玉米的灌浆进程进行测定,在各处理预先标定株高、抽穗期及穗位高度一致的穗株作为待测植株,4 d 测定一次,每次在同一株玉米雌穗上相同部位取 10 粒玉米籽粒,在烤箱中(60°C)烘干后测定 10 粒重。

(7) 玉米考种:依据试验规范的要求,对每个处理的夏玉米进行考种,样本数为 5 株,重复 3 次。考种前要单收、单打、测产和计产。考种指标主要有玉米地上干物质及其器官分配、穗长、秃尖长、穗周长、穗行数、穗行粒数、单穗粒数、百粒重和籽粒产量等。

2 结果与分析

2.1 控制性交替隔沟灌溉对夏玉米生理特性的影响

由于蒸腾对水分胁迫的变化比光合作用更敏感,适度的控制作物供水,可以调节叶片气孔开度,在不影响作物对空气中 CO_2 吸收的同时,减少作物

的奢侈蒸腾损失,防止作物严重失水。许多研究表明,控制性交替灌溉可以达到这个目标^[11,12],AFI 技术同样能很好地达到此目标。不同沟灌方式和不同水分控制下限处理的夏玉米叶片光合速率的日变化趋势基本一致(图 1),中午 12:00 左右达到一天中的峰值;沟灌方式相同,水分控制下限高的光合速率基本大于水分控制下限低的处理,AFI-80 处理的夏玉米光合速率略高于 AFI-70 处理,CFI-70 处理的夏玉米光合速率略小于 CFI-80 处理。而水分控制下限相同时,常规沟灌的夏玉米叶片光合速率略高于交替隔沟灌,且差距不明显,但 L-80 水分处理比 L-70 水分处理间的差距大。因此,只要水分下限控制合理,交替隔沟灌方式对玉米叶片的光合速率影响很小。

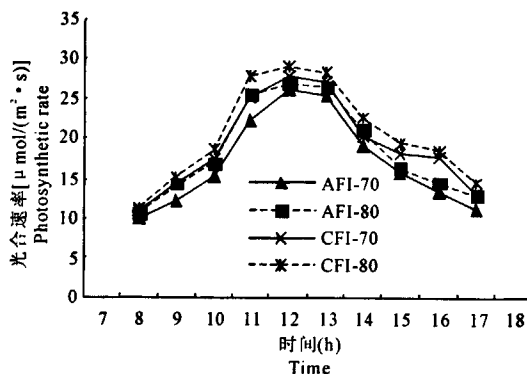


图 1 两种沟灌方式下夏玉米叶片光合速率的日变化

Fig.1 Diurnal variation of photosynthetic rate of maize under two ways of furrow irrigation

从不同沟灌方式与水分处理的夏玉米叶片蒸腾速率的日变化过程可以看出,各处理变化趋势基本一致(图 2);并与叶片光合速率日变化的趋势近似并略有不同,即蒸腾速率从 8:00 到 12:00 急剧上升,12:00 开始保持较高水平且缓慢升高,到午时 13:00 左右达最高值,之后开始下降。对比各处理间叶片光合速率,蒸腾速率差异更加明显,同一沟灌方式的夏玉米蒸腾速率,高水分处理要明显大于低水分处理;同一水分控制下限时,常规沟灌的叶片蒸腾速率高于交替隔沟灌,且水分控制下限越低,差异越明显。图中 CFI-70 与 AFI-70 间差异明显大于 CFI-80 与 AFI-80 间的差异,说明交替隔沟灌夏玉米叶片蒸腾速率随着水分控制下限的降低而下降。交替隔沟灌相对于常规沟灌来说,水分控制下限合理时,对光合速率不会造成不利影响,而同时蒸腾速率下降较明显,明显减少了叶片奢侈蒸腾。

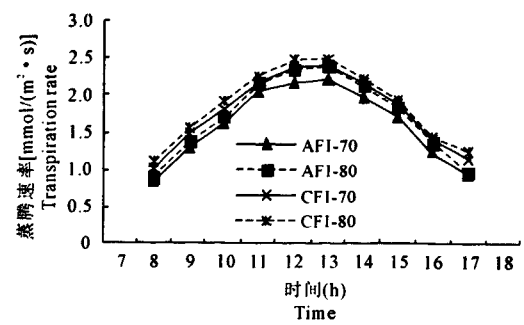


图 2 两种沟灌方式夏玉米蒸腾速率的日变化
Fig.2 Diurnal variation of transpiration rate of maize under two ways of furrow irrigation

