

不同灌溉方式秋大豆需水规律与灌溉定额研究

胡勇¹, 靳伟荣², 谢亨旺², 黄永忠², 万小丽²

(1. 江西省赣抚平原水利工程南昌县管理站, 江西 南昌 330200; 2. 江西省灌溉试验中心站, 江西 南昌 330096)

摘要: 本项目通过在旱地试区设置喷灌、沟灌、不灌3种处理方式, 对秋大豆整个生育期的土壤墒情、耗水规律、作物需水系数、灌溉用水量等进行监测, 分析研究不同灌溉方式秋大豆整个生育期的土壤墒情变化规律, 通过水量平衡公式得出不同月份和不同生育期的秋大豆耗水规律, 提出其耗水量与产量的相关关系, 并通过连续3年的水量监测数据, 提出其不同水平年不同灌溉方式的灌溉定额。

关键词: 耗水规律; 灌溉定额; 作物需水系数; 土壤墒情; 秋大豆耗水量; 水平年; 产量

中图分类号: S274.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4701(2018)02-0079-06

0 引言

大豆在江西是一种增加复种指数, 改进轮作、间、套多熟制的主要作物, 是江西省主要的旱粮作物之一。近年来, 我省水稻种植面积减少, 经济作物播种面积增大, 水稻“双改单”趋势明显。根据《江西农业参阅》, 截止2014年底, 江西省秋大豆种植面积为10.14万 hm^2 。虽然秋大豆属于较耐旱作物, 但在需水关键期土壤水分是否充足仍会影响大豆各生育阶段的发育及产量的形成。江西省秋大豆大多种植于灌溉条件较差的坡地或田埂上, 在此形势下, 如何保证秋大豆不受雨量分配不均的影响而减产, 对大豆需水规律和灌溉定额研究显得十分必要, 同时也可在干旱天气时不同行业 and 不同作物之间合理配置有限的水资源提供基础数据支撑。

1 试验处理设计

1.1 试验区基本情况

本项目试验区位于江西省南昌市南昌县向塘镇高田村——江西省灌溉试验中心站试验研究基地。试验基地装有自动气象场, 试验区经度为 $116^{\circ}00'$, 纬度为 $28^{\circ}26'$, 平均海拔高度为22.00 m, 为典型的亚热带湿润季风性气候, 气候温和, 雨量充沛, 常年平均气温为 18.1°C , 年平均降雨量为1634.3 mm。

1.2 小区情况及处理设计

试验区土壤为黄粘土, 肥力中等, 排灌设施良好。供试秋大豆品种为早豆4号。播种时间为8月7日, 收获时间为11月25日, 全生育期共计112天。

在试验基地旱作区选取具有代表性的农田1亩, 设置喷灌、沟灌、不灌3个处理, 每个处理3个重复, 同时在试验小区周边设立田埂(筑土埂), 灌排水与周边农田分开, 以便计量^[1]。

同时在旱作物需水量测坑(6个测坑)进行需水量测定, 测坑有底, 面积为 4.00 m^2 , 测坑尺寸为 $2.00\text{ m} \times 2.00\text{ m} \times 2.625\text{ m}$ (长 \times 宽 \times 深), 测坑的剖面为梯形, 顶面为水平面, 底面向廊道方向倾斜, 以利于排出测坑中的积水, 远离廊道部分的深度为2.60 m, 而靠近廊道部分的深度为2.65 m, 在底板与回填土之间设置有20 cm厚的滤层、并要安装排水设施, 实际填土高度为 $2.40\text{ m} \sim 2.45\text{ m}$ 。测坑的墙为钢筋混凝土现浇, 并贴有防水材料。墙的厚度为0.25 m, 墙壁的上截面积控制在不大于测坑试验面积的5%, 消除了边缘的热效应影响测试结果的准确性。

本项目施肥水平、种植密度及病虫害防治等按常规农艺管理措施进行。喷灌和沟灌处理均使作物在生长发育期土壤含水率保持在60%~100%的田持(即在土壤含水率低于60%的田持时, 进行灌溉; 土壤含水率高于100%的田持时, 停止灌溉), 因此不同灌溉方式每次灌水量不同^[2]。

1.3 主要测试指标

(1) 灌排水测定。通过水表准确测定每次灌排水量,并记录每次灌排水时间、灌排水日期,记录全生育期灌排水次数、灌排水总量。

(2) 土壤含水率测定。每5天测定土壤含水率一次,采用铝盒取土烘干法测得土壤含水率。灌水前、降雨前和生育阶段转变时应加测1次,灌水后和降雨后需加测(降雨强度为24h大于10mm时加测)。土壤含水率测定土层深度为15cm,每个试验小区采用3点法取样分别测定。取样时间为每天早上8:00整开始。

(3) 各生育期调查。调查每个生育期(出苗期、分枝期、开花期、结荚期、鼓粒期、成熟期)的日期,以及全生育期的时间段。

(4) 生长指标调查。各生育期中期进行取样调查。

秋大豆具体指标包括:株高、节数、单株荚数、株数/ m^2 、茎粗。

(6) 考种验产。具体指标包括:单株荚数、百粒重、单株产量、大豆产量。

(7) 气象资料收集。具体指标包括:降雨量、最高气温、最低气温、相对湿度、日照时数、风速等。

2 试验结果分析

2.1 不同灌溉方式下土壤含水率变化规律分析

为了确定作物的具体灌水时间,更好的了解作物种植区土壤墒情变化规律和后期进行作物水量平衡计算,本项目对2013年秋大豆整个生育期土壤墒情进行跟踪监测,并将土壤含水率与土壤田间持水率做比值,进而

