

## 不同灌溉方式对百色右江河谷芒果生长·产量和品质的影响

郭攀, 李新建, 梁梅英, 吴昌智, 赵海雄, 粟世华\* (桂林市农田灌溉试验中心站, 广西桂林 541105)

**摘要** 为探讨不同灌溉方式对芒果生长、产量与品质的影响, 在广西百色田阳县那坡镇尚兴村弄蕉屯芒果高效节水灌溉示范基地设置滴灌(DI)、微喷灌(MSI)、低压管灌(LPI)3种灌溉方式与无灌溉(NI)作为对照组, 开展对比试验。结果表明, DI、MSI、LPI处理较NI新梢长度、粗度、总数分别提高2.40%、4.33%、2.88%、3.85%、2.56%、5.13%、22.25%、25.17%、15.63%; 灌溉较无灌溉提高了芒果的纵横径, 其中DI、MSI对果型分布整体提高较为明显, LPI大幅度提高了纵径<100 mm的芒果分布; DI、MSI、LPI较NI分别增产90.91%、76.86%、43.59%; ER和 $V_c$ 较NI增幅不大, 仅增加4.18%、2.52%、4.88%和2.20%、2.67%、3.59%; DI、MSI、LPI处理SS和TSS较NI有显著提高, 分别提高了9.45%、14.79%、8.46%和7.51%、9.62%、6.34%; TA含量DI、MSI、LPI处理较NI分别减少9.28%、5.43%、3.77%。DI、MSI可作为广西百色地区芒果主要高效节水灌溉方式推广应用。

**关键词** 百色右江河谷; 芒果; 灌溉方式; 产量; 品质

中图分类号 S275 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)11-0054-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.11.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effects of Different Irrigation Methods on Mango Growth, Yield and Quality in Baise Youjiang Valley

GUO Pan, LI Xin-jian, LIANG Mei-ying et al (Guilin Agricultural Irrigation Experimental Center Station, Guilin, Guangxi 541105)

**Abstract** In order to explore the effects of different irrigation methods on mango growth, yield and quality, drip irrigation (DI), micro-sprinkler irrigation (MSI), low pressure pipe irrigation (LPI) and non-irrigation (NI) were set up in the mango high efficiency water-saving irrigation demonstration base of Longjiaotun, Shangxing Village, Napo Town, Baise Tianyang County, Guangxi. The results showed that DI, MSI and LPI treatments of mango new leaves longer, coarser increased slightly than NI treatments by 2.40%, 4.33%, 2.88%, 3.85%, 2.56%, 5.13%; the total number of new leaves increased by 22.25%, 25.17% and 15.63% respectively. Irrigation increased the vertical and horizontal diameter of mango compared with no irrigation, among which DI and MSI increased the overall distribution of fruit types, and LPI greatly increased the vertical and horizontal diameter of mango distribution less than 100 mm; the yield of DI, MSI and LPI increased by 90.91%, 76.86% and 43.59% respectively compared with NI; ER and  $V_c$  increased by only 4.18%, 2.52%, 4.88% and 2.20%, 2.67% and 3.59% compared with NI; SS and TSS increased by 9.45%, 14.79%, 8.46% and 7.51%, 9.62%, 6.34%; TA increased by only 4.18%, 2.67%, 3.59%. Compared with NI, it decreased by 9.28%, 5.43% and 3.77% respectively. DI and MSI can be widely used as the main efficient and water-saving irrigation methods for mango in Baise area of Guangxi.