2.2 控制性交替隔沟灌溉对夏玉米生长的影响

2.2.1 对夏玉米叶面积生长的影响 沟灌方式相同,夏玉米的单株叶面积随着水分控制下限的增高而增大(表 1);而同种水分控制下限,常规沟灌的单株叶面积大于控制性交替隔沟灌,但作物生长后期,这个差距越来越小,甚至到乳熟期,L-80 水分处理的 AFI 单株叶面积超过了 CFI(9 月 9 日)。叶面积

的减小是作物减少蒸腾防御干旱的一种方式,但也是产量下降的主要因素之一,保证作物群体有合理的叶面积是实现作物节水高产的关键。与常规沟灌相比,控制性交替隔沟灌玉米叶面积减少的主要原因是扩展生长提早停止。但控制性交替隔沟灌溉的黄叶数目相对要小,随着作物的生长,差距越来越小,对叶面积起到促进作用。

2.2.2 对夏玉米灌浆进程的影响 玉米的最终产量取决于通过光合作用制造有机物质的叶片和储存有机物质的果穗与籽粒之间的协调发展,不同水分处理会对夏玉米的株高和叶面积产生影响,并最终会影响其籽粒形成和灌浆进程。由表 2 知,灌浆初期(8 月 31 日前),交替隔沟灌的灌浆速度明显快于常规沟灌,末期交替隔沟灌的灌浆速度下降,远低于常规沟灌,最终常规沟灌的玉米籽粒要大于同一水分处理的交替隔沟灌,但水分上限越高,差距越小。说明只要交替隔沟灌的水分控制合理,可达到节水高产目标。

表 1 不同沟灌方式和水分处理夏玉米全生育期叶面积变化
Table 1 Changes of plant leaf-area in different FI Method and Moisture Disposal

试验处理 Treatment		单株叶面积 Plant leaf-area (cm ²)							
灌水方式 Irrigation	水分控制 Moisture control	06-29	07-09	07-19	07-29	08-09	08-19	08-29	09-09
CFI	L-60	119.9Ac	606.6Bb	1713.0BCbc	4265.9Bb	5840.6BCc	5846.0BCbc	5686.3BCc	5439.2ABa
	L-70	165.2Aab	793.4ABab	1962.0ABb	4824.1ABab	6158.6ABbc	6088.5ABbc	5973.4ABbc	5447.9ABa
	L-80	174.5Aa	974.6Aa	2380.0Aa	5780.3Aa	6727.0Aa	6627.8Aa	6522.4Aa	5638.4Aa
AFI	L-60	117.7Ac	582.4Bb	1363.8Cc	4063.4Bc	5244.3Cd	5232.0Cd	5081.0Cd	4606.7Bb
	L-70	126.8Abc	599.3Bb	1678.7BCbc	4675.7ABab	5847.5BCbc	5784.4BCc	5640.7BCc	5269.3ABa
	L-80	129.9Abc	709.8ABb	1931.6ABCb	4761.3ABab	6376.4ABab	6343.9ABab	6261.2ABab	5739.6Aa

注:小写字母表示在同一列中 $P < 0.05$ 的显著水平,大写字母表示在同一列中 $P < 0.01$ 的显著水平,下同。
Note: Values followed by different capital letters mean significant difference at $P < 0.05$ within each column, while lowercase letters mean significant difference at $P < 0.01$ within each column, and they are the same in the below.

表 2 不同沟灌方式和水分处理对夏玉米灌浆进程的影响
Table 2 Grain filling process in different FI Method and Moisture Disposal

试验处理 Treatment		灌浆进程(g/10 粒) Grain filling process					
灌水方式 Irrigation	水分控制 Moisture control	08-23	08-27	08-31	09-04	09-08	09-12
CFI	L-60	0.17Ab	0.37Aa	0.39Ab	1.03Aa	1.23Aa	1.59Aa
	L-70	0.18Ab	0.49Aa	0.65Aab	1.10Aa	1.16Aa	1.60Aa
	L-80	0.25Aab	0.61Aa	0.63Aab	1.09Aa	1.21Aa	1.62Aa
AFI	L-60	0.18Ab	0.38Aa	0.52Aab	0.92Aa	1.14Aa	1.54Aa
	L-70	0.20Ab	0.43Aa	0.69Aab	1.00Aa	1.16Aa	1.56Aa
	L-80	0.35Aa	0.65Aa	0.79Aa	0.91Aa	1.16Aa	1.60Aa

