

交替沟灌在露地春甘蓝上的应用

王志平¹, 周继华¹, 黄兴法², 赵 懿³

(1.北京市农业技术推广站, 北京 100029; 2.中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083; 3.延庆县农业技术推广站, 北京 102100)

摘 要:以生产上的大畦灌和常规沟灌为对照,研究了不同时期交替沟灌对土壤水分变化、甘蓝生长、生理、产量和水分利用的影响。结果表明:与常规沟灌相比,甘蓝缓苗后交替沟灌节水17%,产量差异不显著,水分利用效率增加 3.5 kg/m^3 ;莲座期后交替沟灌节水8%,而产量增加8.1%,水分利用效率增加 3.4 kg/m^3 。与大畦灌相比,莲座后交替沟灌节水23%,全生育期平均光合速率增加48%,蒸腾速率减少19%,根长密度和根总表面积分别增加29%和38%,产量增加24%,水分利用效率增加 8.4 kg/m^3 。常规沟灌与大畦灌相比节水16%,产量增加15%,水分利用效率增加 5.0 kg/m^3 。建议甘蓝种植采用莲座后交替沟灌较好。

关键词:交替沟灌; 露地春甘蓝; 光合生理; 水分利用效率

中图分类号: S635.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)04-0040-06

北京郊区露地甘蓝春季生产多大畦漫灌,秋季生产多起垄栽培常规沟灌,每季灌水250~400 mm,针对北京市水资源紧缺和蔬菜用水量大的现状,以大畦漫灌和常规沟灌为对照,研究了两种不同时期交替沟灌对土壤水分及甘蓝生长、生理和水分利用效率的影响,以期为露地蔬菜节水灌溉技术提供参考。

隔沟交替灌溉(简称交替沟灌)技术是起垄栽培条件下交替控制作物根系部分区域干燥、部分区域湿润,使不同区域的根系经受一定程度的水分胁迫激发其吸收补偿功能,并诱导气孔保持最适宜开度,减少蒸腾损失,利用水分胁迫时产生的根信号对气孔的有效调节功能及光合的滞后效应,达到不牺牲作物产量而提高水分利用效率的效果^[1,2]。交替沟灌已成功应用到玉米、棉花等作物上^[3-7],王志平等^[8,9]首次将交替沟灌应用到十字花科蔬菜上,本文进一步研究露地春甘蓝交替沟灌的适宜时期和效果。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2007年在延庆县康庄镇小丰营村进行,供试品种为中甘11,土壤质地砂壤,1 m土体容重与田间持水量分别平均为 1.41 g/cm^3 和20.1%。基础养分含量为全氮 1.4 g/kg ,有效磷 68.1 mg/kg ,有效钾 143.0 mg/kg ,有机质 12.0 g/kg 。3月5日育苗,底施有机肥 7.5 t/hm^2 、二铵 300 kg/hm^2 ,5月7日定植,交替沟灌和常规沟灌处理都起垄栽培,垄距

50 cm,垄高15 cm,垄宽25 cm,垄长25 m。大畦灌为平畦,每畦5行,畦宽2.5 m,长32 m,小区面积 80 m^2 ,株行距40~50 cm。5月16日缓苗,5月23日莲座后追施尿素2次,每次施 300 kg/hm^2 ,6月8日开始结球,7月4日收获。

1.2 试验方法

全生育期降雨6次,共59.0 mm,10~14 d灌溉1次,灌溉4次,灌水日期分别为5月7日、5月16日、6月1日和6月26日。4个灌溉处理:处理1缓苗后交替沟灌,定植时常规沟灌52.5 mm,缓苗后每次灌水37.5 mm;处理2莲座后交替沟灌,定植到莲座期常规沟灌,每次灌水52.5 mm,莲座结束后每次灌水37.5 mm;处理3常规沟灌,每次灌水52.5 mm;处理4传统大畦灌,每次灌水67.5 mm。3次重复,随机排列。

1.2.1 灌水量和降雨量记录 降雨量用雨量筒测定,灌水量用水表测定。

1.2.2 土壤水分含量和田间耗水量 分层测定1 m土体不同土层(0~20 cm,20~40 cm,40~60 cm,60~100 cm)的容重与田间持水量,关键生育期分别测定每个小区不同土层的土壤含水量。烘干法测定,计算田间耗水量和土壤耗水量^[10,11]。每个小区中部随机选择5个样点取土,交替沟灌处理在每个小区中部相邻沟沿沟长方向取土。

