

# 广西糖料蔗高效节水灌溉方式适应性调查

闫九球<sup>1</sup>, 吴卫熊<sup>2</sup>

(1.广西壮族自治区水利厅, 530023, 南宁; 2.广西壮族自治区水利科学研究院, 530023, 南宁)

**摘要:**广西壮族自治区是糖料蔗主要种植产地, 长期以来, 传统的渠道灌溉影响了广西蔗糖产业的发展。通过对广西蔗区高效节水灌溉方式应用现状调查, 阐述了糖料蔗高效节水灌溉方式存在的问题。基于此, 选择典型工程, 分析糖料蔗各种灌溉方式中管理体制、灌溉定额、灌溉技术特性、灌溉效益以及成本、农艺措施、农机措施、地形坡度和水源条件等因素, 并结合近几年广西糖料蔗灌溉试验数据, 总结蔗区滴灌(含地表滴灌和地埋滴灌)、微喷灌、喷灌(含固定式喷灌和其他)和低压管道输水灌溉的适应性。

**关键词:**广西; 糖料蔗; 高效节水灌溉; 灌溉方式; 适应性

**Adaptation of highly-efficient water-saving irrigation methods for sugarcane planting in Guangxi//Yan Jiuqiu, Wu Weixiong**

**Abstract:** Guangxi Zhuang Autonomous Region is one of the main sugarcane planting areas in China. However, the development of sugar industry has been affected by the traditional method of canal irrigation. Application of irrigation methods in sugarcane planting areas has been investigated and existing problems are put forward. Based on typical areas, influential factors to various irrigation methods are evaluated, such as management system, irrigation quota, special features of irrigation technology, benefits and costs of irrigation, requirements to agriculture and farm machinery, gradient of landscape and water condition. According to the experimental data in recent years, the adaptation of drip irrigation (surface and buried drips), micro sprinkler, sprinkler (fixed and others) and low pressure pipe irrigation are summarized.

**Key words:** Guangxi; sugarcane; highly-efficient water-saving irrigation; irrigation method; adaptation

中图分类号: S274

文献标识码: B

文章编号: 1000-1123(2015)07-0044-05

广西壮族自治区种植糖料蔗的旱坡地有 1 600 多万亩(15 亩=1 hm<sup>2</sup>, 下同), 蔗糖产量约占全国的 2/3, 糖料蔗种植受益人口达 2 000 多万人, 糖料蔗成为广西农村的主要经济来源。但由于传统的渠道灌溉对地形起伏变化适应性差, 山丘区渠灌工程施工复杂、造价高, 长期以来, 蔗区生产基本靠天吃饭, 不仅产量低, 且品质差, 一定程度上影响了广西蔗糖产业的发展。以滴灌、微喷灌、喷灌、低压管道输水灌溉为主的高效节水灌溉具有节水增产增收且适应地形变化的优点, 是解决广西蔗糖业干旱缺水

的一项重要措施。在蔗区推进高效节水灌溉技术, 亩均产量可提高 2~3 t 以上, 不仅能促进农民增产增收, 还能推进农业现代化发展, 做强做大做优广西蔗糖产业, 保障广西工业及国民经济快速发展。因此, 迫切需要分析总结山丘区高效节水灌溉技术的适应性, 为糖料蔗高效节水灌溉规模化发展提供技术支撑。

## 一、广西糖料蔗区高效节水灌溉方式应用现状

水是糖料蔗原生质的主要成分、光合作用的原料之一、蔗株对物质吸收

和运输的溶剂, 满足蔗株对水分的要求, 是提高蔗径产量和糖分的基本条件。为全面了解各种灌溉方式在广西蔗区的应用成效, 为蔗区发展节水灌溉选择适宜的灌溉方式提供技术指导, 广西水利厅组织对广西农垦集团国有金光农场等 24 个典型工程进行调研。调研结果表明: 20 世纪 80 年代以来, 广西农垦系统各农场已经开始在糖料蔗区积极推广固定式喷灌、低压管道输水灌溉等高效节水灌溉, 解决糖料蔗种植在每年 2—4 月、9—10 月时间段的干旱缺水问题; 近年, 广西各级水利部门引进滴灌、微喷灌到糖料蔗灌溉中, 实现