2.3 控制性交替隔沟灌溉对夏玉米产量的影响

2.3.1 对夏玉米产量及其构成因子的影响 表 3 是不同沟灌方式和水分处理的夏玉米产量及构成因子。高水分处理(CFI-80)的夏玉米在产量和产量构成因子最优,但相对于 CFI-70 和 AFI-80 处理无明显优势;而水分最低处理(AFI-60)处于最劣状态,即使与同样是低水分处理(CFI-60)相比,差距也较明显。同种沟灌方式供水,高水分处理产量大于低水分处理,水分控制下限越低,差距越显著;常

规沟灌的 L-60、L-70 与 L-80 处理的产量是 4 046.44 kg/hm²、5 489.33 kg/hm² 与 6 100.56 kg/hm²,以 L-80 处理为对照,则 L-70 处理减产 10.02%,而 L-60 处理减产 33.66%;交替隔沟灌 L-60、L-70 与 L-80 处理的产量是 3 697.78 kg/hm²、5 270.25 kg/hm² 与 5 926.78 kg/hm²,以相同处理常规沟灌的产量为参照,交替隔沟灌的三种处理 L-80、L-70 与 L-60 分别减产 2.85%、3.99% 与 8.62%。

表 3 不同沟灌方式和水分处理夏玉米产量及其构成因子

Table 3 Yield and its composition factors in different FI Method and Moisture Disposal

试验处理 Treatment		穗长	秃尖长	穗周长	穗粒数	籽粒重	百粒重	产量
灌水方式	水分控制	Ear length	Rare ear	Ear	Grain	Seed	100-grain	Yield
Irrigation	Moisture control	(cm)	length	girth	number	weight	weight	(kg/hm ²)
		(cm)	(cm)	(cm)	(粒/穗)	(g/穗)	(g)	
CFI	L-60	16.48BCc	0.56ABb	14.70Aab	416.20Aab	94.09Bab	24.57ABb	4046.44BCb
	L-70	18.56Aa	0.42Bb	15.04Aa	489.60Aa	100.59ABa	26.10ABb	5489.33ABa
	L-80	18.90Aa	0.40Bb	15.30Aa	529.00Aa	109.48Aa	27.19Aa	6100.56Aa
AFI	L-60	14.00Cd	0.64Aa	13.52Ab	321.40Ac	75.88Cc	23.69Bb	3697.78Cc
	L-70	17.54ABbc	0.56ABb	14.26Aab	380.80Abc	90.28Bab	25.28Bb	5270.25BCb
	L-80	18.24ABab	0.46Bb	14.80Aab	427.40ab	100.69ABa	26.43Bb	5926.78ABa

不同沟灌方式和水分处理,高水分处理的穗长、秃尖长、穗周长、穗粒数、籽粒重和百粒重等产量构成因子具有优势。对同种沟灌方式,高水分处理的穗长长,秃尖短,穗周长,穗粒数多,百粒重大;构成因子在各水分处理间有差异,水分控制下限越低,差异越明显。因此,对于沟灌方式供水,水分控制下限不能太低,否则会严重抑制雌穗发育和小穗分化,使秃尖增加,导致严重减产;对于高水分处理(L-80)和较高水分处理(L-70)来说,常规沟灌和交替隔沟灌的产量间存在差异,与同水分处理的常规沟灌对比,交替隔沟灌的 L-80 与 L-70 处理分别减产只有 2.85% 与 3.99%。只要水分控制下限合理,交替隔沟灌减产不明显(不足 4%),达到有效节水目的。

2.3.2 对夏玉米水分生产效率的影响 对于同一种沟灌方式,随着水分控制下限和灌水量的提高,夏玉米全生育期的耗水量增大,产量增加(表 4);同种水分控制下限,常规沟灌灌水量大于交替隔沟灌,而夏玉米耗水量和产量同样也大。但比较来看,同种灌水方式的不同灌水控制,产量间的差异很大的;而水分控制下限相同时,交替隔沟灌与常规沟灌间的产量差异不大,而灌水量与耗水量明显小。由此看