**Key words** Baise Youjiang valley; Mango; Irrigation method; Yield; Quality

百色右江河谷地区属于亚热带季风气候区, 具有夏长冬短、冬无霜冻、夏无台风、光热充足, 非常适合芒果的生长, 近年来已成为我国最大的芒果生产基地。2017年广西芒果种植面积9.8万 $hm^2$ , 投产面积4.8万 $hm^2$ , 总产量69万t, 总产值36.10亿元, 广西芒果种植面积和产量居全国第一<sup>[1]</sup>。芒果产业已成为百色革命老区群众脱贫致富的支柱产业, 是当地农民主要收入来源, 保证芒果产量与品质对芒果产业的稳定发展具有重要作用。

右江河谷地区芒果多种植在坡耕地、丘陵地带, 灌溉是芒果产业的关键命脉之一, 缺乏灌溉是制约芒果产量、品质提高的关键因素<sup>[2]</sup>; 灌溉条件相对较好地区, 普遍出现因灌溉、施肥不合理造成一定的环境问题, 严重制约了右江河谷芒果产业发展。因此, 急需探索出一套适用于百色右江河谷地区芒果高效用水管理技术, 解放果农劳动力, 为百色发展芒果产业助力科技脱贫提供科技推手。

针对芒果灌溉相关的研究成果来源主要有广东、海南、

云南、四川及广西, 研究方向主要是芒果的需水规律<sup>[3]</sup>、灌溉制度<sup>[4]</sup>、单一灌溉方式<sup>[5-7]</sup>、水分对果实生长影响<sup>[8-9]</sup>等方面, 未对芒果开展不同灌溉方式适应性的大田试验研究。广西芒果在我国芒果产业中的地位日益增强, 未来几年广西芒果产业将快速发展, 探索出适应于右江河谷芒果高效节水灌溉方式是亟需解决的关键问题之一。笔者在百色右江河谷芒果灌溉制度研究成果基础上, 开展了不同灌溉方式对大田芒果生长、产量与品质的影响, 旨在为百色右江河谷芒果高效节水灌溉提供科学依据。

### 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验地位于广西百色市田阳县那坡镇尚兴村弄蕉屯芒果高效节水灌溉示范基地, 地理位置为106°50'17.81"E, 23°40'30.69"N, 海拔398 m。试验地处于百色右江河谷中部, 具有典型的右江河谷气候特征, 年平均气温22.1℃, 无霜期350 d左右, 具有亚热带季风气候特征。土壤属赤红壤, 有机质13.2 g/kg, 全氮1.44 g/kg, 碱解氮100 mg/kg, 有效磷19 mg/kg, 速效钾124 mg/kg, pH 5.7。供试芒果品种为台农一号, 树龄14年, 每株间距为4 m×4 m, 平均种植630株/ $hm^2$ 。

**1.2 试验设计** 该示范基地灌水主要采用低压管灌模式, 但由于缺乏科学的灌溉制度, 用水盲目性大, 芒果产量与品质得不到保证。采用滴灌(DI)、微喷灌(MSI)、低压管灌(LPI)3种灌溉方式, 无灌溉(NI)作为对照组, 累计4种处

**基金项目** 广西科技计划项目“基于遥感蒸发模型的区域净灌溉水量测算方法研究”(桂科 AB18050017); 广西水利厅科技计划项目“广西芒果高效节水精准灌溉水肥一体化技术推广应用研究”(KY-201409, KY-201510)。

**作者简介** 郭攀(1988—), 男, 湖北孝感人, 工程师, 硕士, 从事高效节水灌溉及农田面源污染治理研究。\*通信作者, 高级工程师, 从事高效节水灌溉及农田面源污染治理研究。

**收稿日期** 2019-08-30; **修回日期** 2019-10-22

理,每种处理 3 个重复,共 12 个处理,每个处理 3 棵芒果树,累计定株芒果 36 株观测。3 种灌溉方式的灌溉制度用水时间、次数相同,灌水量不同,该试验灌溉制度采用文献[4]方法,

