

基于土壤水势的棉花滴灌预警模型研究

周莉薇¹, 张强², 张国龙², 张泽^{2*}

(1. 新疆惠利灌溉科技股份有限公司, 新疆石河子 832003; 2. 石河子市昊丰德农业科技有限公司, 新疆石河子 832003)

摘要 [目的]研究膜下滴灌棉花不同土层深度土壤水势变化及与棉花功能叶片水势之间的关系,实现土壤水分的实时监测。[方法]利用水势测定仪测定土壤水势,并建立基于土壤水势的棉花滴灌预警模型。[结果]土壤水势在20~40 cm土层变化幅度较大,土壤水势(x)与棉花功能叶的凌晨叶水势(y)之间的关系:0~20 cm土层的方程式为 $y = -0.0007x^2 - 0.0283x - 1.3943$ ($R^2 = 0.9643$),20~40 cm土层的方程式为 $y = -0.0008x^2 - 0.0466x - 1.8093$ ($R^2 = 0.9482$)。通过田间验证预测精度较高($R^2 = 0.9457$)。[结论]该研究为膜下滴灌棉花灌溉补水和水分实时监测预警提供参考。

关键词 滴灌;棉花;水势;预警;模型

中图分类号 S275.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)10-0113-02

Study on Warning Model of Cotton Drip Irrigation Based on Soil Water Potential

ZHOU Li-wei¹, ZHANG Qiang², ZHANG Guo-long², ZHANG Ze^{2*} (1. Huili Irrigation Polytron Technologies Inc, Shihezi, Xinjiang 832003; 2. Shihezi Hao Feng-de Technology Co. Ltd., Shihezi, Xinjiang 832003)

Abstract [Objective] To study the relationship between soil water potential changes of cotton under mulched dip irrigation in different soil depth and water potential of cotton function leaf, and realize the real-time monitoring of soil moisture. [Method] Soil water potential was measured using water potential instrument, and early warning model of cotton drip irrigation based on soil water potential was established. [Result] Change amplitude of soil water potential (SWP) was maximum in soil layer of 20-40 cm, and the relationship between soil water potential (x) and leaf water potential of function leaves (y) in the morning: equation in 0-20 cm soil layer for $y = 0.0007x^2 - 0.0283x - 1.3943$ ($R^2 = 0.9643$), equation in 20-40 cm soil layer for $y = 0.0008x^2 - 0.0466x - 1.8093$ ($R^2 = 0.9482$). Through the field validation prediction accuracy was higher ($R^2 = 0.9457$). [Conclusion] The study can provide theoretical reference for filling water and real-time monitoring and early warning.

Key words Drip irrigation; Cotton; Water potential; Warning; Model

新疆植棉区属于半干旱地区,具有丰富充足的自然光热资源。经过多年的发展和开发,新疆棉区具备较为先进、完善的膜下灌溉体系和技术^[1]。目前新疆饮用的水资源中,农业用水比例位居首位,达97%^[2]。近年来,由于新疆工农业的快速发展、人口数量的逐步增加以及西部大开发带来的经济水平突飞猛进,城市居民生活用水和工农业用水数量急剧增加,水资源浪费现象严重,导致水资源供应明显不足^[3]。因此水资源成为目前农业发展急需考虑的重要因素,了解和掌握棉田土壤水分的变化运移规律,对棉花生长发育、水分的实时监测和灌溉用水计划具有一定的指导意义,能够有效地指导农业生产^[4-6]。笔者通过研究膜下滴灌棉花不同土层深度土壤水势变化与棉花功能叶片水势之间的关系,研究其变化规律,建立基于土壤水势的棉花滴灌预警模型,为农业生产灌溉补水计划提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况 试验在新疆石河子国家农业科技园区进行,园区位于天山北麓,地处准噶尔盆地南部的沙漠和绿洲交界带,常年干旱少雨,光热资源丰富。该地年降雨量仅180.5 mm,蒸发量1534.4 mm,无霜期166 d,年平均日照时数2784 h。试验地土壤类型属于灰漠土,土壤质地为砂壤土。耕层0~30 cm基本养分情况:有机质含量25 g/g,碱解氮含量83 mg/kg,速效磷含量32 mg/kg,速效钾含量287 mg/kg,田间持水量22.13%。