收稿日期: 2015-03-19

作者简介: 闫九球, 副厅长, 教授级高级工程师。

基金项目: 水利部公益行业科研专项项目(201301013), 广西农业科技成果转化资金项目(14125004-4)。

水肥一体化;2012年,廖平农场出租部分蔗区给种植公司修建指针式喷灌工程,实现蔗区灌溉自动化。

在摸索糖料蔗节水灌溉过程中,各地初步总结出适合当地情况的灌溉方式。如:广西农垦系统各农场从运行方便、管护简单、维修成本低等方面考虑,主推固定式喷灌和低压管道输水灌溉;崇左市江州区土地流转集中经营,考虑水肥一体化和机械化耕收,主推地埋滴灌;崇左市扶绥县根据糖料蔗套种西瓜的特点,主推微喷灌;防城港市上思县则供水到地头,用户可选择管灌或者配套辅管和滴灌带,使用滴灌。但在实际应用中还存在灌溉方式的部分瓶颈问题尚未得到很好解决、运行管护缺位严重影响工程长久运行、灌溉工程和农艺农机尚未很好衔接、设备维修难度大影响灌溉工程效益发挥等问题。

## 二、糖料蔗高效节水灌溉方式适应性分析

目前在广西糖料蔗区得到推广应用的灌溉方式主要有:滴灌(含地表滴灌和地埋滴灌)、微喷灌、固定式喷灌、指针式喷灌和低压管道输水灌溉等。灌溉方式选取主要受管理体制、灌溉定额、技术特性、灌溉效益及成本、农艺措施、农机措施、地形和水源条件等8个方面因素的影响。因此,从以上8个因素对滴灌、微喷灌、固定式喷灌和低压管道输水灌溉等的影响分析各种灌溉方式的适应性。

### 1.管理体制

滴灌(含地表滴灌和地埋滴灌)、固定式喷灌或指针式喷灌、微喷灌,

具有省工省水省肥增产但管理集中度要求高的特点,因此土地流转后采用专业公司管护的项目区,或土地整合合并成立农业用水户协会可以实行统一灌溉、统一收缴水费的项目区,或广西农垦集团下属农场项目区均适宜采用,而有套种西瓜等农作物要求的项目区宜优先选择微喷灌。

低压管灌省工省水省肥增产效益远不如以上几种灌溉方式,但其运行管理方式相对灵活,因此对农户分散经营的项目区比较适宜;对于这类工程,政府负责建设至田间出地管,并根据需要安装水表,田间的辅管和微喷带由受益农户负责购置,并在轮到该户灌溉时自行或雇人铺设灌溉,农业用水户协会负责收缴水费以及工程的维修养护(详见表1)。

### 2.灌溉定额

根据桂林市、南宁市、北海市、江州区等灌溉试验站的试验数据,得到桂南优势区(含南宁市、北海市、钦州市和防城港市)糖料蔗全生育期的需水量为625 m<sup>3</sup>/亩,桂西南优势区(崇左市)糖料蔗全生育期的需水量为482 m<sup>3</sup>/亩,桂中优势区(含来宾市、柳州市和贵港市)糖料蔗全生育期的需水量为575 m<sup>3</sup>/亩,桂西北优势区(含百色市和河池市)糖料蔗全生育期的需水量为548 m<sup>3</sup>/亩。

根据广西水利厅组织开展的灌溉试验以及广西地方标准《糖料蔗灌溉定额及灌溉技术规程》,在P=85%水平年,田间沟灌的低压管道输水灌溉定额最大,普遍达到360~463 m<sup>3</sup>/亩;喷灌(含固定式喷灌和指针式喷灌)

次之,为206~237 m<sup>3</sup>/亩;紧接着是微喷灌,为174~225 m<sup>3</sup>/亩;田间采用淋灌的低压管道输水灌溉定额为83~106 m<sup>3</sup>/亩;最省水的灌溉方式是滴灌,仅为74~94 m<sup>3</sup>/亩。以区域统计,在同一种灌溉方式中,桂南优势区的灌溉定额最大,桂中优势区次之,桂西北优势区第三,桂西南优势区的灌溉定额最小。