同时结合降雨量,根据芒果生长状态灌溉,其他施肥、管理等农艺操作措施一致。灌溉用水量见表 1。

表 1 不同灌溉方式的灌水量  
Table 1 Irrigation amount of different irrigation methods

灌溉方式 Irrigation methods	阶段灌溉量 Stage irrigation/mm										灌溉总量 Irrigation amount
	秋梢抽发期 (09-28) Autumn slightly pumping period	花芽分化期 (11-20) Flower bud differentiation period	开花挂果期 Flowering and fruiting period				果实膨大期 Fruit expansion period				
			02-01	02-23	03-12	04-02	04-23	05-08	05-23	06-08	
NI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DI	0.16	0.16	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	2.24
MSI	0.21	0.21	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	3.22
LPI	0.32	0.32	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	4.48

### 1.3 测定项目与方法

(1) 灌水量。通过在各处理过水首部安装水表,记录每次灌水量。

(2) 芒果生长性状。秋梢生长:待秋梢转色后,记录不同处理单株新梢总数,卷尺测量新梢长度,游标卡尺测量新梢粗度。

芒果果型:主要测定芒果纵横径。测产验收时,单株芒果树 4 个方位分别选取 2 个芒果,每个处理累计 24 个芒果,利用游标卡尺测量单个芒果纵横径。

(3) 芒果产量与品质。芒果产量通过现场测产,分别测定各处理平均单株有胚果、无胚果个数及单果重,通过如下公式计算芒果单株产量。

$$Y = \text{有胚果个数} \times \text{有胚果单果重} + \text{无胚果个数} \times \text{无胚果单果重}$$

芒果品质:

$$\text{可食率} = [1 - (\text{果皮} + \text{果核}) / \text{果实重量}] \times 100\%$$

$V_c$ 、可溶性固形物(SS)、可溶性总糖(TSS)、可滴定酸(TA)采用鲁如坤<sup>[10]</sup>的方法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同灌溉方式对芒果新梢生长的影响

芒果果树生长周期长,在水分、养分等条件适宜的情况下,新梢常年生长。

对于芒果结果树,需防止不同时期新梢过度生长夺取果树营养。春梢出现在 3 月,易在花序伸长、花量较少的果树中出现,此时春梢生长将影响芒果花与花序的发育,此时需要将春梢抹除;夏梢出现在 4—6 月,此时芒果处于开花座果及果实生长的阶段,此时应当全部摘除夏梢,保证芒果水分及营养供应;秋梢生长在芒果采摘完成至 10 月,秋梢为芒果次年主要结果枝,合理调控秋梢的生长对保证次年芒果产量与品质具有重要意义。在芒果采果完成后,对芒果树会采取修剪,主要目的是适当减小树冠,减缓结果部位外移速度,同时为秋梢生长提供必要的条件;冬梢发生在 11 月,由于此时芒果进入花芽分化期,因此需要控制冬梢的生长。对于已经转绿的冬梢,可以作为结果母枝留下,其他冬梢去除。该试验重点探讨不同灌溉方式对芒果秋梢生长的影响,结果表明,灌溉对芒果新梢生长的影响主要表现在 2 个方面:①灌溉较无灌溉提前 3~5 d 出现秋梢,同时花芽分化初期延迟 1~3 d;②不同灌溉方式对芒果新梢生长的影响见图 1。与无灌溉相比,滴灌、微喷、管灌新梢长度分别提高 2.40%、4.33%、2.88%,粗度分别提高 3.85%、2.56%、5.13%;单株新梢总数提高具有显著效果,滴灌、微喷、管灌分别提高 22.25%、25.17%、15.63%。

