

滴灌棉田土壤水分测点最优布设研究

申孝军¹, 孙景生^{1*}, 张寄阳¹, 王景雷¹, 李明思², 杨贵森³

(1. 中国农业科学院农田灌溉研究所, 农业部作物需水与调控重点实验室, 河南 新乡 453003;

2. 石河子大学水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832000; 3. 新疆兵团灌溉中心试验站, 新疆 乌鲁木齐 832002)

摘要: 为寻求滴灌棉田土壤剖面水分测点的最优布设方案, 2009年在棉花生育期内采用取土烘干法对膜下滴灌棉田不同位置、不同深度土壤质量含水率进行连续监测。利用监测数据分析了膜下滴灌棉田土壤剖面内不同观测点垂直方向上各层次土壤含水率之间的相关关系, 并利用R型谱系聚类法对剖面内各观测点8个土壤层次的土壤含水率变量进行分类, 筛选出适合膜下滴灌棉田墒情观测的土壤水分测点布设方案。最后利用2007年试验数据对提出的水分测点布设方案进行验证, 结果表明, 水平方向上距滴灌带0 cm、32.5 cm和50 cm处3个观测点, 各观测点垂直方向上0~10 cm、20~30 cm、40~50 cm和60~80 cm深处4个层次12个测点的土壤含水率能较好地反映整个剖面的土壤水分信息, 可作为膜下滴灌棉田土壤水分探头的布设点。

关键词: 滴灌; 土壤含水率; 水分探头; 墒情监测

中图分类号: S275.6; S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0090-06

维持植物生长所需的水分主要来源于土壤水分, 自然降水和灌溉水是农田土壤水分补给的主要来源。农田土壤水分状况直接影响作物根系对水分和养分的吸收和利用, 进一步影响作物经济产量和品质的形成。准确测定农田土壤水分信息, 是土壤墒情预报及作物适时适量灌溉的基础, 可直接为灌溉和抗旱防旱服务。土壤水分信息采集方法很多, 各有优缺点^[1]。传统的取土烘干法是最准确的土壤水分信息采集方法之一, 但不能用于长期定点监测; 随着科学技术的飞速发展, 传感器测量、通信、计算机等先进技术在土壤墒情监测中的应用实现了土壤水分动态变化的定点自动化监测^[2]。

随着滴灌自动控制系统的大面积推广和应用, 水分传感器已成为该系统不可缺少的一部分。使用水分传感器定点监测土壤水分时, 水分探头的埋设位置和埋设数量直接影响监测结果的精度, 特别是滴灌农田, 由于小定额高频灌溉, 灌溉水在土壤中并非一维层状均匀分布, 水分探头的埋设位置和埋设数量对剖面平均含水量的监测结果起着举足轻重的作用。

国内外学者对土壤水分探头布设位置进行了大量研究。研究表明, 地面灌条件下, 传感器应布置在根系水分吸收区域的临界区^[3]; 也可根据作物的根系生长发育, 将2个水分探头安装在根系层的不同深度处, 而且较深处水分探头的埋设深度应该是较

浅处埋深的2倍^[4]。研究发现^[5], 地表下10 cm、30 cm、70 cm、100 cm和140 cm 5个位置可作为土壤水分探头的适宜埋设深度; 也有学者发现地表下10 cm、20 cm和50 cm处埋设土壤水分传感器, 就能较好地监测0~100 cm土层的土壤水分状况^[6]; 地表下30 cm处的土壤水分能反应作物根层(0~50 cm)土壤水分状况, 也可作为传感器的安装深度^[7]。