在各灌溉方式中,伸长期灌水量最大,占全生育期灌溉定额的48%;成熟期灌水量次之,占全生育期灌溉定额的19%;苗期和分蘖期需水量基本相当,占全生育期灌溉定额的12%;萌芽期最小,占全生育期灌溉定额的9%。详见表2。

### 3.技术特性

为确保糖料蔗高效节水灌溉工程良好运行,蔗区高效节水灌溉项目区规模不应超过4000亩,超过4000亩的项目区应进行分区,每个分区还应以300~500亩为单位划分单元;有条件设置高位水池的要尽量建设高位水池,把工程划分为提水系统和配水系统;不具备修建高位水池的项目区,也应分区分压,减少工程投资和运行费用。各种灌溉技术也有不同要求,如滴灌对水质要求最高,需要针对水源的水质条件配备过滤设备,同时,要解决好滴灌(特别是地埋滴灌)的防堵塞问题,配套完善水肥一体化;喷灌(主要是固定式喷灌)主要做好喷头的布设,既能按相关规范要求布设,满足蔗区灌溉的要求,又不影响机械化耕作;微喷灌要合理规划轮灌组,注意保障山丘区蔗区灌水均匀性,满足

表1 各种灌溉方式管理体制要求

序号	灌溉方式	管理体制要求
1	滴灌(含地表滴灌、地埋滴灌)	①土地流转采用专业公司管护的项目区;②广西农垦集团下属农场;③一般2~3人能负责管护1000亩左右,管理和维护均较方便,在施肥、施药、培土期间临时聘请3~5名农民协助;④地埋滴灌保证蔗田土壤含水率在适宜范围内,不能让土壤板结
2	微喷灌	①土地流转或整合后采用专业公司管护或农业用水户协会统一管护、套种农作物的项目区;②供水至田间地头,安装好水表,用户安装微喷带,按方收费
3	喷灌(固定式喷灌、指针式喷灌)	①土地流转采用专业公司管护的项目区;②广西农垦集团下属农场;③统一灌溉,统一收费
4	低压管道输水灌溉	①分散式经营的项目区;②广西农垦集团下属农场;③供水至田间地头,安装好水表,按方收费

表 2 广西糖料蔗主产区各种灌溉方式各生育期的灌水量 单位:m<sup>3</sup>/亩

地区	生育期	低压管道输水灌溉		喷灌	微喷灌	滴灌
		田间沟灌	田间淋灌			
桂南 优势区	萌芽期	44	10	25	21	9
	苗期	55	13	31	27	11
	分蘖期	55	13	31	27	11
	伸长期	221	51	106	107	45
	成熟期	88	20	42	43	18
	合计	463	106	236	225	94
桂西南 优势区	萌芽期	34	8	20	17	7
	苗期	43	10	24	21	9
	分蘖期	43	10	24	21	9
	伸长期	172	40	98	83	35
	成熟期	69	16	39	33	14
	合计	360	83	206	174	74
桂中 优势区	萌芽期	39	9	23	19	8
	苗期	49	11	28	24	10
	分蘖期	49	11	28	24	10
	伸长期	198	46	113	96	41
	成熟期	79	18	45	38	16
	合计	415	95	237	201	85
桂西北 优势区	萌芽期	39	9	22	19	8
	苗期	49	11	28	24	10
	分蘖期	49	11	28	24	10
	伸长期	195	45	111	95	40
	成熟期	78	18	44	38	16
	合计	409	94	233	198	83

糖料蔗和套种作物的灌水要求;低压管道输水灌溉给水栓应按灌溉面积均衡布设,根据田间具体采用沟灌或者淋灌的方式以及群众需求合理布设给水栓。

4.灌溉效益

根据近几年广西水利厅组织的蔗区高效节水灌溉项目区测产验收

结果以及本次对典型工程调查的结果,有灌溉设施的蔗区比无灌溉的蔗区普遍亩均增产 2t 以上;滴灌亩均增产最多,达到 2.79t;微喷灌次之,亩均增产 2.58t;喷灌亩均增产 2.27t;田间沟灌的低压管道输水灌溉亩均增产 2.15t。

