



徐莹莹,刘玉涛,王宇先,等.黑龙江西部地区水的综合节水技术研究[J].黑龙江农业科学,2019(4):1-5.

黑龙江西部地区水稻综合节水技术研究

徐莹莹,刘玉涛,王宇先,高盼,杨慧莹,王俊河,于海林

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为解决黑龙江省西部地区水资源短缺,水稻种植水分利用效率低等问题,开展节水技术研究,最终建立渠道防渗结合间歇灌溉的综合节水模式,实现水稻生产节水、节本、增效。结果表明:采用渠道防渗技术可减少输水损失,应用间歇灌溉可减少田间灌水损失;集成的综合节水模式和相邻地块的常规种植相比,水稻的有效穗数、每穗实粒数、结实率均有所增加,穗粒重和产量明显提高,产量增加 5.87%; $WUE_{总水分}$ 提高 17.95%;节约成本投入 285 元· hm^{-2} ,经济效益增加 1 842.9 元· hm^{-2} ,增幅 14.26%。

关键词:水稻;节水;灌溉;产量;经济效益

水稻是黑龙江省第二大粮食作物。据国家粮油信息中心统计,2017 年全省水稻种植面积达 330 万 hm^2 ,约占粮食作物播种总面积的 30%,水稻总产量为 2 377 万 t,约占粮食总产量的 40%。黑龙江省西部地区是黑龙江省水稻主产区之一,因此该区的水稻生产对保证黑龙江省粮食安全意义重大。

水稻种植用水量占农业用水量的 70%,占全国总用水量的 50% 左右。传统的淹水灌溉耗水量极大,达 6 000~9 000 $m^3 \cdot hm^{-2}$,而能被利用的水量仅为 2 400~3 600 $m^3 \cdot hm^{-2}$,水分利用效率低于 50%,水资源浪费极其严重^[1]。灌溉方式不合理及灌溉过程中的水分流失是加剧水资源短缺和水污染的重要原因。根据水利部、中国工程院等部门的预测,中国农业用水必须维持零增长或负增长,才能保证中国用水安全和生态安全。缓解水资源供需矛盾的重要途径之一是发展节水灌溉农业^[2]。因此,研究和推广水稻节水技术是十分迫切必要的。

水稻节水主要包括工程节水和农艺节水两部分。农民采用的传统灌溉通常是以挖土成渠的方式将水输送到农田里,在输送过程中水分会挥发

与渗漏,造成部分水资源流失。采用浆砌块石或干砌块石浇筑成混凝土护面的工程节水方式,可减少 80%~90% 的渗漏损失度^[3]。农艺节水是基于水稻生育期不同阶段的需水规律,适时适量的供水,以最低限度的用水量获得最大产量。20 世纪 80 年代以来,水稻节水灌溉技术发展较快,间歇灌溉和控制灌溉等技术逐渐成熟,应用后可节水 20%~40%,而水稻产量与常规淹灌持平或更高^[4-5]。本研究以农民常规种植为对照,建立以渠道防渗为主结合农艺节水的综合节水模式,实现水稻生产节水、节本、增效。

1 材料与方

1.1 试验地概况

试验在齐齐哈尔市泰来县大兴镇依布气村(N46°53',E123°45')进行,该区属中温带大陆性季风气候,年平均气温 4℃,无霜期 135 d,年平均降水量 380 mm,春季偏少,夏秋季雨量集中,活动积温约 2 877℃。土壤类型为黑钙土。

1.2 材料

选用黑龙江省种植面积较大,抗旱性、抗逆性及产量性状表现较优的绥粳 18 作为供试品种。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 (1)工程节水:分别采用混凝土护面渠道和常规土渠进行灌溉水的输送。(2)农艺节水:设 4 种灌水方式,分别为常规淹灌、间歇灌溉、控制灌溉 I 和控制灌溉 II。具体灌溉方式如表 1 所示。输水均为传统土渠。随机区组设计,3 次重复,小区长 7.0 m,宽 3.6 m,于 4 月 12