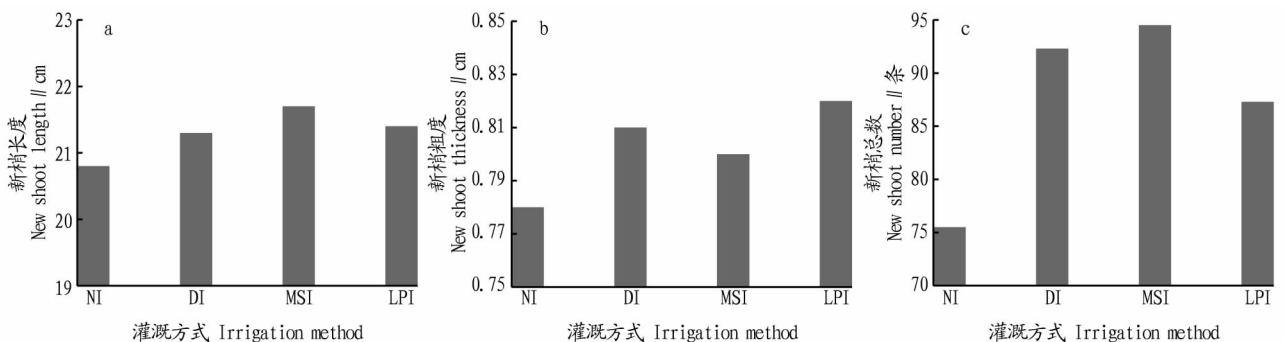


图 1 不同灌溉方式对芒果新梢生长的影响

Fig. 1 Effect of different irrigation methods on the growth of mango

### 2.2 不同灌溉方式对芒果果型的影响

芒果果型是芒果商品率的重要指标之一,纵、横径一定程度上反映了芒果的果

型特征。从图 2 可以看出,芒果纵横径分布具有一定的相关性,滴灌、微喷灌、低压管灌与对照组的芒果纵横径分布线性

趋势线的相关系数分别为0.922 3、0.846 4、0.894 4、0.518 5,说明滴灌在一定程度上改善了芒果整体的果型分布;滴灌、微喷灌、低压管灌、对照组中芒果纵径 $\geq 100$  mm的果数分别为13、10、6、4,平均纵-横径为(113.47-75.71)、(112.78-75.65)、(109.49-73.74)、(106.93-73.67);纵径 $< 100$  mm的平均纵-横径为(81.90-52.87)、(81.88-56.30)、(85.22-61.19)、(77.57-51.00);灌溉较对照组提高了芒果的纵横径,其中滴灌、微喷灌对果型分布整体提高较为明显,低压灌溉大幅度提高了纵径 $< 100$  mm的芒果分布。

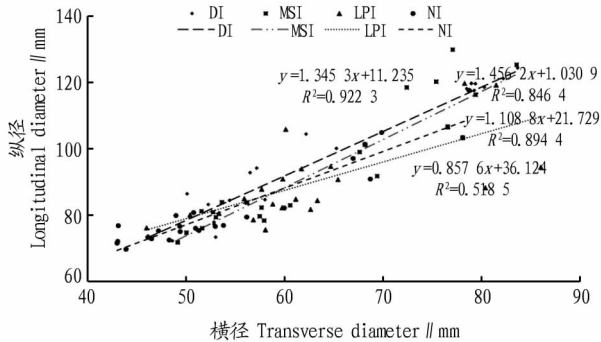


图2 不同灌溉方式对芒果果型的影响

Fig. 2 Effect of different irrigation methods on mango fruit type

**2.3 不同灌溉方式对芒果产量与品质的影响** 影响芒果产量的因素很多,与秋梢质量、花芽分化程度、两性花比例、水肥管理等具有十分密切的联系。合理的灌溉可以促进秋梢生长、花芽分化,提高芒果两性花的比例,促进芒果对肥料的吸收等。由表2可知,DI、MSI、LPI较NI分别增产90.91%、76.86%、43.59%,表明灌溉可以较大幅度提高芒果的产量;从芒果产量构成因素分析,DI、MSI、LPI处理有胚果个数、无胚果个数较NI分别增加303.13%、237.47%、33.48%和52.34%、46.77%、34.13%;DI、MSI、LPI处理有胚果单果重、无胚果单果重较NI增幅相对不大,分别为4.40%、6.07%、3.58%和4.48%、3.47%、7.60%;表明灌溉可以大大提高芒果授粉率、坐果率,同时一定程度上提高芒果的单果重。