1.2 试验材料 棉花品种为新陆早62号。

1.3 试验方法 试验于2015年4月15日播种,播种密度为225万株/hm²,播种深度为3 cm。根据目前大田棉花生产实际肥料用量,以K₂O 51%作为基肥。氮肥(250 kg N/hm²)以尿素施入,全部作为追肥随水滴施。小区面积为49.2 m² (8.00 m × 2.05 m × 3),膜宽2.05 m,行距为60 cm,株距12 cm。试验地种植方式为棉花连作,东西走向,两头设置保护行。采用随机区组试验设计,其他田间管理均按高产栽培要求进行。

1.4 测定项目与方法 土壤水势的测定使用TRS-II数显土壤水势测量仪。土壤水势计算公式:

$$\text{土壤水势 (kPa)} = [\text{水势读数 (cm)} - \text{探头水柱高 (cm)}] / 10.2$$

式中,10.2为单位转换系数,探头水柱高为水势探头到橡皮塞的垂直高度。

使用小液流法测定棉花倒4叶叶片水势值,测定时间为11:00—13:00。

1.5 数据处理 试验数据采用Excel 2003软件进行整理和回归分析,并采用SPSS进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同土层土壤水势变化 从表1可以看出,7月8—14日40~60 cm土层的水势变化幅度较小,20~40 cm土层的水势变化幅度较大,这表明0~40 cm土层土壤水势变化受棉花蒸腾作用和土壤蒸散作用的影响较大,0~40 cm土层的水势值更能实时地反映土壤水分亏缺情况。因此,通过测定该范围土壤的水势值能够准确地反映土壤水分对棉花植株的有效性,从而指导农业灌溉用水。

基金项目 八师石河子市科技计划项目(2014NY16)。

作者简介 周莉薇(1983—),女,江苏无锡人,硕士,从事滴灌技术研究。*通讯作者,讲师,从事数字农业与精准农业研究。

收稿日期 2016-12-09

表 1 不同时间不同土层土壤水势变化

时间 Time	土层 Soil layer // cm		
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60
07-08	-21.2	-22.3	-25.7
07-10	-26.7	-27.9	-28.1
07-12	-37.3	-40.3	-34.2
07-14	-58.2	-69.1	-43.4

从图 1 可以看出,不同采样时期土壤水势之间均具有显著差异,同时 7 月 14 日采样的土壤水势与 7 月 8 日、7 月 10 日、7 月 12 日采样的土壤水势之间具有极显著差异。这表明 7 月 14 日的土壤墒情发生了较大变化,如不采取一定的措施则会影响棉花的正常生长发育,此时需要生产管理者进行及时的灌溉补水。

2.2 土壤水势与凌晨叶水势的关系 由图 2 可知,土壤水势(SWP, x)与棉花功能叶的凌晨叶片水势(PLWP, y)之间的关系:0~20 cm 土层的方程式 $y = -0.0007x^2 - 0.0283x - 1.3943$

