

后期灌水对蔗田土壤水分及甘蔗 产量、品质性状的影响

郭家文, 陈建国, 张跃彬*, 刘少春, 邓 军, 樊 仙, 刀静梅, 高欣欣

(云南省农业科学院甘蔗研究所, 云南省甘蔗遗传改良重点实验室, 云南 开远 661600)

摘 要: 以抗旱早熟高糖甘蔗品种云蔗 03-194 为试验材料, 通过大田试验研究了成熟期缺水和灌水对蔗田土壤水分变化及甘蔗品质、产量性状的影响。结果表明: 在试验实施期内, 0~20 cm 土层的土壤含水量灌水处理是未灌水处理的 1.05~1.40 倍, 20~40 cm 土层的土壤含水量灌水处理是未灌水处理的 1.45~1.58 倍; 甘蔗株高在试验前期均有增加, 40 d 后灌水处理的株高继续增加, 未灌水处理的几乎不再增加; 未灌水处理的绿叶数在整个甘蔗成熟过程中均减少, 灌水处理的绿叶数灌水后 20 d 才开始逐渐减少, 至甘蔗收获时灌水处理的绿叶数是未灌水处理的 1.6 倍; 出汁率灌水处理比未灌水处理高出 2~5 个百分点; 两个处理的蔗糖分没有明显的差别; 纤维分在 0~20 d 内灌水处理比未灌水处理高出 6 个百分点, 但至甘蔗收获时, 两个处理的甘蔗纤维分的含量差别不大; 蔗汁还原糖含量 0~20 d 内灌水处理呈现上升的趋势, 20 d 后开始下降, 灌水处理是未灌水处理的 1.75 倍, 至甘蔗收获时两个处理的蔗汁还原糖含量差别不大。

关键词: 甘蔗; 灌溉; 土壤水分; 产量; 蔗糖分

中图分类号: S566.1; S275.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)06-0057-04

Influence to soil moisture, yield and quality components of sugarcane by irrigation in maturing stage

GUO Jia-wen, CHENG Jian-guo, ZHANG Yue-bin*, LIU Shao-chun, DENG Jun,

FAN Xian, DAO Jing-mei, GAO Xin-xin

(Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences; Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan, Yunnan 661600, China)

Abstract: Through the field experiment, has researched the influence to soil moisture, yield and quality components of sugarcane by the water shortage and irrigation in maturing stage, using the sugarcane variety of CYZ03-194 for the experiment material with drought resistant, early mature and high sugar content. The results shown that the soil moisture in 0~20 and 20~40 cm was higher than 1.05~1.40 and 1.45~1.58 times respectively, compared the irrigated treatment with non-irrigation. The plant height was kept increasing total in the earth experiment stage, but after 40 days, the plant height continue to increase only by the irrigated treatment. The number of green leaves was declined in whole maturing stage by the non-irrigation, but for the irrigated treatment it started to declining after 20 days of irrigation and was higher than 1.6 times to the non-irrigated treatment. The juice ratio was higher than 2%~5% by the irrigated treatment. There was no significant difference between two treatments for the suger content. The fiber content was higher than 6% compared the irrigated treatment with the non-irrigation during 0~20 days, but no significant difference was found at the harvest. The sugar content in cane-juice was kept increasing trend during 0~20 days, but it was starded to decrease after 20 days by the irrigated treatment which was still higher than 1.75 times to the non-irrigated treatment, however, no significant difference was found between two treatments at harvest.

Keywords: sugarcane; irrigation; soil moisture; cane yield; sugar content in cane

收稿日期: 2013-06-16

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201003009-6); 国家科技支撑计划(2012BAD14B18); 国家甘蔗产业技术体系西南区栽培(CARS-20-3-4); 云南省技术创新人才培养计划(2013CX)