1.2.3 光合速率和蒸腾速率 每个小区中部随机选取5株甘蓝,定期用美国产CI340手持便携式光合仪测定功能叶的光合速率和蒸腾速率。

1.2.4 植株生长性状调查 每个小区中部随机选

收稿日期:2009-08-10

基金项目:北京市科委资助项目;蔬菜节水关键技术示范推广(Z07090500550725)

作者简介:王志平(1971—),女,山西原平人,农艺师,硕士,主要从事农业节水技术与推广。E-mail: wzhip218@yahoo.com.cn。

取 5 株,定期测定株高、开展度。收获时将整个根系连土挖出,在水桶中浸泡 2 h 左右,将根提出洗净干,用 WinRHIZO 系统进行根系扫描测定根长密度和根表面积。

1.2.5 水分利用效率和品质 收获时每个小区中部随机取 10 株测定单株经济学产量和生物学产量,每小区单收折算经济学产量和生物学产量,计算水分利用效率^[11]。每个小区选择 5 株甘蓝净菜,测定维生素 C 含量和粗蛋白含量。叶球维生素 C 含量采用 2,6 二氯酚法测定,粗蛋白含量采用考马斯亮蓝法测定。

1.2.6 数据处理 数据处理采用 SPSS 软件 DUNCAN 法多重比较,处理间不同字母表示差异显著,相同字母表示差异不显著($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 交替沟灌对田间耗水量的影响

与大畦灌相比,甘蓝缓苗后交替沟灌和莲座后交替沟灌田间耗水总量分别节约 123 mm 和 94 mm,

节水 30% 和 23%;与常规沟灌相比,甘蓝缓苗后交替沟灌和莲座后交替沟灌分别节水 17% 和 8%。常规沟灌比大畦灌田间耗水总量节约 66 mm,节水 16%(表 1)。

表 1 不同灌溉条件对春甘蓝田间耗水量的影响(mm)
Table 1 The effect of different irrigation on field water consumption of cabbage

处理 Treatments	灌水量 Irrigation	降水量 Rainfall	土壤耗水 Soil water consumption	田间耗水量 Field water consumption
缓苗后交替沟灌 Alternate furrow irrigation after revival	210	59	13	281
莲座后交替沟灌 Alternate furrow irrigation after lotus seat	240	59	11	310
常规沟灌 Furrow irrigation	270	59	9	338
大畦灌 Full irrigation	338	59	7	404