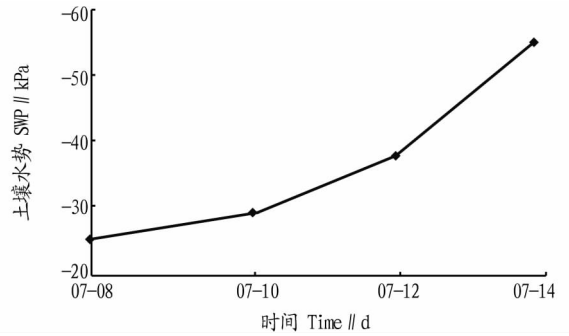


图 1 不同时间土壤水势的变化

Fig.1 Comparison of SWP at different times

1.3943 ($R^2 = 0.9643$), 20~40 cm 土层的方程式为 $y = -0.0008x^2 - 0.0466x - 1.8093$ ($R^2 = 0.9482$)。结合棉花倒 4 叶需水临界凌晨叶水势,0~20 cm 土层时,土壤需要灌溉补水的需水临界值在棉花的花前期、花铃期、吐絮期分别为 34.9、-40.2、-45.0 kPa;20~40 cm 土层时,土壤需要灌溉补水的需水临界值在棉花的花前期、花铃期、吐絮期分别为 43.3、-49.1、-54.0 kPa。

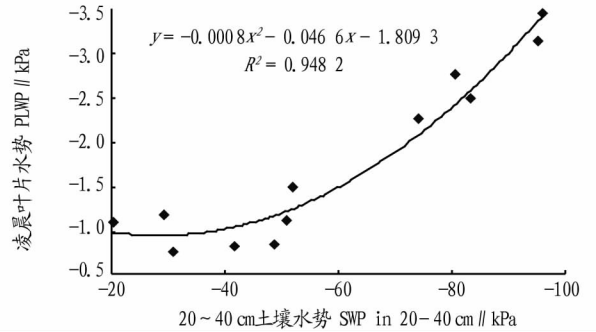
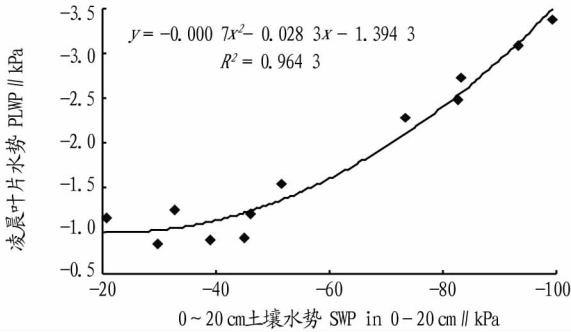


图 2 不同土壤水势下棉花倒 4 叶的 PLWP

Fig.2 Cotton boll leaf PLWP under different SWP

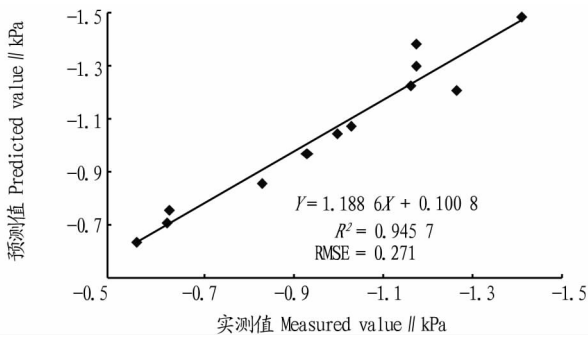


图 3 模型预测值与实测值方程拟合

Fig.3 Fitting of predicted value and measured values of models

这表明在棉花的不同生育期,如果不同土层的土壤水势值小于以上数值,则棉花不能正常生长,甚至影响棉花的生长发育。根据各个生育期的需水临界土壤水势值,可以进行膜下滴灌棉花的土壤水分实时监测。可以将土层深度 0~20 和 20~40 cm 的土壤水势值作为棉花灌溉措施的标准,当土壤实际水势小于该值时,则应采取适当的措施进行补水灌溉,以保证棉花的水分需求。

2.3 基于土壤水势的棉花滴灌预警模型验证 基于 2016

年测定的棉花全生育期土壤水势值和叶片临界水势值,进行预测模型的验证,结果表明, $R^2 = 0.9457$, $RMSE = 0.271$ (图 3)。因此,基于土壤水势预测棉花水分情况的此种方法可靠度较高,是实时监测棉花水分的一种新方法。