除滴灌和微喷灌外,其他灌溉方式糖料蔗的锤度基本上比无灌溉低,田间接沟灌的低压灌溉和喷灌糖料蔗的锤度最低。究其原因,喷灌和低压管道输水灌溉在成熟期灌水量达到 40m<sup>3</sup>/亩和 80m<sup>3</sup>/亩,灌水量较多,影响糖分累积。详见图 1。

5.灌溉成本

(1)工程建设成本

根据广西近几年糖料蔗高效节水灌溉工程建设经验,工程亩均投资与水源距离密切相关。从 2013 年广西水利厅和广西糖业发展局联合开展的蔗区基本情况调查来看,广西单片面积 300 亩以上、地形坡度 15°的蔗区共有 600 多万亩,其中,水源距离 3km 以内的项目区约占 80%。经统计分析,水源离项目区 3km 以内的地表滴灌工程亩均投资 1900~2100 元,地埋滴灌工程亩均投资 2100~2300 元;微喷灌工程亩均投资 2200~2400 元;固定式喷灌工程亩均投资 1700~2200 元(仅配备 2 个轮灌组的竖管和喷头,一用一备);低压管道输水灌溉工程亩均投资 1500~1700 元。

(2)灌溉运行成本

对糖料蔗灌溉制度试验区以及其他糖料蔗高效节水灌溉工程灌溉

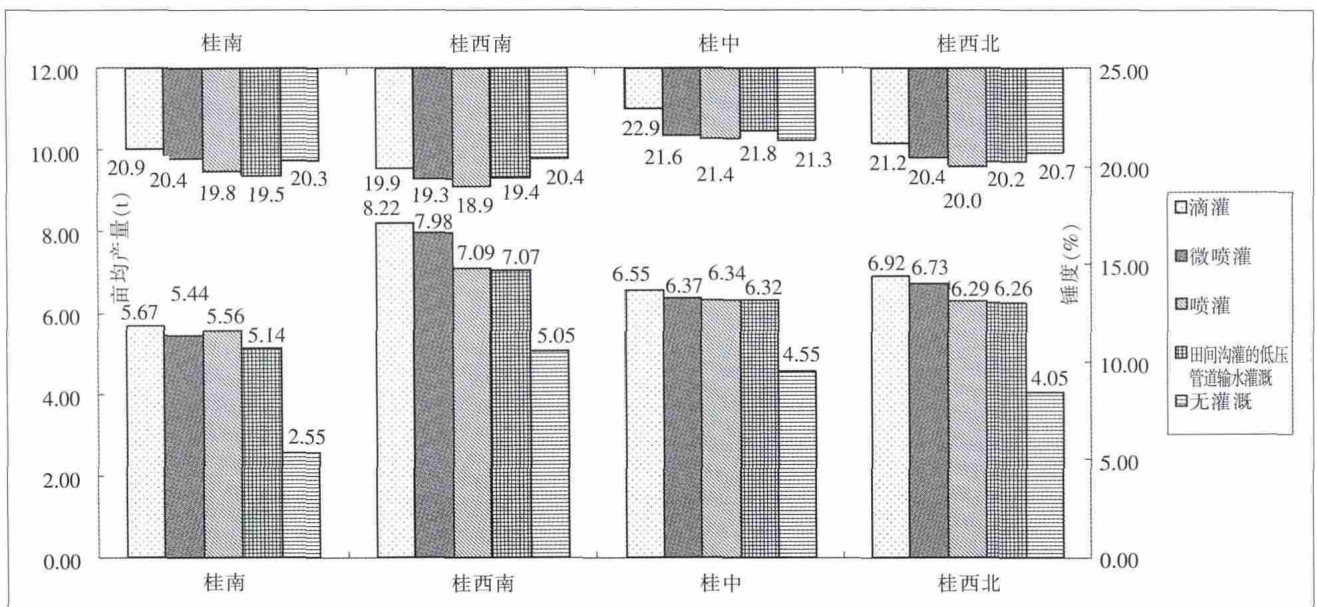


图 1 糖料蔗各种灌溉方式亩均产量及锤度



运行成本(运行成本包括电费、设备维修费、人工费等,不含折旧费)进行分析,喷灌的灌溉运行成本最高,为141.75~164.56元/亩;微喷灌次之,为120.08~154.85元/亩;田间淋灌的低压管道输水灌溉为56.89~73.02元/亩;滴灌50.53~64.89元/亩;田间沟灌的低压管道输水灌溉运行成本最低,仅为18.96~24.34元/亩。详见图2。