滴灌条件下, 传感器应该安放在靠近滴头的区域^[8]。点源滴灌条件下, 因为距滴头水平方向0~5 cm和垂直方向5~10 cm范围内的土壤含水率的变异系数较高, 而且和相邻土壤的相关性又比较低, 所以距离滴头水平方向5 cm垂直方向10 cm处适宜埋设土壤水分探头^[9]。监测点布设在距离滴灌带约30 cm处优于距离滴灌带5 cm处^[10], 在距离滴灌带10 cm处, 不能满足精度要求; 等间距取样和监测点位于二棉花行中间, 所得0~60 cm土层土壤含水率的相对误差最小^[11]。在水平方向, 以传感器埋设在距滴头横向距离为10 cm处为佳, 垂直方向上, 地表下5~10 cm和20~30 cm处为埋设传感器的最佳深度, 40~50 cm处为辅助埋设深度^[12]; 杨凤亮^[13]研究发现, 墒情监测点布置于距滴灌带0 cm、20 cm和45 cm处均可, 不宜布置在更远处。

尽管前人已开展了较多的相关工作, 但关于膜下滴灌棉田水分探头最佳布设位置的系统研究还相对较少, 已有研究由于侧重点或试验条件差异, 最终

收稿日期: 2011-12-28

基金项目: 国家现代农业棉花产业技术体系建设专项资金资助(CARS-18-19); 国家“863”计划项目(2011AA100502)

作者简介: 申孝军(1980—), 男, 陕西蒲城人, 助理研究员, 主要从事灌溉原理与新技术研究。E-mail: shenxiaojun8003@yahoo.com.cn。

* 通信作者: 孙景生(1963—), 男, 辽宁建平人, 研究员, 博士, 主要从事节水灌溉原理与农业水资源高效利用研究。

研究结论也不完全相同。笔者采用取土烘干法监测了高产棉田棉花全生育期的土壤含水率,通过分析确定了膜下滴灌棉田不同观测位置处垂直方向上不同层次土壤水分的相关关系,并通过聚类分析,探讨能够反映整个剖面土壤水分含量的土壤观测点位置,在此基础上提出土壤水分传感器的合理埋设位置,以期为膜下滴灌棉田土壤水分传感器适宜布设方案的确定以及滴灌棉田水分自动化管理提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2009年4~10月在新疆生产建设兵团灌溉试验中心站的试验基地(43°59'N, 87°23'E)进行,研究站位于乌鲁木齐西30 km的五一农场,试区属于典型的温带大陆性气候,该区海拔551 m,多年

平均降水量190 mm,平均蒸发量1 600 mm,年平均日照时数达2 864 h,年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为3 450 $^{\circ}\text{C}$,地下水埋深大于15 m。1 m土层内土壤质地为壤土,平均体积质量1.51 g/cm³,田间持水率为20.7%(质量含水量)。

1.2 棉花种植模式及施肥方式

供试作物为棉花(新陆早9号),种植方式为1膜1带4行(图1),平均株距11 cm,种植密度为 2.5×10^5 株/hm²。5月2播种(干播湿出),5月11日出全苗,5月17日定苗,9月19日开始采摘。全生育期共施尿素(总氮含量 $\geq 46.4\%$)575 kg/hm²,高效肥(磷酸钾铵:N、P₂O₅和K₂O总养分含量 $\geq 60\%$,Zn、B、Fe、Mn等微量元素总含量 $\geq 0.5\%$)160 kg/hm²,采用随水滴肥方式分5次施入,每次尿素和高效肥的用量分别为115 kg/hm²和32 kg/hm²,喷施缩节胺化控3次。

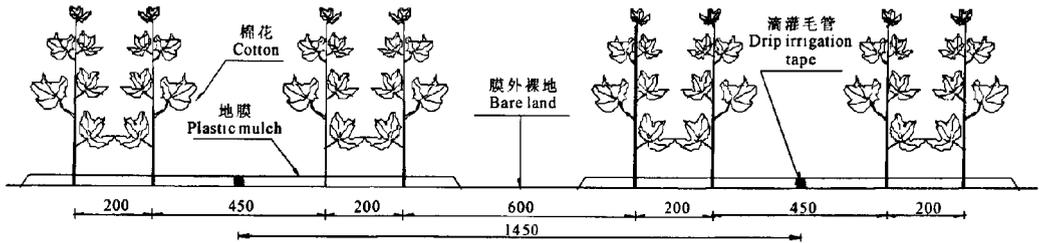


图1 棉花膜下滴灌布设示意图(mm)