3 结论

(1) 7 月 8—14 日土壤水势在 20~40 cm 土层变化幅度较大,其次是 0~20 cm,40~60 cm 土层土壤水势变化幅度较小,因此 0~40 cm 土层土壤水势可用来反映土壤墒情变化。

(2) 膜下滴灌棉花土层深度为 0~20 cm 时,土壤需要灌溉补水的需水临界值在棉花的花前期、花铃期、吐絮期分别为 34.9、-40.2、-45.0 kPa;土层深度为 20~40 cm 时,土壤需要灌溉补水的需水临界值在棉花的花前期、花铃期、吐絮期分别为 43.3、-49.1、-54.0 kPa。以上各个数值可以作为棉花水分亏缺的重要指标以指导农业生产灌溉。

(3) 土壤水势(x)与棉花功能叶的凌晨叶水势(y)之间的关系:0~20 cm 土层的方程式为 $y = -0.0007x^2 - 0.0283x - 1.3943$ ($R^2 = 0.9643$),20~40 cm 土层的方程式为 $y = -0.0008x^2 - 0.0466x - 1.8093$ ($R^2 = 0.9482$),相关系数均较大,通过实际验证,

虽然空中压条工序较繁琐,繁育周期一般长达 5~6 个月,但相对于扦插、嫁接等方法成活率较高,如果能扩大繁育,也可在一定程度上缓解菲油果种苗供不应求的现状,因此是一种可行的方法。

3 展望

菲油果是集绿化、观赏、食用于一体的重要经济树种,在我国的引种栽培历史较短,研究范围局限,导致菲油果的三大重要功能未能充分发挥。若能打破种苗短缺的限制,加大推广力度,实现商品化生产栽培,先发展绿化,再带动其他产业,并逐步开发其各项经济价值,必有广阔的发展前景。因此,当务之急是先攻克菲油果的快速繁殖技术,并将其大范围推广。随着菲油果在我国的引种栽培,种质资源圃也不断的建立和完善,由于其种子繁殖易产生变异,为了保持母树的优良性状,应保证自花授粉,在品质优良的母树上采集接穗,扩大繁殖,同时关注芽变体,选育出适宜我国种植的优良品种,建立具有自主知识产权的品系,使菲油果在未来的绿化建设、园林景观、食品产业中占有一席之地。

参考文献

- [1] 邓文韬. 菲油果苗木繁殖技术研究[D]. 长沙:中南林业科技大学, 2011.
- [2] CANHOTO J M, CRUZ G S. Histodifferentiation of somatic embryos in cotyledons of pineapple guava (*Feijoa sellowiana* Berg) [J]. Protoplasma 1996;191(1):34-45.
- [3] 任少雄,王丹,张猛,等. 世界各国费约果育种进展及主要栽培品种[J]. 中国南方果树,2008,37(5):30-32.
- [4] 张瑜. 菲油果抗寒性研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2012.
- [5] 张猛. 费约果引种适应性及扦插生根机理的研究[D]. 雅安:四川农业大学,2009.
- [6] 王丹,刘仁道,任少雄. 食用、观赏兼用果树新种类费约果引种的气候适应性分析[J]. 中国南方果树,2007,36(6):39-41.
- [7] 孙敏红,袁德义,刘长虹. 不同土壤含水量对菲油果幼苗生长及生理生化特性的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(16):197-201.
- [8] 罗娅,曹会娟,邱静,等. 不同基因型和发育阶段对费约果叶片生物活性物质含量及抗氧化能力的影响[J]. 植物生理学报,2015,52(2):259-265.