作者简介: 郭家文(1979—), 男, 云南马龙人, 副研究员, 主要从事甘蔗营养与栽培方面的研究。E-mail: 79jwguo@163.com。

* 通信作者: 张跃彬(1969—), 男, 云南建水人, 研究员, 主要从事甘蔗栽培研究。E-mail: ynzbyb@sohu.com。

水资源短缺是制约农业发展的全球性问题。我国干旱发生频率高,持续时间长,分布范围广,严重制约了作物生长发育和产量的提高,其危害在所有非生物胁迫中居首位^[1]。云南全省常年种植甘蔗 33 万 hm² 左右,种植面积和蔗糖产量均位居全国第二,全省 70% 以上的蔗区分布在没有灌溉的旱坡地上,水分缺乏一直是困扰全省蔗糖产业最不稳定的因素。天然降水主要集中在夏季和秋季,冬春干旱频发^[2]。土壤干旱是影响作物产量最重要的胁迫因素之一^[3-4],在甘蔗收获当年的 12 月份至来年的 5 月份正是全省少雨干旱的冬春季节,后期如无有效的降水和灌溉会影响蔗茎的伸长和增粗而降低产量;过于干旱,光合作用受阻,光合产物少,也不利于蔗糖的合成、运输和积累。另外干旱条件下光合产物形成的中间产物多,会引起蔗汁品质下降。2009—2010 年冬春初夏连旱^[5]使云南全省损失蔗糖 50 余万吨,所以在甘蔗成熟前期进行合理的水分管理具有重要的意义。本研究选用云南省旱坡地典型的土壤类型(赤红壤)上种植的甘蔗为研究对象,分析在甘蔗成熟期灌水对蔗田土壤水分及甘蔗产量品质性状的影响,旨在为甘蔗高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验区域概况

试验所用的甘蔗品种为云蔗 03-194,由云南省农业科学院甘蔗研究所育成。该品种为国家鉴定的甘蔗新品种,亲系为新台糖 25×粤糖 97-20,中大茎,中早熟,丰产、高糖,自然脱叶,宿根性好,品种适应性广,抗旱性和抗倒性强^[6]。

试验点位于云南省弥勒县朋普镇云南省农业科学院甘蔗研究所第三实验基地,地处北纬 23°55'39",东经 103°19'46",海拔 1 100 m,试验点 1、2、11、12 月及全年的平均气象资料见表 1。试验区土壤为赤红壤,供试土壤为红壤,基本理化性状为:pH 6.14、有机质 26.2 g·kg⁻¹、全氮 1.0 g·kg⁻¹、全磷 0.52 g·kg⁻¹、全钾 88.3 g·kg⁻¹、碱解氮 41.05 mg·kg⁻¹、速效磷 6.5 mg·kg⁻¹、速效钾 107.5 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验设灌水(+W)和未灌水(-W)两个处理,用 ECH₂O 土壤含水量监测仪的 4 个探头安置在甘蔗种植的垄上,测定 0~20 cm 和 20~40 cm 耕层土壤水分的含量(体积含水量,水分速测仪测量精度为 0.1%)。每隔 2 h 自动测定 1 次土壤含水量。在两个处理内各选取 10 株长势一致的甘蔗,定株。每隔 20 d 观测甘蔗株高、茎径和绿叶数,并采样进行甘蔗品质分析。2011 年 1 月 15 日种植甘蔗,甘蔗的日常的田间管理和大田相当,于 2011 年 11 月 10 日开始灌水处理,至 2012 年 1 月 30 日试验收获。

1.3 数据调查与测定方法

在试验布置当天对株高、茎径、甘蔗的品质以及绿叶数进行调查,从试验布置之日起每隔 20 d 对以上指标进行调查,用直尺量取株高,用游标卡尺测量甘蔗茎粗,数甘蔗的绿叶数。用 ECH₂O 土壤含水量监测仪,每隔 2 h 定时记录 1 次土壤含水量。甘蔗蔗糖分的测定采用二次旋光法,甘蔗纤维分、出汁率和蔗汁还原糖、重力纯度、简纯度测定参照《甘蔗制糖化学管理统一分析方法》^[7]上的方法。

表 1 试验点平均气象资料
Table 1 Average weather data of test points

月份 Month	气压/hPa Atmospheric pressure	平均气温/℃ Mean temperature	水汽压/hPa Water vapor pressure	相对湿度/% Relative humidity	降水量/mm Precipitation	蒸发量/mm Evaporation
1	897.2	13.2	10.2	70	12.0	127.6
2	895.4	15.2	10.7	65	19.4	155.0
11	899.2	16.2	13.8	76	44.2	104.0
12	899.4	13.0	10.7	74	11.0	103.4
年平均 Annual mean	894.1	19.8	16.6	72	794.6	1986.8

2 结果与分析

2.1 土壤含水量的变化

从图 1 可以看出,试验实施期间,0~20 cm 土层的土壤含水量灌水处理是未灌水处理的 1.05~1.40 倍,平均 1.30 倍,最小值出现在灌水初期,最大值出现在灌水后的第 26 天,同时 20~40 cm 土层的土壤含水量灌水处理是未灌水处理的 1.45~1.58 倍,平