(3)工程总成本

工程建设折旧以15年计,则地表滴灌年均建设成本133.33元/亩(折中计算,下同),微喷灌153.33元/亩,固定式喷灌130.00元/亩,低压管道输水灌溉(含田间淋灌和沟灌)106.67元/亩;加上灌溉运行成本,微喷灌亩

均总成本最高,为273.41~308.19元;喷灌次之,为271.75~294.56元;滴灌183.86~191.73元;田间淋灌的低压管道输水灌溉163.56~179.68元;田间沟灌的低压管道输水灌溉125.63~131.01元。详见图3。

6.农艺措施

对于计划采用滴灌、微喷灌的项目区,一是要求宽窄行种植,宽行1.2~1.3m,窄行0.4~0.5m;二是糖料蔗宜平行等高线种植;三是实现水肥(药)一体化的项目,充分将施肥(药)和灌溉结合起来,做到按需灌溉、按需施肥;四是(地表滴灌、微喷灌)要求中耕培土时将滴灌带(管)、微喷带回收再重新铺设;收割时,需提前收

储到仓库来年再重新铺设;糖料蔗分蘖、遭台风倒伏或遭虫鼠咬等损坏的滴灌带(管)、微喷带要进行维修、更换;五是(地埋滴灌)要优先采用宿根性强的蔗种,延长地埋滴灌带(管)的使用寿命;六是采用微喷灌的项目区最好是套种西瓜、马铃薯等作物的项目区。

固定式喷灌项目区对农艺要求较低,但糖料蔗宜平行等高线种植,形成天然的防护墙,减少水土流失。对于低压灌溉来说,要求糖料蔗宜平行等高线种植,并在种植时应开好垄,适当平整、压实。