Fig.1 Layout of drip irrigation under mulch on cotton

采用滴灌系统灌溉,毛管为内镶式薄壁滴灌带,滴头流量2.8 L/h,滴头间距30 cm。试验区面积约0.32 hm²,由一条支管控制,系统运行时,用输水管上的调压阀调控压力,利用水表控制各处理的灌水量,每个处理的3个小区(小区长和宽分别为50 m和1.45 m)为一个支管单元,在单元入口安装有闸阀和水表,系统首部安装有调压阀和压力表。

1.3 观测项目与方法

采用烘干法分层(0~60 cm每10 cm一层,60~100 cm每20 cm一层)测定土壤含水率,根据宽窄行的种植栽培特点,选宽行中间(即滴灌带正下方)、窄行中间和膜外裸地3个取样点,每隔5~7 d取样观测一次,灌水前后加测。为了尽可能减小灌水均匀度以及土壤空间变异对观测结果的影响,前后两次取样剖面的距离不超过1 m。

2 结果与分析

2.1 相关分析

以2009年棉花生育内的棉田土壤水分数据(生

育期内21次取土观测的试验数据)分析膜下滴灌棉田土壤剖面不同观测点不同层次质量含水率的相关关系(表1)。表1的相关分析表明,不同层次土壤含水率之间均具有一定的相关关系,相关系数均超过了0.371。同时还可以发现,在垂直方向上各层次的土壤质量含水率在相邻层次之间的相关系数都很高(基本都在0.9左右),但由于取样点在土壤剖面上位置的不同,相邻层次间的相关系数也有差异。P1处(观测点位于滴灌带正下方)的试验资料表明,0~40 cm土层各层(每10 cm一层)土壤含水率之间的相关系数均超过了0.9,大部分在0.95以上,30~40 cm与40~50 cm、50~60 cm与60~80 cm以及60~80 cm与80~100 cm之间的相关系数却均未达到0.9;而P2处(观测点位于膜下窄行中间)的试验数据表明,除了30~40 cm与40~50 cm(相关系数为0.767)外,其他相邻层次之间的相关系数均接近或超过了0.9;但P3处(观测点位于距滴灌带约50 cm的膜外裸地处)的试验数据表明,除30~40 cm与40~50 cm(相关系数为0.818)外,其他相邻层次间的

相关系数均达到了 0.9。这说明对于同一观测点,可通过减少相关系数较强的相邻层次的土壤水分探头,达到在不影响(或影响较小)观测结果的前提下降低传感器成本。可以利用安装在剖面上某几个点

上水分探头采集的水分信息表达整个剖面的水分信息,即用尽可能少的水分探头尽可能精确的反映剖面土壤水分信息。

表 1 不同深度土壤质量含水率相关系数表

Table 1 Correlation coefficients of the soil moisture content at different depths

观测点 Observation point	土层深度 Soil layer(cm)	土层深度 Soil layer(cm)								
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100	
P1	0-10	1.000								
	10-20	0.953	1.000							
	20-30	0.941	0.987	1.000						
	30-40	0.914	0.971	0.964	1.000					
	40-50	0.624	0.703	0.713	0.775	1.000				
	50-60	0.605	0.703	0.714	0.771	0.982	1.000			
	60-80	0.393	0.489	0.494	0.560	0.808	0.759	1.000		
	80-100	0.371	0.435	0.447	0.501	0.817	0.778	0.894	1.000	
P2	0-10	1.000								
	10-20	0.875	1.000							
	20-30	0.777	0.971	1.000						
	30-40	0.842	0.976	0.955	1.000					
	40-50	0.666	0.794	0.828	0.767	1.000				
	50-60	0.535	0.619	0.643	0.580	0.894	1.000			
	60-80	0.574	0.595	0.563	0.562	0.819	0.910	1.000		
	80-100	0.459	0.504	0.483	0.513	0.708	0.795	0.900	1.000	
P3	0-10	1.000								
	10-20	0.926	1.000							
	20-30	0.880	0.973	1.000						
	30-40	0.804	0.858	0.896	1.000					
	40-50	0.672	0.680	0.709	0.818	1.000				
	50-60	0.655	0.692	0.700	0.826	0.965	1.000			
	60-80	0.521	0.563	0.547	0.671	0.855	0.895	1.000		
	80-100	0.434	0.493	0.479	0.635	0.847	0.897	0.962	1.000	