均 1.53 倍,最小值出现在灌水后的第 64 天,最大值出现在灌水后的第 50 天。未灌水处理,0~20 cm 土层在 0~44 天的范围内要比 20~40 cm 土层的土壤含水量低,在 44~77 天的范围内则相反,在整个试验期间 20~40 cm 土层的土壤含水量是 0~20 cm 土层的 1.02 倍。灌水处理,20~40 cm 土层的土壤含水量在整个试验期间都是 0~20 cm 的 1.07~1.44 倍,平均 1.20 倍。土壤水是作物吸水的主要来源,

本研究结果表明:在土壤水分充足时,下层土壤的含水量储藏较多的土壤水。针对云南甘蔗主要分布在没有灌溉的旱坡地上,在甘蔗栽培中应该通过农艺措施增加对深层土壤水分的利用。

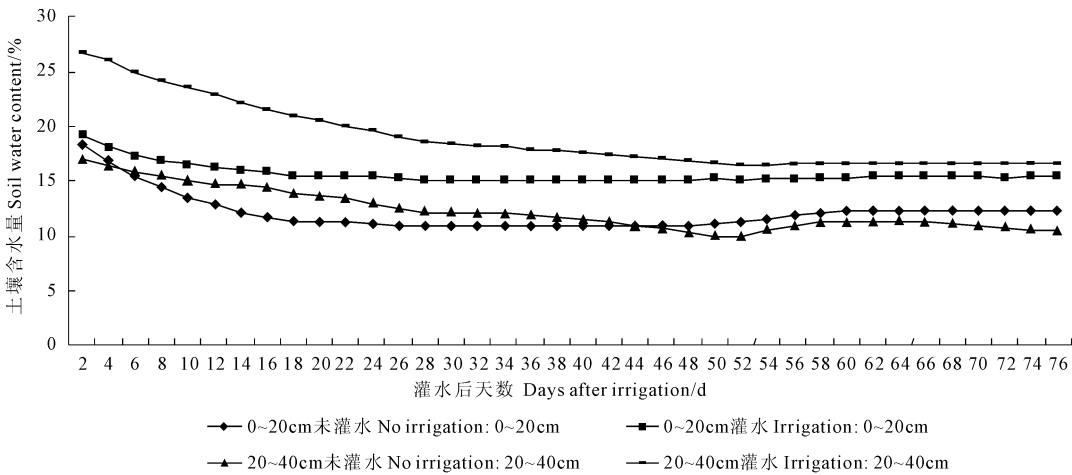


图 1 土壤含水量的变化
Fig.1 Change of soil water content

2.2 灌水对甘蔗生长及产量的影响

甘蔗生长进入 12 月份后,随着气温的降低和水分的减少,甘蔗逐步进入生理成熟,甘蔗糖分逐步达到高峰值。在 0~40 d 之内甘蔗株高灌水的处理和未灌水的处理株高均有增加,相对来说未灌水处理的增加幅度比灌水的大,40 d 后灌水的处理株高继续增长,未灌水的处理株高几乎不再增长(图 1);随着甘蔗的成熟,甘蔗新鲜的功能叶逐渐枯黄,甘蔗的绿叶数灌水的处理在 0~20 d 没有减少,未灌水的处理试验实施开始绿叶数就逐渐地减少,至甘蔗收获时未灌水的处理绿叶数是灌水处理的 1.6 倍(图 2);定株的甘蔗试验实施前,灌水处理的平均株高和茎径分别为 145.6 cm 和 3.03 cm,未灌水处理的平均株高和茎径分别为 145.9 cm 和 3.04 cm。到试验收获时,灌水处理平均株高和茎径分别为 148.6 cm 和 3.06 cm,单茎重为 1.17 kg;未灌水处理的平均株高和茎径分别为 149.5 cm 和 3.05 cm,单茎重为 1.06 kg。依据甘蔗的估产原则可知,后期灌水可使甘蔗的增产在 10% 以上。

2.3 灌水对甘蔗品质性状的影响

从图 3 可以看出,随着甘蔗的成熟,灌水和未灌水的处理的出汁率都有下降的趋势,40 d 的时候,灌水处理比未灌水处理高出 5 个百分点,甘蔗收获时灌水处理比未灌水处理高出 2 个百分点;灌水处理和未灌水处理的甘蔗蔗糖分随着甘蔗的成熟都呈增加的趋势,二者没有明显的差别,但结合甘蔗的出汁率可以得出灌水处理的产糖量平均将比未灌水处理的高出 2 个百分点(图 4);甘蔗纤维分的变化,整体上随着甘蔗的逐渐成熟两个处理的甘蔗纤维分都呈