出,只要水分控制合理,交替隔沟灌可以通过气孔调节实现水分利用的最优化,减小了夏玉米的奢侈蒸腾。但是若水分控制下限定的太低,则会明显的影响产量,达不到节水增产的目标。从灌水量和耗水量的量化角度来看,与同种水分处理的常规沟灌方式对比,交替隔沟灌溉方式 L-80、L-70 和 L-60 水分处理的灌水量均减小了 33.33%,而耗水量分别降低了 22.04%、21.05% 和 23.88%。

分析表中的两个水分生产效率指标,即灌溉水生产效率(WUEI)和总水分生产效率(WUEET),同种水分控制下限,交替隔沟灌溉的灌溉水生产效率和总水分生产效率都远远大于常规沟灌。而同种沟灌方式供水,常规沟灌和交替隔沟灌都是 L-70 处理的 WUEI 最高,CFI 为 1.74 kg/m³,AFI 达 2.50 kg/m³;对于 WUEET,常规沟灌仍是 L-70 最高,为 1.63 kg/m³,而交替灌溉则是 L-80 处理最高,达 2.05 kg/m³。总的来说,交替隔沟灌的水分生产效率要高于常规沟灌,而且在水分控制下限合理的情况下,交替隔沟灌的产量较常规沟灌减少不明显。由此说明,在合理控制水分下限时,采用交替隔沟灌方式供水是夏玉米适宜的供水模式,能达到节水和实现增产的双重目标。

表 4 不同沟灌方式和水分处理的夏玉米水分生产效率
Table 4 Moisture production efficiency in different FI Method and Moisture Disposal

试验处理 Treatment		灌水次数 Irrigation times (次)	产量 Yield (kg/hm ²)	灌水量 Watering amount (mm)	WUEI (kg/m ³)	耗水量 Water consumption (mm)	WUEET (kg/m ³)
灌水方式 Irrigation	水分控制 Moisture control						
CFI	L-60	6	4046.44	270.00	1.46Ddc	310.62	1.30Bc
	L-70	7	5489.33	315.00	1.74BCD	335.50	1.63ABb
	L-80	9	6100.56	415.00	1.49CDcd	431.28	1.42Bc
AFI	L-60	6	3697.78	180.00	2.05BCbc	245.06	1.50Bc
	L-70	7	5270.25	210.00	2.50Aa	264.87	1.99Aa
	L-80	9	5926.78	270.00	2.19Bb	289.46	2.05Aa

3 结 论

1) 交替隔沟灌灌水控制下限降低,使气孔导度下降,导致叶片蒸腾速率降低,减小了无效蒸腾,但对叶片的光合速率没有影响;只要水分控制适宜,交替隔沟灌可以使叶片的水分利用效率提高。

2) 采用交替隔沟灌方式供水,水分控制合适,能有效抑制玉米冗余生长,使光合产物向有利于产量形成方向运转,常规沟灌夏玉米籽粒重占地上干物质总量的比例 L-60、L-70 和 L-80 处理分别是 45.31%、45.36% 与 45.83%,而交替隔沟灌的 L-60、L-70 和 L-80 处理分别是 45.29%、45.96% 与 46.79%。

3) 交替隔沟灌溉方式 L-80、L-70 和 L-60 水分处理的灌水量较常规沟灌均减小 33.33%,耗水量分别降低 22.04%、21.05% 和 23.88%,而交替隔沟灌 L-80 与 L-70 处理只减产 2.85% 与 3.99%,但水分过分胁迫,对作物的生长发育产生不利影响,交替沟灌的 L-60 处理较常规沟灌减产达 9%。

4) 常规沟灌和交替隔沟灌的 L-70 水分处理 WUEI 最高,分别为 1.74 和 2.50 kg/m³,对于 WUEET,常规沟灌仍是 L-70 最高,为 1.63 kg/m³,而交替灌溉则是 L-80 处理最高,达 2.05 kg/m³;而同种水分处理,交替隔沟灌的 WUEI 和 WUEET 远大于常规沟灌。因此,合理控制水分下限时,交替隔沟

灌溉是适宜的供水模式,实现节水增产目标。

参 考 文 献:

[1] 唐立松,张建龙,李彦,等.植物对土壤水分变化的响应与控制性分根交替灌溉[J].干旱地区农业研究,2005,22(1):18—21.

[2] 康绍忠,胡笑涛,蔡焕杰,等.现代农业与生态节水的理论创新及研究重点[J].水利学报,2004,12:1—7.