收稿日期:2018-11-15

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0300104-2);齐齐哈尔市科技局农业攻关项目(NYGG-201625)。

第一作者简介:徐莹莹(1989-),女,硕士,研究实习员,从事作物耕作栽培和农业微生物研究。E-mail: ghdetongzhuo@163.com。

通讯作者:刘玉涛(1968-),男,学士,研究员,从事作物栽培研究。E-mail: 00681107@163.com。

日播种,5月17日插秧,插秧行穴距分别为30和14 cm,12行区,每穴5株。(3)综合节水技术:选出最适农艺节水灌溉方式,结合混凝土护面输水,形成综合节水模式。

1.3.2 测定项目与方法 工程节水水量测定:采用苏州格林仪表科技有限公司生产的GL-MQ-

100超声波明渠流量分别测定混凝土护面防渗渠、土渠输水量(水渠宽0.8 m,设定测量输水长度为1 000 m),计算出防渗渠的节水量。节水量=混凝土护面防渗渠首末端水量差值-土渠首末端水量差值。水分利用效率测定: $WUE_{\text{水渠}}(\%) = \text{输水渠末端水量} \div \text{首端水量} \times 100$ 。

表 1 不同灌溉方式设计

Table 1 Design of different irrigation methods

灌溉方式 Irrigation method	灌溉时期 Irrigation period					
	插秧至返青期	分蘖期	拔节孕穗期	抽穗开花期	乳熟期	乳熟末期
	Transplanting to returning green period	Tillering stage	Jointing and booting stage	Heading and flowering stage	Milky stage	Late ripening stage
间歇灌溉 Intermittent irrigation	灌水层 50~70 mm	每 7~9 d 灌 1 次水,每次灌水 50~70 mm,使田面形成 20~40 mm 水层,自然落干,有水层 4~5 d,无水层 3~4 d,反复交替。	同分蘖期	同分蘖期	同分蘖期	排水晒田
控制灌溉 I Controlled irrigation I	灌水层 50~70 mm	定额灌溉,定额量为灌溉后田间水层深度保持在 30 mm。	采取间歇灌溉处 理,定额灌溉,水 层保持在 30 mm。	同拔节 孕穗期	同拔节 孕穗期	排水晒田
控制灌溉 II Controlled irrigation II	灌水层 50~70 mm	定额灌溉,定额量为灌溉后田间水层深度保持在 15 mm。	采取间歇灌溉处 理,定额灌溉,水 层保持在 15 mm。	同拔节 孕穗期	同拔节 孕穗期	排水晒田
常规淹灌 Conventional irrigation	灌水层 50~70 mm	田间水位始终保持在 100~150 mm。	同分蘖期	同分蘖期	同分蘖期	排水晒田

农艺节水降雨量测定:采用田间自动气象观测站对整个生育期间的降雨量进行自动采集。灌溉水量测定:采用苏州格林仪表科技有限公司生产的GL-MQ-100超声波明渠流量计进行灌溉水量测定。田间水层测定:采用直尺测定,三角状放置3个直尺,每次灌水后读取水层深度,取3个平均值即为水层深度。土壤贮水量测定:分别测定水稻播前和收获后土壤容重和含水率,计算出土壤贮水量。水分利用效率测定:以1 hm²稻田实际灌溉的单位水量(m³)所生产的稻谷量作为灌溉水的生产效率,按照公式计算灌溉水分利用效率(water use efficiency, WUE), WUE=单位面积产量/单位面积灌溉量。

综合节水产量测定:分别测定插秧稻综合节水配套技术种植和农民传统插秧种植的水稻产量。成熟后每小区割收10 m²进行测产,实测产

量 $Y(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = W \div S \times [(1-M) \div (1-M_0)] \times 10^4$, S为测产面积, W为单位面积的籽粒重量, M为籽粒含水率, M₀为梗稻籽粒标准含水率14.5%。每小区取样10株(穴)考察产量性状,调查有效穗数、穗粒数、千粒重、结实率和单株产量。经济效益分析:分析比较插秧稻综合节水配套技术种植与农民传统插秧种植的成本投入与净收益等。