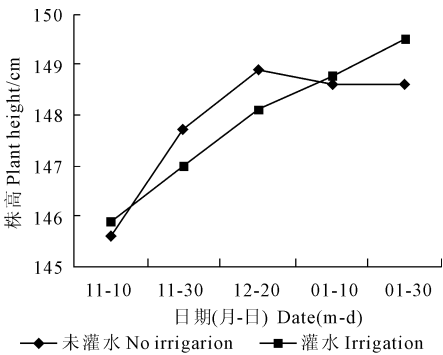


图 2 甘蔗株高的变化
Fig.2 Change of plant height of sugarcane

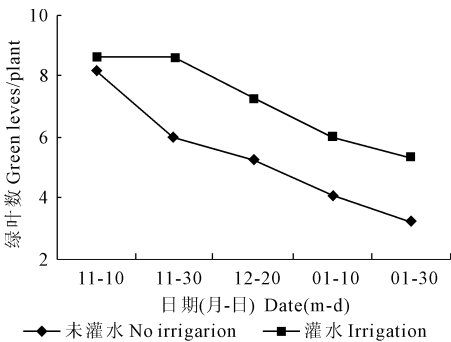


图 3 单株绿叶数的变化
Fig.3 Change of numbers of green leaves/plant

下降的趋势,灌水处理在 0~40 d 纤维分的下降速度要比未灌水的处理快,灌水处理比未灌水处理高出 6 个百分点,但到后期甘蔗收获时,两个处理的甘蔗纤维分的含量差别不大(图 5);甘蔗还原糖含量的变化(图 6),灌水处理 0~20 d 内呈现上升的趋势,20 d 后开始呈下降的趋势,20 d 后灌水处理的还

原糖含量开始下降,灌水处理是未灌水处理的 1.75 倍,到甘蔗收获时两个处理的还原糖含量差别不大,说明后期灌水,甘蔗还会分解部分的蔗糖释放出能量供给甘蔗生长,灌水 40 d 后收获甘蔗,并不会影响甘蔗的产糖量。杨丽涛^[8]研究得出的甘蔗生长后期适当的灌溉能降低还原糖和水分含量,促进蔗茎伸长,茎径增粗和增加有效茎数,从而提高产量,另外灌溉还能提高蔗汁重力纯度,降低还原糖含量,从而提高甘蔗糖分,本研究与前人研究得出的结论一致。