从品质构成因素看,DI、MSI、LPI处理ER和V<sub>c</sub>较NI增幅不大,仅增加4.18%、2.52%、4.88%和2.20%、2.67%、3.59%;DI、MSI、LPI处理SS和TSS较NI显著提高,分别提高9.45%、14.79%、8.46%和7.51%、9.62%、6.34%;TA含量DI、MSI、LPI处理较NI分别减少9.28%、5.43%、3.77%。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

(1)灌溉较无灌溉提前3~5 d出现秋梢,同时花芽分化初期延迟1~3 d。与无灌溉相比,滴灌、微喷、管灌新梢长度

表2 不同灌溉方式对芒果产量与品质的影响

Table 2 Effects of different irrigation methods on mango yield and quality

处理 Treatment	产量构成因素 Yield component factor				品质构成因素 Quality component factor					
	有胚果单果重 Single fruit weight of embryo fruit/g	有胚果个数 Number of embryo fruit 个	无胚果单果重 Single fruit weight of fruit without embryo/g	无胚果个数 Number of fruit without embryo/个	产量 Yield per plant kg/hm <sup>2</sup>	ER %	V <sub>c</sub> mg/kg	SS %	TSS %	TA %
DI	279.74	37.33	111.36	183.36	24 607.79	82.68	344.2	14.36	4.58	12.03
MSI	284.23	31.25	110.28	198.98	22 797.44	81.36	345.8	15.06	4.67	12.54
LPI	277.56	12.36	114.68	226.27	18 508.95	83.23	348.9	14.23	4.53	12.76
NI	267.96	9.26	106.58	168.69	12 889.98	79.36	336.8	13.12	4.26	13.26

分别提高2.40%、4.33%、2.88%,粗度分别提高3.85%、2.56%、5.13%;单株新梢总数提高具有显著效果,滴灌、微喷、管灌分别提高22.25%、25.17%、15.63%。

(2)芒果纵横径分布具有一定的相关性,滴灌、微喷灌、低压管灌与对照组的芒果纵横径分布线性趋势线的相关系数分别为0.922 3、0.846 4、0.894 4、0.518 5,说明滴灌在一定程度上改善了芒果整体的果型分布;滴灌、微喷灌、低压管灌、对照组中芒果纵径 $\geq 100$  mm的果数分别为:13、10、6、4,平均纵-横径为(113.47-75.71)、(112.78-75.65)、(109.49-73.74)、(106.93-73.67);纵径 $< 100$  mm的平均纵-横径为(81.90-52.87)、(81.88-56.30)、(85.22-61.19)、(77.57-51.00);灌溉较对照组提高了芒果的纵横径,其中滴灌、微喷灌对果型分布整体提高较为明显,低压灌溉大幅度提高了纵径 $< 100$  mm的芒果分布。

(3)从芒果产量构成因素分析,DI、MSI、LPI处理有胚果个数、无胚果个数较NI分别增加303.13%、237.47%、

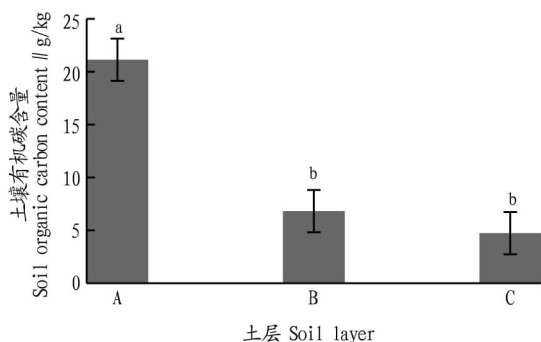
33.48%和52.34%、46.77%、34.13%;DI、MSI、LPI处理有胚果单果重、无胚果单果重较NI增幅相对不大,分别为4.40%、6.07%、3.58%和4.48%、3.47%、7.60%;表明灌溉可以大大提高芒果授粉率、坐果率,同时一定程度上提高芒果的单果重。