2.2 聚类分析

为了从同一观测点处 8 个不同层次的土壤含水率数据中科学合理地选取最少的数据反映观测点最全面的土壤水分信息,利用 R 型聚类法对其分类。聚类分析(cluster analysis)是数理统计中研究“物以类聚”的一种方法,它是将一批样品或变量按照它们在性质上的亲疏程度进行分类。聚类分析根据分类对象的不同分为 Q 型和 R 型两大类。Q 型是对样本进行分类处理,R 型是对变量进行分类处理。

R 型聚类分析首先视各变量自成一类,然后把最相似(指距离最小或相关系数最大)的变量聚为小类,将已经聚合的小类按其相似性(用类间距离度量)再次聚合,随着相似性的减弱,最后将一切子类都聚合成一个大类,从而得到一个按相似性大小聚

结起来的谱系图。

对 2009 年不同观测点试验数据整理分析后均可得到 8 个不同的变量(以垂直方向上各层土壤含水率作为一个变量),利用 DPS 软件对各观测点的 8 个变量进行 R 型聚类分析,利用欧氏距离公式计算聚类距离,聚类方法选最短距离法。各观测点试验数据的分析结果如图 2 所示,横坐标代表土壤含水率变化量(单位,%),纵坐标代表观测点处的不同深度(单位,cm),图 a、b 和 c 分别代表观测点 P1、P2 和 P3 处试验数据的分析结果。从图 2 可知,对于 P1 处的试验数据,代表 60~80 cm 土层的土壤水分数据变量和 80~100 cm 土层的土壤水分数据变量首先合并在一起,其次是代表 10~20 cm、20~30 cm 两层的土壤水分变量和代表 40~50 cm、50~60 cm 两

层的土壤水分变量分别合并在一起;对于 P2 处的试验数据,代表 20~30 cm、30~40 cm 两层的土壤水分变量和代表 60~80 cm、80~100 cm 两层的土壤水分变量最先分别组合在一起,其次是代表 10~20 cm、20~40 cm 两层土壤水分数据的变量合并在一起;对于 P3 处的试验数据,最先合并的两个变量是代表 60~80 cm 和 80~100 cm 两层的土壤水分变量,其次是代表 10~20 cm 和 20~30 cm 两层的土壤水分变量以及代表 10~30 cm 和 30~40 cm 两层的土壤水分变量。土壤水分变量距离越小的两层土壤水分变化过程越相似,因此,在布设水分探头时可以首先考虑从变量距离小的两层中减掉一个。

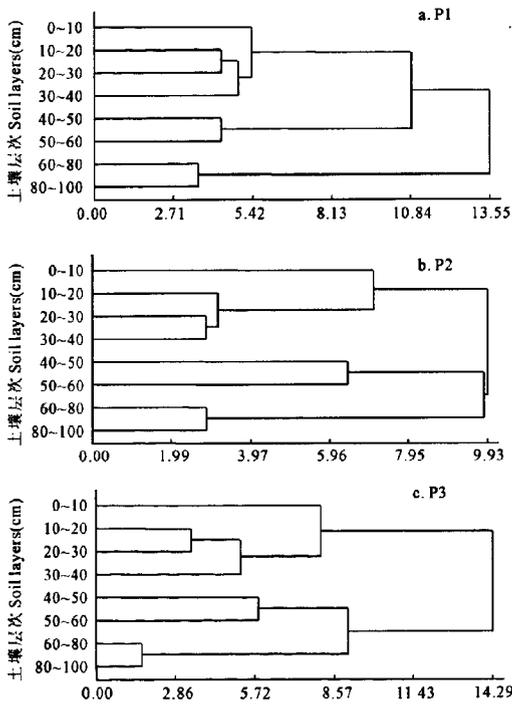


图 2 各观测点不同层次土壤含水率聚类谱系图
Fig. 2 Cluster pedigree of soil moisture at different depths under different observation points