2.2 交替沟灌对土壤含水量变化的影响

甘蓝生育期内不同处理 0~20 cm 和 20~40 cm 的土壤含水量如图 1,隔沟灌 1,2 分别表示交替沟灌

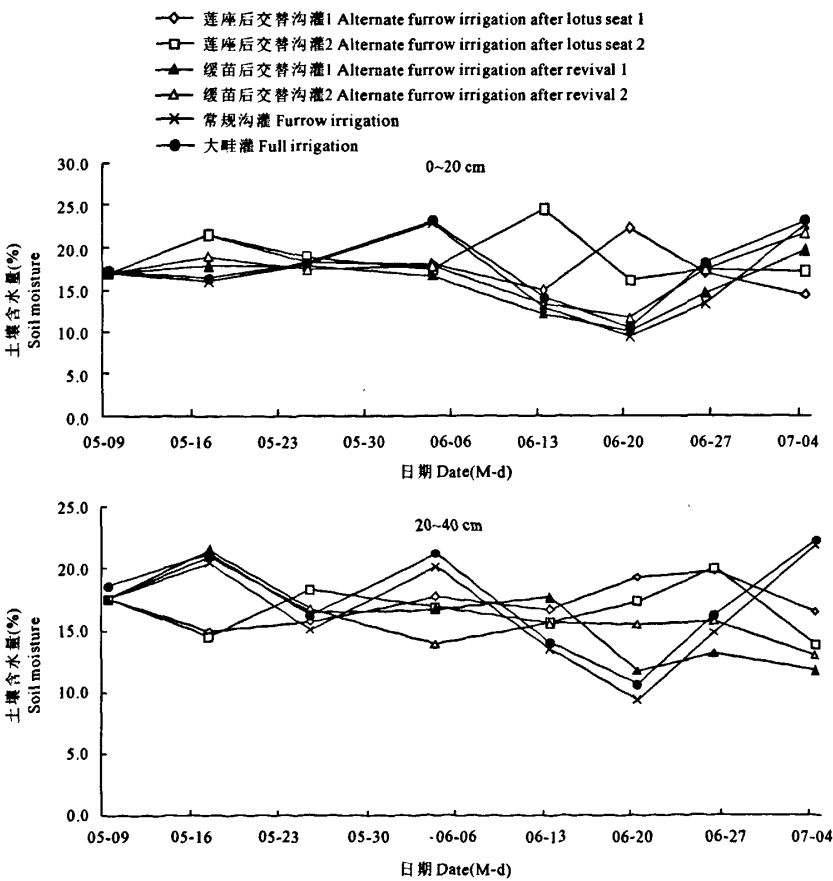


图 1 交替沟灌对土壤含水量的影响
Fig.1 the change of soil moisture of alternate irrigation

的相邻两沟。4 种灌溉方式 0~20 cm 的土壤含水量莲座期前变化相近,莲座期后 2 种交替沟灌处理相邻沟的土壤水分变化交替上升和下降;灌水沟的土壤含水量极大值比常规沟灌高。常规沟灌的土壤含水量与传统大畦灌的土壤含水量变化相近。20~40 cm 土层交替沟灌的灌水沟和非灌水沟的土壤水分变化交替上升和下降的动态变化更为明显,土壤含水量波动幅度较小。甘蓝根系主要分布在这一土层内,隔沟交替灌可以使部分根系湿润而部分根系干燥,可以使植株的不同部分根系交替感受较弱的水分胁迫。

40 cm 以下土层由于受灌溉和植物根系活动的影响不大,整个生育期中土壤含水量变化不大;与常

规沟灌相比,缓苗后、莲座后交替沟灌的土壤含水量分别平均减少 0.8 和 0.9 个百分点。由于甘蓝的主要根系分布在 0~40 cm,40 cm 以下的土壤水分很难为作物所利用,这与人^[5,6]的交替沟灌可以提高灌水有效性,减少深层渗漏损失结论一致。

2.3 交替沟灌对甘蓝株高、开展度和根系的影响

2.3.1 交替沟灌对甘蓝株高、开展度的影响 缓苗后交替沟灌株高增加速度最慢,常规沟灌的株高增大最快,莲座后交替沟灌株高增加速度与传统大畦灌相近。两个交替沟灌的开展度增加较慢,常规沟灌和传统大畦灌开展度增加较快,到收获时常规沟灌和传统大畦灌的开展度差异不显著,显著高于两个交替沟灌处理(图 2)。

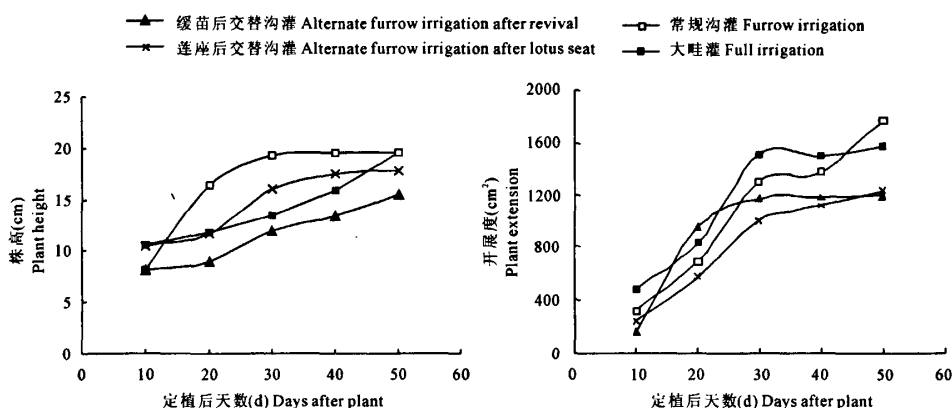


图 2 不同灌溉条件对春甘蓝株高和开展度的影响

Fig.2 Cabbage height and extension under different irrigation

2.3.2 交替沟灌对甘蓝收获时根长密度和根表面积的影响 根系生长主要受土壤水分、氧气供应量和土壤密度影响,根系分布的差异用根长密度和根表面积来反映。收获时直观观察,交替沟灌的根系比常规沟灌水平伸展幅度大,但主根长比常规沟灌略短;常规沟灌的根系水平伸展幅度比大畦灌小,但主根长较长。不同灌溉方式下甘蓝根长密度和根表面积见表 2。与传统大畦灌相比,甘蓝缓苗后交替沟灌和莲座后交替沟灌根长密度分别增加 23% 和 29%,根总表面分别增加 33% 和 38%。与常规沟灌相比,甘蓝缓苗后交替沟灌和莲座后交替沟灌的根长密度分别增加 7% 和 12%,根总表面积分别增加 9% 和 13%。与传统大畦灌相比常规沟灌的根长密度和根总表面分别增加 16% 和 22%。这可能是由于起垄栽培和土壤不同部位的干湿交替有利于氧气的扩散,以及适当的胁迫作用,促进了根系的生长发育,这与前人的研究结果一致^[12,13]。