[3] 李志军,张富仓,康绍忠.控制性根系分区交替灌溉对冬小麦水分与养分利用的影响[J].农业工程学报,2005,22(8):17—21.

[4] 李彩霞,陈晓飞,王铁良,等.控制性交替灌溉情况下土壤蒸发的预测研究[J].节水灌溉,2007,(3):29—31.

[5] 胡笑涛,康绍忠,蔡焕杰,等.作物根系分区交替灌溉田间实施技术探索[J].农业工程学报,2003,19(11):145—148.

[6] José Caverro. Maize growth and yield under daytime and nighttime solid-set sprinkler irrigation [J]. Agronomy Journal, 2008, 100 (6): 1573—1579.

[7] 卜令铎,张仁和,常宇,等.苗期玉米叶片光合特性对水分胁迫的响应[J].生态学报,2010,30(5):1184—1191.

[8] 苏佩,山仑.拔节期复水对玉米苗期受旱胁迫的补偿效应[J].植物生理学通讯,1996,32(6):24—28.

[9] 水利部农村水利司.节水灌溉[M].北京:中国农业出版社,1998.

[10] 孙景生,康绍忠,张建华,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.

[11] 梁宗锁,康绍忠,等.控制性分根交替灌溉的节水效应[J].农业工程学报,1997,13(4):58—63.

[12] Hu tiantian, Kang shaozhong. Effects of partial root - zone irrigation on the nitrogen absorption and utilization of maize[J]. Agricultural Water Management, 2009,96(2):208—214.

(英文摘要下转第 138 页)

Study on tomato drip irrigation scheduling in solar greenhouse based on water surface evaporation of a 20 cm standard pan

JIAO Yan-ping¹, ZHAO Yong¹, ZHANG Yan-hong¹, ZHENG Cheng-hai²

(1. Hebei Provincial Academy of Water Resources, Shijiazhuang, Hebei 050057, China;

2. Semi-arid Agriculture Engineering and Technology Research Center of china, Shijiazhuang, Hebei 050051, China)

Abstract: Based on the irrigation interval of 2 days, this study was conducted to evaluate the effects of different pan coefficient ($K_{cp} = 0.4, 0.6, 0.8$ 和 1.0) on the growth and irrigation water use efficiency of tomato under mulch drip irrigation in solar greenhouse in 2010. Irrigation amount were determined by water surface evaporation (E_p) measured by a standard 0.2 m diameter pan. The results showed that the plant height, LAI and SPAD reading of tomatoes all increased with the increasing of irrigation amount. The higher irrigation amount lead to the increase of fruit yields, but the highest irrigation water use efficiency were achieved with the pan coefficient of 0.4. The content of the vitamin C decreased with the increasing of irrigation amount. The sugar content of the fruit had nothing to do with the irrigation amount. From the viewpoint of high yield, good fruit quality and water saving, the pan coefficient of 0.8 should be suggested as a guideline to irrigate tomatoes in solar greenhouse.

Keywords: solar greenhouse; tomato; pan evaporation; drip; yield; irrigation water use efficiency

(上接第 119 页)

Effects of controlled alternative furrow irrigation on physical properties and water use efficiency of summer maize

WANG Shun-sheng^{1,2}, FEI Liang-jun¹, SUN Jing-sheng³, GAO Chuan-chang², FU Yu-liang²

(1. Institute of Water Resources, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450008, China;

3. Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453003, China)

Abstract: A study was made from June to September 2008 on the physical properties and water use efficiency of summer maize under treatments of different furrow irrigation and processing of water (80%, 70% and 60% of field water holding) on each application and frequency in Xinxiang of Henan Province. The experimental results show that controlled alternative furrow irrigation can effectively inhibit the growth of maize redundancy, so it is conducive to make photosynthetic production to the direction of yield formation; the irrigation amount is decreased by 33.3%, water consumption decreased by 22.04%, 21.05% and 23.88%, while the yield decreased by 2.85%, 3.99% and 9%; WUEI of conventional furrow irrigation and alternate furrow irrigation are the highest in treatment 70%, 1.74 and 2.50 kg/m³ in each irrigation; WUEET shows that 70% treatment for CFI is the highest (1.63 kg/m³), 80% treatment for AFI is the highest (2.05 kg/m³); in the same moisture treatment, AFI's water use efficiency is far greater than CFI, so it is a suitable water supply model for maize.

Keywords: controlled alternative furrow irrigation; summer maize; physical properties; yield; water use efficiency