7.农机措施

控制阀门要布置在路边,并配置

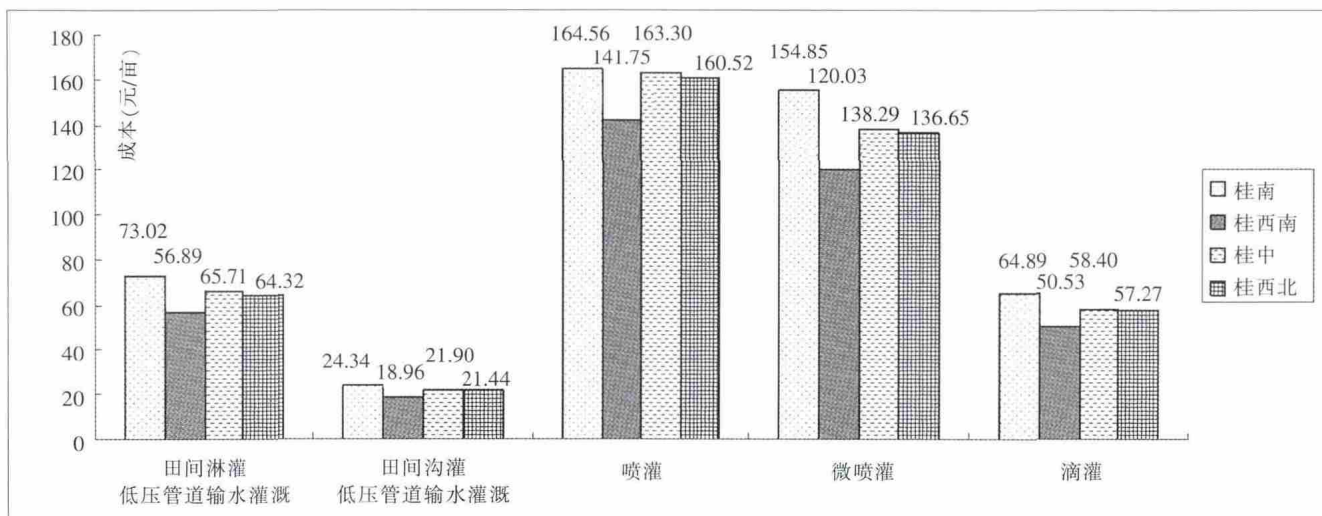


图2 糖料蔗各种灌溉方式的灌溉运行成本

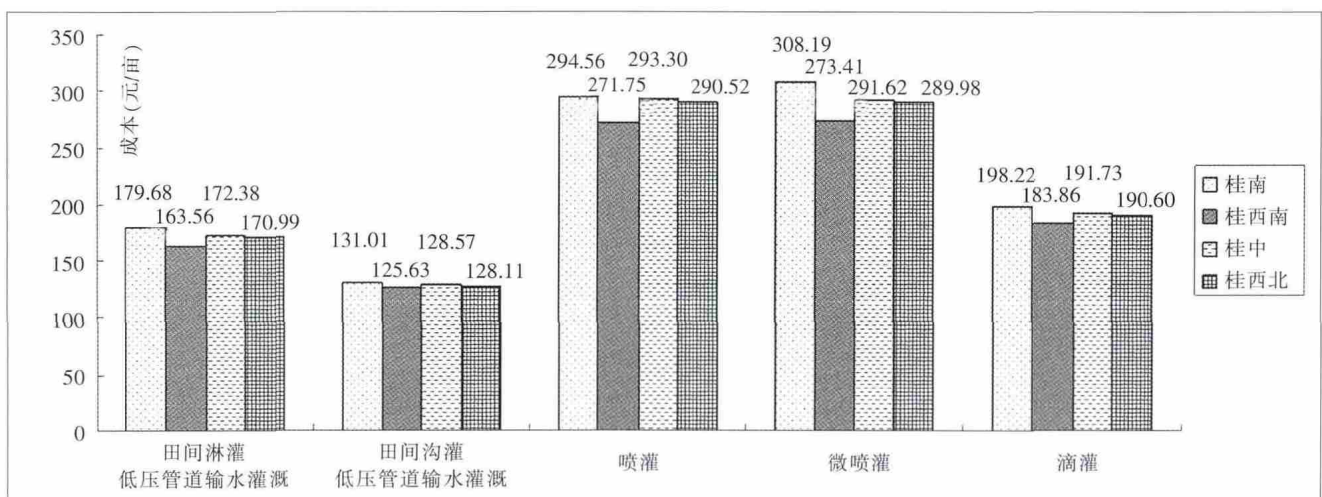


图3 糖料蔗各种灌溉方式的亩均总成本

阀门井。地表滴灌时,在中耕培土和收割前,要把滴灌带、微喷带收回,待完成后重新铺设。地理滴灌的滴灌带(管)在机械作业后要检查是否损坏,损坏的要维修或者更换。喷灌的喷墩也宜设置在路边,机械作业后要检查是否损坏,损坏的要维修或者更换。

### 8. 地形坡度

蔗区高效节水灌溉对地形有明显的要求,高效节水灌溉项目区的地形坡度不应大于 $25^{\circ}$ 。对地形坡度要求从高到低依次排列为:田间采用沟灌或畦灌的低压管道输水灌溉、微喷灌、滴灌、喷灌、采用软管浇灌的低压管道输水灌溉。其中,田间采用沟灌或畦灌的低压管道输水灌溉要求项目区地形坡度不大于 $5^{\circ}$ ,且要顺坡布置;微喷灌要求项目区地形坡度不大于 $10^{\circ}$ ;滴灌要求项目区地形坡度不大于 $15^{\circ}$ ;喷灌、采用软管浇灌的低压管道输水灌溉要求项目区地形坡度不大于 $25^{\circ}$ 。

### 9. 水源条件

水源是决定高效节水灌溉工程规模的重要因素,同时也是选择灌溉方式应考虑的因素。若水源条件好,水量充沛,泥沙含量低,杂质少,可选择任意适宜的灌溉方式;水源是地下水,应选择比较省水的滴灌;当水源是制糖企业生产废水、养殖场废水时,水质较差,处理成本高,应重点选用低压管灌或者喷灌。

## 三、结论

1. 选择灌溉方式要充分论证,尊重工程建后受益主体的意愿

在进行糖料蔗高效节水灌溉工程设计时,设计单位要进行现场查勘,与用户座谈,了解用户的需求;地方水利部门要向用户讲解各种灌溉方式的优缺点,并组织用户到附近高效节水灌溉示范园区参观学习,让用户对高效节水灌溉工程获取直观印象。