表 2 不同灌溉方式下甘蓝根长密度和根表面积

Table 2 Cabbage root length density and surface area under different irrigation methods

处理 Treatments	根长密度 Root length density (mm/cm ²)	根总表面积 Total root surface area (cm ²)
缓苗后交替沟灌 Alternate furrow irrigation after revival	0.059	605.4
莲座后交替沟灌 Alternate furrow irrigation after lotus seat	0.062	625.8
常规沟灌 Furrow irrigation	0.055	553.9
大畦灌 Full irrigation	0.048	453.6

2.4 交替沟灌对春甘蓝光合速率、蒸腾速率的影响

从整体趋势上看,光合速率与蒸腾速率的变化趋势一致(图 3)。6 月 13 日和 6 月 26 日的光合速率和蒸腾速率都较低,这可能与 6 月 12 日降雨 9.8 mm,6 月 13 日阴天,6 月 26 日灌水,温室内空气湿

度大有关。与传统畦灌相比,全生育期缓苗后交替沟灌和莲座后交替沟灌的平均光合速率分别增加 26% 和 48%,蒸腾速率分别减少 26% 和 19%。与常规沟灌相比,缓苗后交替沟灌和莲座后交替沟灌的

平均光合速率分别增加 44% 和 25%,平均蒸腾速率分别减少 15% 和 7%。与传统畦灌相比,常规沟灌的平均光合速率增加 18%,平均蒸腾速率减少 13% (见图 3)。

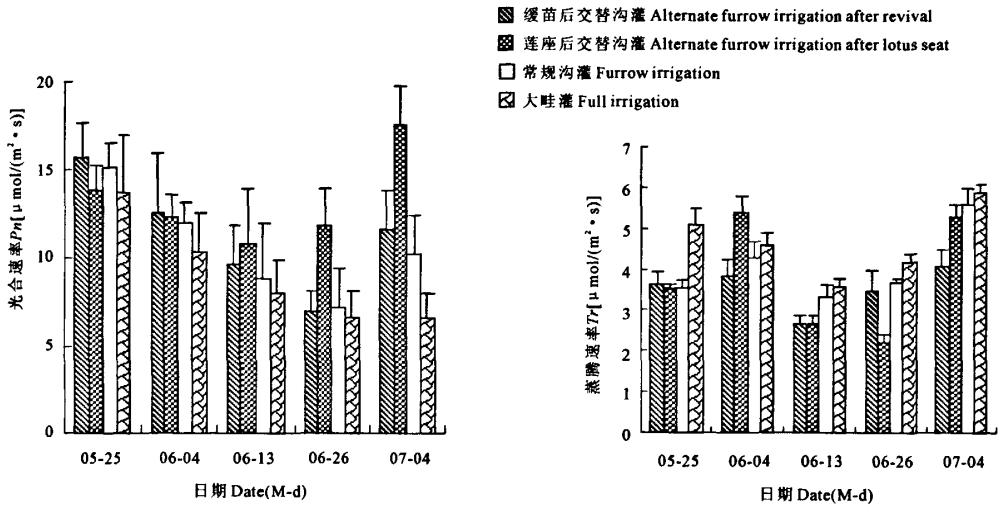


图 3 不同灌溉处理的光合速率和蒸腾速率

Fig.3 The photosynthesis and trans-evaporaion rate under different irrigation treatment

2.5 交替沟灌对品质的影响

3 种沟灌处理的 Vc 和粗蛋白含量差异均不显著,缓苗后交替沟灌比传统畦灌 Vc 增加 8.3 mg/100g,差异达显著水平;粗蛋白含量显著增加1.3 个百分点,差异显著(见表 3)。

2.6 交替沟灌对产量和水分利用的影响

由表 4 可以看出,甘蓝 3 种沟灌下的单球重差异不显著,莲座后交替沟灌的单球重比大畦灌增加 0.27 kg,达显著差异水平。3 种沟灌下的经济学产量差异不显著。甘蓝缓苗后交替沟灌和莲座后交替沟灌的经济学产量分别比大畦灌增加 14% 和 24%,水分利用效率分别增加 8.5 kg/m³ 和 8.4 kg/m³。与常规沟灌相比,甘蓝缓苗后交替沟灌水分利用效率增加 3.5 kg/m³;莲座期后交替沟灌水分利用效率增