从品质构成因素看,DI、MSI、LPI处理ER和V<sub>c</sub>较NI增幅不大,仅增加4.18%、2.52%、4.88%和2.20%、2.67%、3.59%;DI、MSI、LPI处理SS和TSS较NI显著提高,分别提高9.45%、14.79%、8.46%和7.51%、9.62%、6.34%;TA含量DI、MSI、LPI处理较NI分别减少9.28%、5.43%、3.77%。

**3.2 讨论** 百色右江河谷是桂西北的三大旱区之一,右江河谷独特的气候为芒果的生长提供了天然的屏障,但灌溉始终是制约百色芒果产业健康发展的关键因素之一。该研究表明高效节水灌溉方式(DI、MSI、LPI处理)较NI处理对芒果产量与品质的提高具有显著的效果,发展芒果高效节水灌

(下转第63页)

**2.3 不同土层土壤有机碳含量分布差异** 由图 7 可知, A 层土壤有机碳含量与 B 层、C 层土壤有机碳之间存在显著性差异, B 层与 C 层之间不存在显著性差异。



注:不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters represent significant differences ( $P < 0.05$ )

图 7 不同土层土壤有机碳含量变化

Fig. 7 Change of soil organic carbon content in different soil layers

### 3 结论与讨论

**3.1 土壤有机碳空间分布概况** 依据此次研究可知,福建省范围内,有机碳含量的空间分布自内陆到沿海地区逐渐减少,闽北地区最高,闽西地区次之,最低为闽中沿海地区,五大地理区域土壤碳密度的顺序依次为闽北、闽西、闽东、闽南、闽中。因土壤类型、土地利用类型、成土母质、气候条件、降雨条件等一系列的影响而造成了许多差异。A 层土壤有机碳富集于中部,南部、东部沿海一带含量最低;B 层土壤有机碳高含量地区则是东部和北部,最低的地区为中部沿海一带;而 C 层土壤有机碳分布相对平均,最高处是东北部沿海地带。具体更为精确的有机碳分布情况仍需进一步研究。

**3.2 土壤有机碳分层含量差异分析** 福建省地势呈“依山傍海”态势,地势西北高,东南低,境内山地、丘陵的面积约占全省总面积的 90% 以上。土壤分布状况复杂,不同地区的土壤分层差异也很大。总体上看,从 A 层至 C 层,土壤有机碳含量不断下降。其中 A 层土壤有机碳与 B 层、C 层土壤有机碳之间均存在显著性差异, B 层与 C 层之间差异则不明显。福建省靠近北回归线,受季风环流和地形的影响,形成暖热

湿润的亚热带季风气候,各个地区水热条件的垂直分布也较为明显,造成了土壤各分层之间土壤有机碳含量的差异。

随着福建省生态文明建设的推进,生态环境质量持续改善,省内生态农业、林业蓬勃发展;绿色发展方式和生活方式的逐渐形成也必将对福建省土壤有机碳产生深远的影响。将来应以不同土壤类型的有机碳含量分布和碳储存特征研究为基础,深入探索深层土壤固碳机制,增强对福建省土壤有机碳库的研究,制定有益于土壤储存有机碳的生态策略,更好地利用福建省内良好的生态环境、增强生态效益。