表 2 给出了不同分类数目条件下各层土壤水分变量所归属的类别情况,以 P1 点试验数据归属为例,当分为两类时,0~60 cm 土层各层土壤水分变量被归为第 1 类,可以代表浅层的土壤水分情况,60~80 cm 和 80~100 cm 处的土壤水分变量被归为第 2 类,可以代表深层土壤水分状况;当分为 3 类时,0~10 cm 处的土壤水分变量被归为第 1 类,可代表表层土壤水分状况,10~60 cm 土层各层土壤水分变量被归为第 2 类,可代表中间土层土壤水分状况,60~80 cm 和 80~100 cm 处的土壤水分变量被归为第 3

类,可以代表深层土壤水分状况;以此类推,类别数目越多,归类越细致,越能更精确地反映土壤剖面内的水分信息。

表 2 不同分类条件下各层土壤水分变量归属表

Table 2 Adscription of soil moisture variable for different depths

观测点 Observation point	土层深度 Soil layer (cm)	分类数目 Number of classes				
		2	3	4	5	6
P1	0~10	1	1	1	1	1
	10~20	1	2	2	2	2
	20~30	1	2	2	2	3
	30~40	1	2	3	3	4
	40~50	1	2	2	4	5
	50~60	1	2	2	4	5
	60~80	2	3	4	5	6
	80~100	2	3	4	5	6
P2	0~10	1	1	1	1	1
	10~20	1	1	2	2	2
	20~30	1	1	2	2	3
	30~40	1	1	2	2	3
	40~50	2	2	3	3	4
	50~60	2	2	3	4	5
	60~80	2	3	4	5	6
	80~100	2	3	4	5	6
P3	0~10	1	1	1	1	1
	10~20	1	1	2	2	2
	20~30	1	1	2	2	2
	30~40	1	1	2	2	3
	40~50	2	2	3	3	4
	50~60	2	2	3	4	5
	60~80	2	3	4	5	6
	80~100	2	3	4	5	6

在农田土壤水分观测以及自动化控制灌溉过程中分类越多,需要的探头数目也越多,成本也会相应地提高。为了在不影响精度的前提下降低成本,在一个观测点上一一般选 3~4 个水分探头,根据图 2 和表 2 的分析结果,结合膜下滴灌棉田土壤水分分布情况,在 P1(位于膜下宽行滴灌带正下方处)、P2(位于膜下窄行正中间,水平方向上距滴灌带 32.5 cm 处)和 P3(位于膜外裸地水平方向上距滴灌带约 50 cm 处)3 个取样点垂直方向上选 4 个水分探头布设点(分别在地表下 0~10 cm、10~40 cm、40~60 cm 和 60~100 cm)即可。

3 试验验证

利用 2007 年同一地块的试验(棉花种植模式和取样方法完全相同)资料对提出的布设方案进行验证。通过对试验数据的整理分析,依据文献[14]的

计算方法,利用 P1、P2 和 P3 处 3 个观测点 8 个层次(0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm、40~50 cm、50~60 cm、60~80 cm 和 80~100 cm)和 4 个层次(0~10 cm、20~30 cm、40~50 cm 和 60~80 cm)的土壤水分资料计算同一剖面上的平均土壤含水率,计算结果见表 3。