加 3.4 kg/m³。常规沟灌比传统大畦灌增产 16%,水分利用效率增加 5.0 kg/m³(表 4)。

表 3 交替沟灌对 Vc 和粗蛋白含量的影响
Table 3 Vc and crude protein content of cabbage under different irrigation treatments

灌溉方式 Irrigation treatments	Vc (mg/100g)	粗蛋白(%) Crude protein
缓苗后交替沟灌 Alternate furrow irrigation after revival	28.3a	5.80a
莲座后交替沟灌 Alternate furrow irrigation after lotus seat	24.0ab	5.00ab
常规沟灌 Furrow irrigation	23.9ab	5.10ab
大畦灌 Full irrigation	20.0b	4.50b

表 4 交替沟灌对甘蓝产量和水分利用的影响

Table 4 Yield of cabbage under different irrigation methods

处理 Treatments	单球重 Cabbage head weight (kg)	单株生物重 Cabbage biological weight (kg)	经济学产量 Economical yield (t/hm ²)	地上生物学产量 Biological yield (t/hm ²)	水分利用效率 Water use efficiency (kg/m ³)
缓苗后交替沟灌 Alternate furrow irrigation after revival	1.24ab	1.55b	61.9ab	77.3b	22.0a
莲座后交替沟灌 Alternate furrow irrigation after lotus seat	1.36a	1.58b	67.8a	79.7b	21.9a
常规沟灌 Furrow irrigation	1.25ab	1.75a	62.7ab	87.3a	18.5b
大畦灌 Full irrigation	1.09b	1.78a	54.5b	89.1a	13.5c

3 结论与讨论

1) 与常规沟灌相比,缓苗后隔沟灌和莲座后隔沟灌的平均光合速率分别增加 15%、28%,平均蒸腾速率分别减少 25%、19%。与传统畦灌相比,常规沟灌的平均光合速率增加 18%,平均蒸腾速率减少 13%。这与石培泽、段爱旺、潘英华、梁宗锁等^[3-5]在控制性交替沟灌在玉米上的应用效果研究和康绍忠等提出的作物根系分区交替灌溉的原理^[12,13]一致。

2) 甘蓝莲座期结束后交替沟灌比常规沟灌节水 8%,产量增加 8%,水分利用效率增加 3.4 kg/m³;常规沟灌与传统大畦灌相比节水 16%,产量增加 15%,水分利用效率增加 5.0 kg/m³。这与 Grime 和 Kemper 等^[6,7]交替沟灌在棉花、高粱、玉米上应用灌水量减少 29%,而产量下降 4.7%的结果不太一致,产量实现了增加。甘蓝从定植到莲座期采用常规沟灌,莲座叶迅速将地封严,田间蒸发量减小,莲座结束后交替沟灌可能更适合甘蓝的生长需要,试验为交替沟灌节水增产提供了新的思路。

3) 甘蓝常规沟灌与传统大畦灌相比节水 16%,产量增加 15%。究其原因可能是起垄栽培常规沟灌有利于地温的升高和光合作用的加强,同时减少了每次的湿润面积和蒸腾速率;传统畦灌灌水量多却产量低的原因可能是传统畦灌忽干忽湿,土壤板结,透气性差,根系发育也较差,这与前人研究的大畦改小畦,宽畦改窄畦可以节水^[10,11]的结果一致。

4) 本文只设了两个不同时期的交替沟灌,而且这是一年的试验结果,甘蓝隔沟交替灌不同土壤质地的适宜时期和适宜灌溉量还需进一步深入研究。

5) 交替沟灌实际操作中:灌溉设施选择直径为 4"PE 薄壁软管(壁厚 0.35 mm 左右)为主管路,主管路上间隔 1.2~1.4 m(根据作物行距)配一 40~70

cm 长的直径为 2"PE 软管支管,这次灌溉时统一将支管置于奇数沟,下次灌溉时统一将支管置于偶数沟。施肥选用压差式施肥罐,灌溉设施和施肥罐一起可随水追肥,实现水肥一体。投入少,操作维护简便。

参考文献:

- [1] 梁宗锁,康绍忠,胡 炜,等.控制性分根交替灌溉的节水效应[J].农业工程学报,1999,(12):58—63.
- [2] 史文娟,康绍忠,王全九.控制性分根交替灌溉——常规节水灌溉技术的新突破[J].灌溉排水,2000,19(1):32—35.
- [3] 石培泽,杨秀英.垄植玉米控制性交替沟灌节水高效技术及效应[J].甘肃水利水电技术,1999,(1):35—37.
- [4] 段爱旺,肖俊夫,张寄阳,等.控制交替沟灌中灌水控制下限对玉米叶片水分利用效率的影响[J].作物学报,1999,(11):766—771.
- [5] 潘英华,康绍忠.交替隔沟灌溉水分入渗规律及其对作物水分利用的影响[J].农业工程学报,2000,16(1):39—43.
- [6] Grimes D W, Walhood V T, Dickens W L, et al. Alternate furrow irrigation for San Joaquin Valley cotton[J]. California Agriculture, 1968,22:4—6.
- [7] Kemper W D, Ruffing B J, Bondurant J A. Furrow intake rates and water management[J]. Trans of the ASAE, 1982,25:333—339,343.
- [8] 王志平,李昌伟,黄以华,等.交替沟灌在甘蓝、绿菜花和大白菜上的应用[J].中国蔬菜,2006,(10):16—18.
- [9] 王志平,王克武,李红岭,等.不同灌溉条件对甘蓝生物学性状、产量和水分利用效率的影响[J].北京农业,2008,(18):17—21.
- [10] 全国农业技术推广服务中心.节水农业技术理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [11] 山 仑,康绍忠,吴普特.中国节水农业[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [12] 韩艳丽,康绍忠.根系分区交替灌水对玉米吸收养分影响的初步研究[J].农业工程学报,2002,18(1):57—60.
- [13] 梁宗锁,康绍忠,高俊凤,等.分根交替渗透胁迫与脱落酸对玉米根系生长和蒸腾效率的影响[J].作物学报,2002,26(2):250—254.

The application of alternate furrow irrigation on open field spring cabbage

WANG Zhi-ping¹, ZHOU Ji-hua¹, HUANG Xing-fa², ZHAO Yi³

(1. Beijing Agro-Technical Extension Center, Beijing 100029, China;

2. College of Water Conservancy & Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

3. Yanqing Agro-Technical Extension Station, Beijing 102100, China)

Abstract: The effects of alternate furrow irrigation on open field spring cabbage were studied on soil moisture, plant growth, psychology and water use efficiency, with furrow irrigation and full irrigation control. The results showed: comparing to furrow irrigation, alternate furrow irrigation after revival saved water by 17%, while water use efficiency increased 3.5 kg/m^3 ; alternate furrow irrigation after lotus seat saved water by 8%, while water use efficiency increased 3.4 kg/m^3 ; comparing to full irrigation, furrow irrigation saved water by 17%, while water use efficiency increased 5.0 kg/m^3 . Comparing to full irrigation, alternate furrow irrigation after lotus seat could increase photosynthetic rate, root length density and total root surface area, reduce transpiration rate, increase economic yield by 24%, increase water use efficiency by 8.4 kg/m^3 , while save water by 23%. What's more, combined with suitable irrigation pipe and fertigation equipment, alternate furrow irrigation is a useful and economical way for water saving.

Keywords: cabbage on open field; alternate furrow irrigation; psychology; water use efficiency, irrigation pipe

(上接第39页)

The wetting front distribution characteristic and the fitting model of single point free infiltration under deep pit irrigation in the field

LI Tao, ZHANG Jian-feng, CHENG Hui-juan, YANG Yan-fen, QIN Tao

(Institute of Water Resources, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: In order to understand the distribution of wetting front for deep-pit irrigation, the effects of different irrigation and different emitter diameters on wetting front diameter of different levels and depth is studied with the experiment of infiltration on undisturbed soil. The mainly findings are as follows: The principle of deep-pit irrigation is introduced; In the coarse texture of the original soil, the maximum diameter of horizontal wetting front is usually from about 30 cm to 50 cm in depth, and 200 mm of irrigation device diameter and 30 L of each time irrigation quantity are appropriate. Additionally, the fitting model of a single irrigator is established with clear physical meaning. After preliminary evaluation, the model, with less than 10% error, proves relatively high accuracy in calculation and a kind of appropriate mathematical form for wetting front distribution of deep-pit irrigation, which will provide an important reference for further research on deep-pit irrigation.

Keywords: deep pit irrigation; wetting front; infiltration