2 结果与分析

2.1 工程节水效果

由表2可知,混凝土护面防渗渠实际输水量为1 480 m³·hm⁻²,渠道损失量为520 m³·hm⁻², WUE_{水渠}为74.00%;传统土渠实际输水量为1 112 m³·hm⁻²,渠道损失量为688 m³·hm⁻², WUE_{水渠}为61.78%。和土渠相比,防渗渠可节水168 m³·hm⁻², WUE_{水渠}提高19.78%。

2.2 农艺节水效果

2.2.1 不同灌溉方式下田间灌水量 由表3可知,间歇灌溉、控制灌溉I和控制灌溉II均有较好的节水效果,灌水量明显降低。节水效果最好的是控制灌溉II,其次是控制灌溉I,间歇灌溉。与淹灌相比,灌溉用水分别减少49.86%、37.64%和20.14%,总耗水分别减少30.21%、22.81%和12.20%。从水稻全生育期来看,不同灌溉方式均是在分蘖至抽穗期用水量最大。

表2 不同渠道类型的输水损失量及水分利用效率

Table 2 Water loss and water use efficiency of different channel types

渠道类型 Channel types	渠首端输水量 Head water delivery	渠末端水量 Terminal water delivery	输水损失量 Loss of water conveyance	节水量 Water saving	WUE _{水渠} /%
	/(m ³ ·hm ⁻²)	/(m ³ ·hm ⁻²)	/(m ³ ·hm ⁻²)	/(m ³ ·hm ⁻²)	
混凝土护面防渗渠 Seepage control canal with concrete cover	2000	1480	520	168	74.00
土渠 Earth canal	1800	1112	688	-	61.78

表3 不同灌溉方式下田间水量

Table 3 Field water volume under different irrigation methods

灌溉方式 Irrigation methods	田间水量 Field water volume/(m ³ ·hm ⁻²)								
	泡田	插秧至返青期	返青至分蘖期	分蘖至抽穗期	抽穗至成熟期	灌溉水总量	自然降水量	全生育期合计	节水/%
间歇灌溉	1300	650	900	2100	800	5750	4683	10433	12.20
控制灌溉 I	1300	650	600	1260	680	4490	4683	9173	22.81
控制灌溉 II	1300	650	340	880	440	3610	4683	8293	30.21
常规淹灌	1300	650	1400	2700	1150	7200	4683	11883	-

表4 不同灌溉方式下水分利用效率

Table 4 Water use efficiency under different irrigation methods

灌溉方式 Irrigation methods	产量 Yield	灌溉量 Irrigation amount	自然降水量 Natural precipitation	总用水量 Total water consumption	WUE _{灌溉} / (kg·m ⁻³)	WUE _{自然降水} / (kg·m ⁻³)	WUE _{总水分} / (kg·m ⁻³)	提高 Increase /%
	/(kg·hm ⁻²)	/(m ³ ·hm ⁻²)	/(m ³ ·hm ⁻²)	/(m ³ ·hm ⁻²)				
间歇灌溉	8933.6	5750	4683	10433	1.55	1.91	0.86	14.98
控制灌溉 I	7838.0	4490	4683	9173	1.75	1.76	0.85	14.74
控制灌溉 II	7231.3	3610	4683	8293	1.98	1.52	0.87	17.09
常规淹灌	8849.5	7200	4683	11883	1.23	1.89	0.74	-

2.2.2 不同灌溉方式下水分利用效率 水分利用效率(WUE)是衡量作物水分消耗与物质生产之间关系的重要综合指标。由表4可知,WUE_{灌溉}表现为控制灌溉II>控制灌溉I>控制灌溉>常规淹灌;WUE_{自然降水}表现为间歇灌溉>常规淹灌>控制灌溉I>控制灌溉II;WUE_{总水分}表现为控制灌溉II>间歇灌溉>控制灌溉I>常规淹灌。故采用混凝土护面防渗渠结合间歇灌溉集成水稻节水综合配套技术模式。