表 3 两种方法计算结果对比

Table 3 Comparison of the results computed under two methods

播种后 天数 Days after sowing (d)	8 层 24 个试验 数据计算值 Calculated value based on 24 data of 8 soil layers(%)	4 层 12 个试验 数据计算值 Calculated value based on 12 data of 4 soil layers(%)	相对 误差 Relative error (%)
5	11.96	11.99	0.25
10	13.86	14.59	5.29
17	14.98	14.56	-2.82
24	15.47	15.22	-1.63
31	12.22	11.95	-2.24
38	14.02	14.55	3.81
45	10.88	10.80	-0.78
51	9.79	9.85	0.55
59	8.70	8.89	2.23
64	13.43	13.65	1.62
69	8.54	8.64	1.12
74	12.62	12.85	1.80
81	9.01	8.93	-0.95
84	10.56	11.03	4.44
89	10.09	10.38	2.95
94	13.07	13.58	3.87
100	8.17	8.17	0.04
108	10.00	10.23	2.28
115	8.79	8.96	1.97
126	7.65	7.35	-4.01

从表 3 可以看出,采用 4 层 12 个试验数据(分别为利用取土烘干法观测的 P1、P2 和 P3 处 3 个观测点垂直方向上 0~10 cm、20~30 cm、40~50 cm 和 60~80 cm 深处 12 个土壤水分数据)计算的剖面平均土壤含水率与利用 8 层 24 个试验数据(分别为利用取土烘干法观测的 P1、P2 和 P3 处 3 个观测点垂直方向上 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm、40~50 cm、50~60 cm、60~80 cm 和 80~100 cm 深处 24 个土壤水分数据)计算的结果十分接近,相对误差除播种后第 10 d 外均在 5% 以内。

4 结论

通过数学统计方法,对 2009 年干旱少雨的新疆膜下滴灌农田土壤水分试验数据进行了研究和分析,发现同一观测点处垂直方向上相邻两层土壤水

分具有很好的相关关系,相关系数均接近或超过了 0.9,说明垂直方向上某一层的土壤含水率能较好地反映邻近层次的土壤水分状况;聚类分析结果表明,垂直方向上,利用 0~10 cm、20~30 cm、40~50 cm 和 60~80 cm 处 4 个层次的土壤水分信息就能较好地反映同一观测点 0~100 cm 土层的土壤水分信息;利用 2007 年试验数据对结果进行了验证,其相对误差均在 5% 左右。因此,膜下滴灌条件下,水平方向上选滴灌带正下方、水平距滴灌带 32.5 cm 和 50 cm 处 3 个观测点,垂直方向上在每个观测点 0~10 cm、20~30 cm、40~50 cm 和 60~80 cm 处布设 12 个水分探头观测土壤含水率即可反映整个剖面的土壤水分信息。

本研究仅局限于 1 膜 1 管 4 行种植条件下,而且试验观测点的布置也不十分充足,所得结论也具有一定的局限性,为了进一步探明滴灌农田土壤水分探头的优化布设,还需在此基础上进一步研究。

参考文献:

- [1] 段爱旺,孟兆江.作物水分信息采集技术与采集设备[J].中国农业科技导报,2007,9(1):6-14.
- [2] Lew J, Lomas J. A comparison of statistical and soil moisture modeling techniques in a long-term study of wheat yield performance under semiarid conditions[J]. Journal of Applied Ecology, 1974, 11(3): 1081-1090.
- [3] Haise H R, Hagan R M. Soil, plant and evaporative measurements as criteria for scheduling irrigation[M]. Wis: ASA Madison, 1967:577-604.
- [4] Stegman E C. Irrigation Water Management[M]. Chicago, Illinois, USA: American Society of Agricultural Engineers, 1982:763-816.
- [5] 刘战东,高阳,段爱旺,等.商丘农田土壤水分测定探头埋设位置研究[J].节水灌溉,2008,(8):19-22,25.
- [6] 杨绍辉,王一鸣,孙凯.基于土壤含水率垂向变化规律的水分传感器布设[J].农业机械学报,2008,39(5):104-107.
- [7] 张艳玲,欧阳竹,郭建青,等.作物根层土壤水分动态监测最佳测量深度研究[J].中国农村水利水电,2010,(9):102-104.
- [8] Phene C J, Howell T A. Soil sensor control of high-frequency irrigation systems[J]. Transaction of the ASAE, 1984,27(2):392-396.
- [9] 余荣,汪小岳.滴灌条件下黄棕壤土水分运动规律研究[J].节水灌溉,2010,(10):1-4.
- [10] 李彦.棉花膜下滴灌灌溉制度的优化模型研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2005.
- [11] 李彦,雷晓云,申祥民,等.膜下滴灌土壤水分监测合理采样数目的初步研究[J].灌溉排水学报,2011,20(1):46-48.
- [12] 魏恒文.温室滴灌黄瓜根区土壤水分上下限指标及传感器埋设位置研究[D].北京:中国农业大学,2007.
- [13] 杨月亮,缴锡云,刘一休,等.棉花膜下滴灌墒情监测点的定位[J].灌溉排水学报,2010,29(3):29-31.
- [14] 杜太生,康绍忠,胡笑涛,等.根系分区交替滴灌对棉花产量和水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2005,38(10):2061-2068.