### 参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2013: The physical science basis [C] // STOCKER T F, QIN D, PLATTNER G K, et al. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [2] HEIMANN M. A review of the contemporary global carbon cycle and as seen a century ago by Arrhenius and Högbom [J]. AMBIO, 1997, 26(1): 17-24.
- [3] FALKOWSKI P, SCHOLES R J, BOYLE E, et al. The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system [J]. Science, 2000, 290(5490): 291-296.
- [4] FANG J Y, LIU G H, XU S L. Soil carbon pool in China and its global significance [J]. Journal of environmental sciences, 1996, 8(2): 249-254.
- [5] 潘根兴. 中国土壤有机碳和无机碳库量研究 [J]. 科技通报, 1999, 15(5): 330-332.
- [6] 王绍强, 周成虎, 李克让, 等. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析 [J]. 地理学报, 2000, 55(5): 533-544.
- [7] 金峰, 杨浩, 蔡祖聪, 等. 土壤有机碳密度及储量的统计研究 [J]. 土壤学报, 2001, 38(4): 522-528.
- [8] 金峰, 杨浩, 赵其国. 土壤有机碳储量及影响因素研究进展 [J]. 土壤, 2000(1): 11-17.
- [9] WU H B, GUO Z T, PENG C H. Distribution and storage of soil organic carbon in China [J]. Global biogeochemical cycles, 2003, 17(2): 1-11.
- [10] XIE X L, SUN B, ZHOU H Z, et al. Soil organic carbon storage in China [J]. Pedosphere, 2004, 14(4): 491-500.
- [11] 于东升, 史学正, 孙维侠, 等. 基于 1:100 万土壤数据库的中国土壤有机碳密度及储量研究 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2279-2283.
- [12] YU D S, SHI X Z, WANG H J, et al. National scale analysis of soil organic carbon storage in China based on Chinese soil taxonomy [J]. Pedosphere, 2007, 17(1): 11-18.
- [13] 陈中星, 张楠, 张黎明, 等. 福建省土壤有机碳储量估算的尺度效应研究 [J]. 土壤学报, 2018, 55(3): 606-619.
- [14] 全国土壤普查办公室. 中国土种志: 第 3 卷 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [15] 福建省土壤普查办公室. 福建土壤 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1991: 287-289.

(上接第 56 页)

溉技术势在必行。整体而言, DI、MSI 效果最佳, LPI 次之。DI、MSI 是可以推荐的灌溉方式, 但需结合芒果果园种植特征选择合适的灌溉方式。水源水质较好, 建议使用 DI 灌溉方式; 水源水质一般, 坡度较大地区建议使用 MSI;

芒果的生长同样离不开肥料和药物, 关于芒果水肥药一体化技术成果将在下一阶段重点研究。

### 参考文献

- [1] 何堂熹, 何新华, 罗聪, 等. 广西百色芒果低产原因分析与改造技术 [J]. 农业研究与应用, 2018, 31(3): 49-53.
- [2] 何令祖, 吴卫熊, 李文斌. 桂西北山区芒果高效节水灌溉技术与推广 [J]. 广西水利水电, 2014(6): 85-88.

- [3] 王海丽, 古璇清, 王小军, 等. 芒果需水规律与适宜土壤水分灌溉调控技术研究 [J]. 中国农村水利水电, 2016(8): 125-127, 132.
- [4] 郭攀, 李新建, 栗世华, 等. 广西百色右江河谷芒果灌溉制度试验研究 [J]. 节水灌溉, 2018(6): 58-62.
- [5] 臧小平, 马蔚红, 张承林, 等. 芒果滴灌施肥效果研究初报 [J]. 广东农业科学, 2009(3): 75-77, 82.
- [6] 罗桂仙, 孙强, 补雪梅, 等. 攀枝花市芒果节水微灌制度研究 [J]. 节水灌溉, 2006(4): 16-19.
- [7] 方迪, 俞婷, 王迎. 滴灌系统在云南省高原特色农业灌溉中的优化设计要点 [J]. 水利发展研究, 2016(5): 38-42.
- [8] 刘国银, 魏军亚, 刘德兵, 等. 水分对芒果叶片、产量及果实品质影响的研究进展 [J]. 热带农业科学, 2015, 35(10): 1-5.
- [9] 刘志田, 罗关兴, 王军, 等. 水分对芒果果实生长及品质的影响 [J]. 中国热带农业, 2007(1): 31-32.
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.