- [9] 曹会娟. 费约果叶片生物活性物质分析及原花青素分离纯化工艺的研究[D]. 雅安:四川农业大学,2014.
- [10] 马泽刚. 费约果叶片有效成分及其提取工艺的研究[D]. 绵阳:西南科技大学,2015.
- [11] 丁振柱,黄仁华,王丹. 费约果叶片总黄酮提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品与生物技术学报,2011,30(3):371-375.
- [12] 王春,尹庆平,陈慧芳,等. 菲油果扦插繁殖[J]. 中国花卉园艺,2015(22):41-43.
- [13] 张猛,汤浩茹,王丹,等. 费约果果实香气成分的 GC-MS 分析[J]. 食品科学,2008,29(8):489-491.
- [14] 袁德义,邹锋,崔明杰,等. 菲约果果实主要营养成分及游离氨基酸分析[J]. 江西农业大学学报,2011,33(2):239-242.
- [15] 崔明杰. 菲油果的生长发育特性研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2010.
- [16] RUBERTO G, TRINGALI C. Secondary metabolites from the leaves of *Feijoa sellowiana* Berg. [J]. Phyto chemistry,2004,65(21):2947-2951.
- [17] 高超,袁德义,邓文韬,等. 菲油果种子萌发试验研究[J]. 种子,2011,30(9):8-10.
- [18] 张猛,王丹,范理璋,等. 种子贮藏方法和播种期对费约果出苗的影响[J]. 北方园艺,2010(11):48-49.
- [19] 黄俊轩,魏佳,杨静慧,等. 北方温室栽培费约果生长特性研究[J]. 北方园艺,2011(14):51-53.
- [20] 曾艳玲,袁德义,范晓明,等. 菲油果离体快繁再生无菌植株研究[J]. 经济林研究,2012,30(4):97-100.
- [21] 蒋建平,卜顺法,李彪,等. 菲油果种苗的组织培养技术研究[J]. 上海农业科技,2015(3):96-97,92.
- [22] 刘洪章,刘艳军,杨恩芹,等. 费约果外植体消毒处理方法[J]. 安徽农业科学,2011,39(16):9546-9547.
- [23] 王丹,周丽娟,黄海涛,等. 费约果不同花器官愈伤组织培养初报[J]. 北方园艺,2008(12):169-172.
- [24] 邓文韬,张日清,袁德义. 植物生长调节剂对菲油果嫩枝扦插生根的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2011,31(3):160-163.
- [25] 张猛,王丹,任少雄,等. 费约果母株繁殖方式和插穗成熟度对扦插生根的影响[J]. 林业科技,2009,34(3):59-61.
- [26] 韩玉洁,殷丽青,张于卉,等. 费约果的引种栽培及其应用[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2009,28(6):631-634.
- [27] FACHINELLO J C, NACHTIGAL J C. Vegetative propagation of *Feijoa sellowiana* Berg. through stool layering [J]. Scientia agricola, 1992, 49:37-39.
- [28] MIELKE M S, FACHINELLO J C, NACHTIGAL J C, et al. Physiological behavior of *Feijoa* multiplied by stool layering [J]. Scientia agricola, 1994, 51(1):21-27.

(上接第 114 页)

预测精度较高,因此可以通过土壤水势的变化较好地反映棉花需水情况。

参考文献

- [1] 赵永明,吕新,王军. 棉花膜下滴灌土壤水势的动态监测[J]. 新疆农业科学,2008,45(3):526-530.
- [2] 金建华,孙书洪,王仰仁,等. 棉花水分生产函数及灌溉制度研究[J]. 节水灌溉,2011(2):46-48.

- [3] 魏永华,陈丽君. 膜下滴灌条件下不同灌溉制度对玉米生长状况的影响[J]. 东北农业大学学报,2011,42(1):55-60.
- [4] 王新,刁明,马富裕,等. 滴灌加工番茄叶面积、干物质生产与积累模拟模型[J]. 农业机械学报,2014,45(2):161-168.
- [5] 何建丽,颜海英,车文秀. 东雷抽黄灌区棉花产量与合理灌溉的关系探讨[J]. 现代农业科技,2009(9):218-219.
- [6] 潘渝,雷晓云,李芳松. 智能化膜下滴灌条件下棉花灌溉制度试验研究[J]. 水利与建筑工程学报,2011,9(3):25-27.