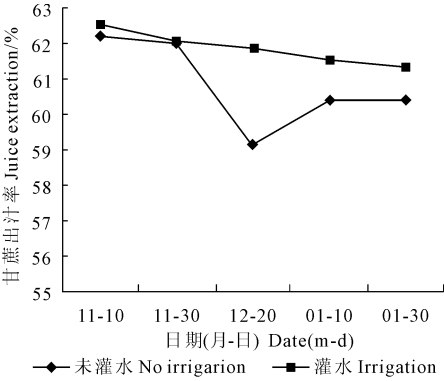


图 4 甘蔗出汁率的变化

Fig.4 Change of cane juice extracted ratio

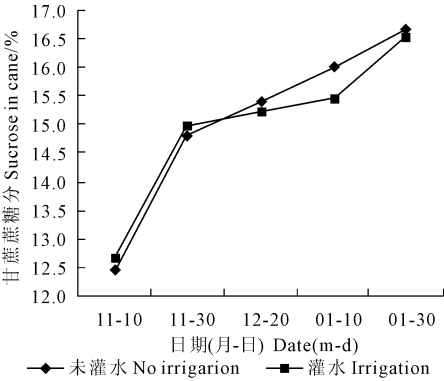


图 5 甘蔗蔗糖分的变化

Fig.5 Change of sugar content of cane

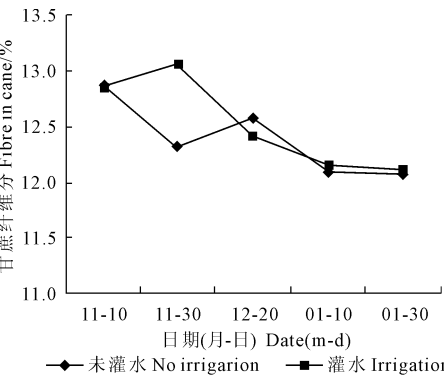


图 6 甘蔗纤维分的变化

Fig.6 Change of fibre content

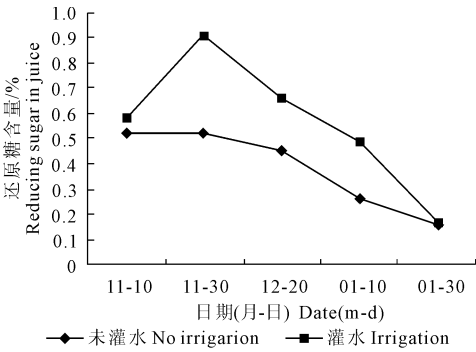


图 7 蔗汁还原糖含量的变化

Fig.7 Change of reducing sugar content in cane-juice

3 结论与讨论

后期灌水可有效地提高蔗田土壤的水分含量,甘蔗成熟期的少雨干旱加快了蔗田土壤水分的蒸发,特别是对 0 ~ 20 cm 土层土壤水分的蒸发更快。本试验的研究结果表明,0 ~ 20 cm 土层的土壤含水量灌水处理是未灌水处理的 1.05 ~ 1.40 倍,20 ~ 40 cm 土层的土壤含水量灌水处理是未灌水处理的 1.45 ~ 1.58 倍。在甘蔗成熟前期灌水,可有效地增加株高和绿叶数,可使甘蔗继续生长从而增产。后期灌水不但对甘蔗的糖分含量影响不明显,而且会增加甘蔗出汁率 2 ~ 5 个百分点。灌水处理会在灌水的 0 ~ 20 d 内增加甘蔗纤维分含量和还原糖含量,但到甘蔗收获时灌水处理和未灌水处理甘蔗的纤维分和还原糖含量相当,并不会影响甘蔗的出糖率,但可通过增产和提高出汁率最终导致甘蔗增糖,使糖厂和蔗农获得良好的经济效益。

云南蔗区有 30% 以上的蔗地分布在有灌溉条件的水田,甘蔗生产中要充分在甘蔗进入成熟期的 11 月份进行后期的灌水处理,同时合理安排灌水和甘蔗收割时间,按照先熟先砍的原则有效避开灌水前期甘蔗还在生长、还原糖含量高、纤维分含量高等不利因素的影响。另外云南蔗区 70% 以上的甘蔗种植在旱坡地上,没有灌溉条件,而且冬春干旱突出,应选用抗旱性强的甘蔗品种(云蔗 03 - 194),同时采取抗旱节水栽培技术,如甘蔗根系发达,对深层次的水分利用率高,有条件的地方可配合大马力拖拉机对蔗地进行深耕深松^[9],没条件的地方采取深沟板土栽培技术^[10]配合地膜覆盖技术,使甘蔗种植在 30 ~ 40 cm 深层次的土层中。由于甘蔗是宿根栽培,在甘蔗收获后可将蔗叶覆盖在甘蔗种植的行间,可有效地减少土壤的蒸发从而起到抗旱保水的作用^[11]。

2) 两种灌水方式下番茄的株高及茎粗生长曲线均呈现出“S”型;株高在前期(定植 55 d)滴灌处理的番茄株高大于微润灌溉,后期正好相反;茎粗在整个生育期内,微润灌溉都略大于滴灌处理。微润灌溉相对于滴灌而言,更有利于番茄的生长。

3) 两种灌水方式下番茄叶片光合速率日变化呈近似双峰曲线,且两个波峰分别出现在 10:00 和 14:00;番茄叶片的蒸腾速率和气孔导度日变化规律较为相似,呈单峰曲线,番茄蒸腾速率的峰值出现在 13:00,气孔导度的峰值出现在 12:00。这一结论与王杰等^[17]对番茄利用无压灌溉方式得出的结论较为一致。

4) 不同灌水方式对番茄产量和水分利用效率影响较大。无论是单位面积产量还是水分利用,微润灌溉都优于滴灌。

5) 两种灌水方式下番茄生育期耗水规律都表现出在开花坐果期与结果盛期大,在苗期和结果末期较小;不同灌水方式对比发现,滴灌处理番茄的耗水量都大于微润灌溉处理。这一结论与郑建等^[18]对比无压灌溉和滴灌方式下番茄耗水规律得出的结论相似。

参考文献:

- [1] 王淑芳.我国节水灌溉技术的发展现状与展望[J].灌溉排水学报,2007,16(4):38-42.
- [2] 梁称福,陈正法,李文祥,等.温室内膜下滴灌降温效应研究[J].蔬菜,2007,(2):43-45.
- [3] 沈红芬,陈莉静,张依群.大棚番茄滴灌试验[J].长江蔬菜,2010,(16):40-41.
- [4] 康绍忠,蔡焕杰.作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论

实践[M].北京:中国农业出版社,2002.