2.3 综合节水效果

2.3.1 不同种植方式对水稻产量及产量性状的影响 由表 5 可知,节水综合技术种植模式下,水稻的有效穗数、每穗实粒数、结实率均有所增加,穗粒重和产量大幅提高。和常规种植相比,产量增加 5.87%,WUE_{总水分} 提高 17.95%。这主要是由于节水模式下,防渗渠能有效减少输入过程中水分的渗漏和蒸发,提高灌溉水分利用效率;间歇灌溉模式下,避免水稻根系长期处于淹水状态,为

植株生长发育提供更适宜的水、肥、气、热环境,促进后期干物质积累。也有研究表明,间歇灌溉不仅有利于提高水稻的水分利用效率,同时有利于提高氮肥利用效率,进而促进产量提高^[6]。

2.3.2 不同种植方式下经济效益分析 由表 6 可知,和农民常规种植相比,节水综合模式下种植可节省水费 285 元·hm⁻²,产值增加 1 407.9 元·hm⁻²,净收益增加 1 842.9 元·hm⁻²,增收 14.26%,经济效益提高明显。

表 5 不同种植方式对水稻产量性状及水分利用效率的影响

Table 5 Effects of different planting modes on yield and water use efficiency of rice								
种植方式	测产点次	每穴有效穗数	每穗实粒数	结实率	穗粒重	实测产量	增产	WUE _{总水分} / (kg·m ⁻³)
Planting	Yield	Effective	Number	Seed	Grain weight	Yield/	Increase	
mode	measurement	panicles	of grains	setting	of panicle	(kg·hm ⁻²)	/%	
		per point	per panicle	rate/%	/(kg·10 m ⁻²)			
节水综合技术	1	19.6	99.2	97.9	10.70	9561.0		
Water-saving	2	18.9	102.8	98.3	11.24	10083.0		
comprehensive	3	19.5	104.4	97.7	10.84	9636.0		
technology	平均	19.3	102.1	98.0	32.78	9760.5	5.87	0.92
常规种植	1	18.7	96.8	97.2	10.10	9072.0		
Conventional	2	18.9	97.3	97.6	10.12	9007.5		
planting	3	19.1	98.9	97.1	10.73	9576.0		
	平均	18.9	97.7	97.3	10.28	9219.0	-	0.78

表 6 不同种植方式下成本投入及效益分析

Table 6 Cost input and benefit analysis under different planting modes										(元·hm ⁻²)		
种植方式	成本 Cost									产值	净收益	增收
	育秧	机械整地	插秧	化肥	农药	田间用工	水费	收获	合计			
	Planting	Mechanical	Transplanting	Chemical	Pesticides	Field	Charge	Harvest	Total			
	mode	land	rice	fertilizer		employment	for water			Output	Net	Increase
	seedlings	preparation	seedlings							value	profit	/%
节水综合技术种植	2030	1250	1800	1550	450	1400	980	1150	10610	25377.3	14767.3	14.26
常规种植	2030	1250	1800	1500	450	1600	1265	1150	11045	23969.4	12924.4	-

稻米价格按 2.6 元·kg⁻¹ 计算。
The price of rice is calculated at 2.6 yuan·kg⁻¹.