Study on the placement of sensors for moisture content in soil profile for cotton under mulched drip irrigation condition

SHEN Xiao-jun¹, SUN Jing-sheng^{1*}, ZHANG Ji-yang¹, WANG Jing-lei¹,
LI Ming-si², YANG Gui-sen³

(1. Key Laboratory of Crop Water Use and Regulation, Chinese Ministry of Agriculture, Institute of Farmland Irrigation, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453003, China;

2. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi 832000, China;

3. Irrigation Experiment Station, Water Conservancy Bureau in Xinjiang Production and Construction Corps, Urumqi 832002, China)

Abstract: In order to find the layout scheme of moisture probes in soil profile for drip irrigation under mulch, a field experiment was conducted in the oasis region of Xinjiang during 2009. Based on the observation data of moisture content in different depths and different positions in soil profile which were monitored with oven drying method, the correlation of soil water content in different depths and different positions was analyzed, the data of 8 depths at different positions were sorted by R type hierarchical clustering method, and the layout scheme of soil moisture probes was screened out in cotton filed with drip irrigation under mulch. The experimental verification results showed that it was reasonable that soil moisture probes were embed into 0 ~ 10 cm, 20 ~ 30 cm, 40 ~ 50 cm and 60 ~ 80 cm in vertical direction and 0 cm, 32.5 cm and 50 cm distance with drip line in horizontal direction.

Keywords: drip irrigation; soil water content; soil moisture probe; soil moisture monitoring

(上接第80页)

- [6] 魏占民,陈亚新,史海滨,等.作物水、盐响应模型的研究进展 [C]//康绍忠.农业高效用水与水土环境保护.西安:陕西科学技术出版社,2000.
- [7] 郑重,张凤荣,马富裕,等.基于棉花—水—盐生产函数的耕

地盐碱化分级与评价[J].灌溉排水学报,2010,20(1):47-49.

- [8] 王春霞,王全九,刘建军,等.微咸水滴灌条件下土壤水盐分布特征试验研究[J].干旱地区农业研究,2010,28(6):30-35,57.

Study on water-salt production function based on saline water irrigation for spring corn

WANG Jun-tao, CHENG Xian-guo, LI Qiang-kun

(Institute of Water Conservancy for the Yellow River, YRCC, Zhengzhou, Henan 450003, China)

Abstract: Plot experiments were carried out under irrigation with water of different salinity in the Shiyang River Basin to study the effect of water and salt factors on the growth of spring corn. Based on Blank model and Jensen model which were generally used in the world, crop water-salt model was built. And then salinity stress factor was used to transform water production function into water-salt production function. Through tests of irrigation with water of different salinity in 2009 and 2010 and function solutions, the salt sensitive index in different growth stage of spring corn was sought. The results showed that the salt sensitive degree sequence was seedling stage > jointing stage > tasseling-grouting stage > maturity stage. The result was verified by alternative saline water irrigation, and it showed that the crop would grow better if the irrigation happened in the growth stage with little salt sensitive degree.

Keywords: saline water; spring corn; Blank model; Jensen model; water-salt production function; Northwest China