项目建成后管理比较粗放的分散农户经营管理的项目区,水源充沛的宜采用低压管道输水灌溉方式(含田间沟灌和淋灌的方式)或半固定式喷灌(可配轻小型喷灌机组);项目建成后为专人集中经营管理的项目区,可选择滴灌(含地表滴灌和地理滴灌)、微喷灌或喷灌(含固定式喷灌和指针式喷灌等)。

2. 选择灌溉方式要因地制宜,充分结合区域自然条件因素

影响灌溉方式选择的自然条件主要有地形、土壤和水源等因素。其中:滴灌能适应地形坡度 $15^{\circ}$ 以下的蔗区,微喷灌要求坡度不超过 $10^{\circ}$ ,如超过坡度要求,必须配备减压阀,将压力降低,保证灌水均匀性;喷灌对地形坡度要求较小,但不应大于 $25^{\circ}$ ,当地面坡度较大时,允许喷灌强度将会降低;田间接沟灌的低压管道输水灌溉对地形坡度要求最高,其坡度不能超过 $5^{\circ}$ ,并要求修建田间灌溉水沟;但田间淋灌的低压管道输水灌溉却对地形要求不高,能适应各种地形。因此,在地形复杂的地区,可优先考虑采用喷灌和田间淋灌的低压管道输水灌溉。

影响灌溉方式选择的土壤因素主要是土壤透水性。土壤透水性高的项目区,优先选择喷灌和低压管道输水灌溉;土壤透水性低的项目区,优先选择滴灌,避免产生地表径流。

水源水量有限的项目区应优先选择比较节水的滴灌,可尽量利用有限水资源,发展更大面积的高效节水灌溉工程。水质较差的水源宜采用对水质要求低的低压管道输水灌溉、喷灌和微喷灌,一定要选择滴灌时,要根据灌水器对灌溉水质的要求,设置过滤器,防止滴头堵塞。

综合以上分析,桂南优势区地形较平坦,土壤以砂土、沙壤土为主,可以优先推荐喷灌、低压管道输水灌溉,适度发展滴灌和微喷灌;桂南优势区以低山丘陵地形为主,土壤以壤

土、黏土为主,可以优先推荐滴灌、微喷灌,适度发展低压管道输水灌溉和喷灌;桂中优势区比较复杂,宜根据项目区具体条件来选择灌溉方式;桂西北优势区地形坡度相对较高,宜优先选择低压管道输水灌溉、喷灌,适度发展滴灌和微喷灌。

3. 选择灌溉方式要科学合理,重点考虑灌溉成本及效益关系

灌溉工程要长期运行,除要求设计合理、施工质量合格、落实管护主体外,还要求灌溉工程投入产出比例小,即要保证蔗农获得利润。目前,尽管糖料蔗高效节水灌溉工程由国家出资建设,但也要求受益主体配套给水栓以后设备的建设经费,同时,建后运行管护成本也由受益主体来承担。在各类灌溉工程中,灌溉运行成本以喷灌和微喷灌最高,田间淋灌的低压灌溉和滴灌次之,田间沟灌的低压管道输水灌溉最少;而亩均单产却是滴灌最高,紧接着是微喷灌,喷灌和低压灌溉较低。因此,灌溉工程受益主体要统筹考虑自身承担能力以及对产量的期望,再作出灌溉方式的选择。

4. 选择灌溉方式要统筹协调,要与农艺农机措施相适应

为增加广西蔗糖产业的竞争力,必须同时推进经营规模化、种植良种化、耕作机械化和水利现代化等“四化”基地建设,提高原料蔗亩均产量和含糖分,降低种植成本。重点结合土地整治、田间道路规划、落实的经营管理主体类型、机械化耕种和收割等要求,选择适合的灌溉方式,并对田间工程布设和管护进行改良,以降低运行管护成本,降低投入产出比,促进蔗农增收,增加地方财政收入,保障广西蔗糖产业可持续发展。 ■

参考文献:

[1] 李杨瑞.现代甘蔗学[M].北京:中国农业出版社,2010.

责任编辑 江芳