3 结论与讨论

混凝土护面防渗渠输水,渠道损失量为 520 m³·hm⁻²,WUE_{水渠} 为 74.00%;传统土渠输水,渠道损失量为 688 m³·hm⁻²,WUE_{水渠} 为

61.78%。和土渠相比,混凝土护面渠道可节水 168 m³·hm⁻²,WUE_{水渠} 提高 19.78%。邹鹏等^[7]认为,做好渠道防渗能够节约水资源,提高水资源的利用率,对农业生产灌溉具有重要作用。此外,

水利工程渠道防渗能够对地下水位进行调控,减少次生盐渍化的发生,同时能够改良沼泽地和盐碱地土壤,使生态环境得到改善。

间歇灌溉、控制灌溉 I 和控制灌溉 II 均有较好的节水效果,灌水量明显降低,这与唐国贵^[8]的研究结果相一致。本研究中节水效果最好的是控制灌溉 II,其次是控制灌溉 I,间歇灌溉。与淹灌相比,灌溉用水分别减少 49.86%、37.64% 和 20.14%,总耗水分别减少 30.21%、22.81% 和 12.20%。WUE_{灌溉} 表现为控制灌溉 II>控制灌溉 I>控制灌溉>常规淹灌;WUE_{自然降水} 表现为间歇灌溉>常规淹灌>控制灌溉 I>控制灌溉 II;WUE_{总水分} 表现为,控制灌溉 II>间歇灌溉>控制灌溉 I>常规淹灌。产量表现为间歇灌溉>常规淹灌>控制灌溉 I>控制灌溉 II。

混凝土护面防渗渠结合间歇灌溉集成水稻节水综合配套技术模式和相邻地块常规淹灌相比,有效穗数、每穗实粒数、结实率均有所增加,穗粒

重和产量显著提高,产量增加 5.87%,WUE_{总水分} 提高 17.95%。可节约成本投入 285 元·hm⁻²,经济效益增加 1 842.9 元·hm⁻²,增幅 14.26%。

参考文献:

- [1] 迟道才,林文华,朱庭芸,等.水稻节水灌溉技术研究现状与发展趋势[J].垦殖与稻作,2003(5): 39-41.
- [2] 张丹.农业节水灌溉存在的问题与发展对策研究[J].水资源研究,2017,6(1): 49-54.
- [3] 张斌.关于农田水利工程节水灌溉技术的研究[J].农业科技与信息,2016(17): 96,99.
- [4] 孙小淋,杨立年,杨建昌.水稻高产节水灌溉技术及其生理生态效应[J].中国农学通报,2010,26(3): 253-257.
- [5] 贾宏伟,王晓红,陈来华.水稻节水灌溉研究综述[J].浙江水利科技,2007(3): 19-20,25.
- [6] 李亚龙,崔远来,李远华,等.水肥交互作用对稻田氮素利用率和氮素平衡的影响[J].灌溉排水学报,2009,28(4): 21-24.
- [7] 邹鹏,袁芙蓉.水利工程渠道防渗技术探究[J].湖南农机,2014,41(7): 172,174.
- [8] 唐国贵.北方水稻节水灌溉栽培技术应用[J].农民致富之友,2017(1): 12.

Study on Comprehensive Water Saving Technology of Rice in Western Heilongjiang Province

XU Ying-ying, LIU Yu-tao, WANG Yu-xian, GAO Pan, YANG Hui-ying, WANG Jun-he, YU Hai-lin

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to solve the problems of water shortage and low water use efficiency of rice planting in western Heilongjiang Province, water-saving technology research was carried out, and finally a comprehensive water-saving mode of canal seepage control combined with intermittent irrigation was established to realize water-saving, cost-saving and efficiency-increasing in rice production. The results showed that canal seepage control technology could reduce water loss and intermittent irrigation could reduce field irrigation loss. Compared with conventional planting in adjacent farmer plots, increase effective panicle number, grain number per panicle, seed setting rate, grain weight per panicle and yield increased significantly by integrated water-saving model. And yield increased by 5.87%, water use efficiency increased by 17.95%, cost-saving input 285 yuan·hm⁻², and economic benefit increased 1 842.9 yuan·hm⁻², which increased by 14.26%.

Keywords: rice; water saving; irrigation; yield; economic benefits

致 读 者

为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊现被《中国学术期刊网络出版总库》及 CNKI 等系列数据库收录,其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意文章被收录,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

《黑龙江农业科学》编辑部