- [5] Kirda C, Cetin M, Dusqan Y, et al. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation [J]. *Agricultural Water Management*, 2004, 69:191-201.
- [6] 陈新明,蔡焕杰,王 健.作物根区无压地下灌溉技术灌水指标研究[J].灌溉排水学报,2005,24(2):5-9.
- [7] 张国红,袁丽萍,郭英华,等.不同施肥水平对日光温室番茄生长发育的影响[J].农业工程学报,2005,21(12):151-154.
- [8] 张 辉,张玉龙,虞 娜,等.温室膜下滴灌灌水下限与番茄产量、水分利用效率的关系[J].中国农业科学,2006,39:425-432.
- [9] 李 亮,张玉龙,马玲玲,等.不同灌溉方法对日光温室番茄生长、品质和产量的影响[J].北方园艺,2007,(2):75-78.
- [10] 单志杰,蔡焕杰,陈新明,等.无压灌溉埋管深度的机理性研究及大田试验[J].中国农村水利水电,2007,(3):44-47.
- [11] 胡笑涛,康绍忠,张建华,等.番茄垂向分根区交替控制滴灌室内试验与节水机理[J].农业工程学报,2005,21(7):1-5.
- [12] 原保忠,康跃虎.番茄滴灌在日光温室内耗水规律的初步研究[J].节水灌溉,2000,(3):25-27.
- [13] 赵伟霞,蔡焕杰,单志杰,等.无压灌溉日光温室番茄高产指标[J].农业工程学报,2009,25(3):16-21.
- [14] Petty J J, Huckins D, Martin, et al. Use of semipermeable membrane devices (SPMDS) to determine bioavailable organochlorine pesticide residues in streams receiving irrigation drainwater[J]. *Chemosphere*, 1995,30(10):1891-1903.
- [15] 杨文君,田磊,杜太生,等.半透膜节水灌溉技术研究进展[J].水资源与水工程学报,2008,19(06):60-63.
- [16] 张 俊,牛文全,张琳琳,等.微润灌溉线源入渗湿润体特性试验研究[J].中国水土保持科学,2012,10(06):32-38.
- [17] 王 燕,蔡焕杰,陈新明,等.根区局部控水无压地下灌溉对番茄生理特性及产量、品质的影响[J].中国农业科学,2007,40(2):322-329.
- [18] 郑 健,蔡焕杰,王 燕,等.不同灌水方式下番茄产量构成因素分析及耗水规律研究[J].塔里木大学学报,2008,20(2):56-61.

(上接第 60 页)

参考文献:

- [1] 陈善福,舒庆尧.植物耐干旱胁迫的生物学机理及其基因工程研究进展[J].植物学通报,1999,16(5):555-556.
- [2] 朱钟麟,赵燮京,王昌桃,等.西南地区干旱规律与节水农业发展问题[J].生态环境,2006,15(4):876-880.
- [3] Jeong J S, Kim Y S, Baek K H, et al. Root-specific expression of osnac10 improves drought tolerance and grain yield in rice under field drought conditions[J]. *Plant Physiology*, 2010,153:185-197.
- [4] Bouman B A M, Peng S, castañeda A R, et al. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems[J]. *Agricultural Water Management*, 2005,74:87-105.
- [5] 张万诚,郑建萌,任菊章.云南极端气候干旱的特征分析[J].灾害学,2013,28(1):59-64.

- [6] 吴才文,赵 俊,刘家勇,等.强宿根抗旱甘蔗新品种云蔗 03-194 的选育[J].中国糖料,2012,(3):4-6.
- [7] 广东省甘蔗糖业食品科学研究所.甘蔗制糖化学管理统一分析方法[M].北京:轻工业出版社,1976.
- [8] 杨丽涛,李杨瑞.干旱条件下后期灌溉对不同甘蔗产量、蔗糖分量和某些生理生化特性的效应研究[J].作物学报,1995,21(1):76-82.
- [9] 梁兆新.甘蔗深耕深耙技术及其效益分析[J].广西蔗糖,2004,(1):21-35.
- [10] 刘云援.旱地甘蔗深沟深植板土栽培技术[J].云南农业,1994,(3):12.
- [11] 崔雄维,张跃彬,郭家文,等.蔗叶不同还田模式对土壤水分和甘蔗产量的影响[J].中国糖料,2010,(4):21-23.