绘制曲线。

从图1、2可以看出,喷灌和沟灌处理的土壤含水率与田持的比值变化范围在0.6~1.0之间波动,整个生育期土壤含水率保持在60%~100%的田持之间,喷灌的含水率平均值为15.45%,沟灌为14.46%,不灌的土壤含水率由于受到气候条件的影响,整体偏低,最低含水率达到了4.00%,土壤含水率平均值也只有10.01%。通过观察不灌处理低于40%田持的曲线部分,可以发现秋大豆在9月份时出现短暂的缺水,主要缺水时期集中在10月5日到11月5日之间。

2.2 不同灌溉方式秋大豆各月耗水量变化规律分析

大田耗水量计算方法主要结合测坑蒸发蒸腾量进行推算,其计算公式是:

$$\text{作物耗水量} = \text{作物需水量} + \text{深层渗漏} \quad (1)$$

作物需水量主要指作物蒸发蒸腾量,该项目主要通过测定土壤含水率来计算秋大豆蒸发蒸腾量,具体计算公式如下^[3]:

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i (W_{i1} - W_{i2}) + M + P + K - C \quad (2)$$

式中: ET_{1-2} 为阶段蒸发蒸腾量,mm; i 为土壤层次号数; n 为土壤层次总数目; γ_i 为第*i*层土壤干容重, g/cm^3 ; H_i 为第*i*层土壤厚度,cm; W_{i1} 为第*i*层土壤在时段始的含水率(干土重的百分率); W_{i2} 为第*i*层土壤在时段末的含水率(干土重的百分率); M 为时段内的灌水量,mm; P 为时段内的降雨量,mm; K 为时段内的地下水补给量,mm,该项目中为有底,故 $K=0$; C 为时段内的排水量(地表排水与地下排水之和),mm。

深层渗漏主要发生在强降雨或灌水后,其具体计算方法如下:

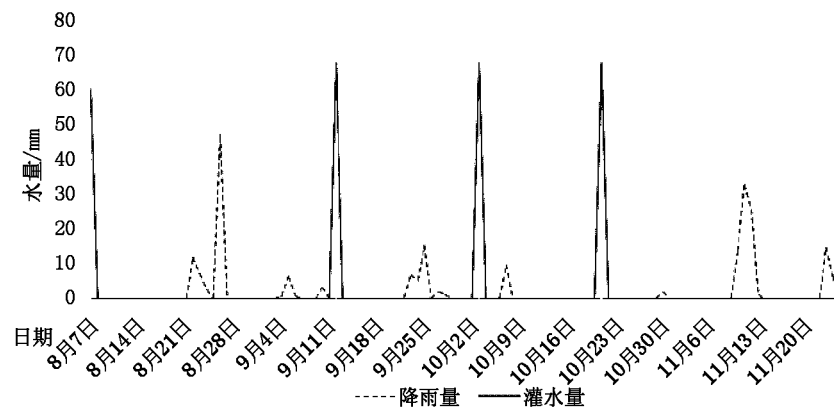


图1 秋大豆生育期降雨量、灌水量分布

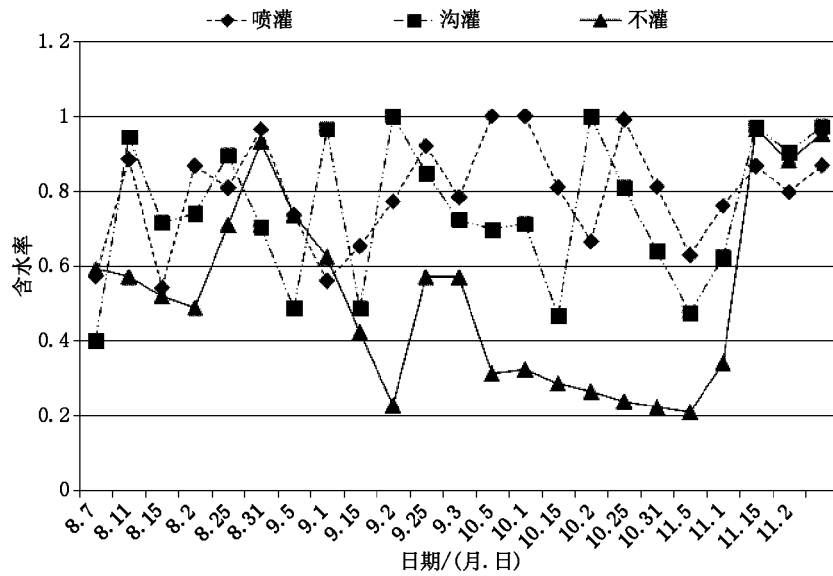


图 2 秋大豆不同灌溉方式土壤含水率与田持比值曲线

$$C_{\text{深层}} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i [(W_{1i\text{大田}} - W_{2i\text{大田}}) - (W_{1i\text{测坑}} - W_{2i\text{测坑}})]$$

式中： $C_{\text{深层}}$ 为深层渗漏水量，mm； $W_{1i\text{大田}}$ 为大田第 i 层土层在强降雨或灌水前的含水率（质量百分率）； $W_{2i\text{大田}}$ 为大田第 i 层土层在强降雨或灌水后的含水率

（质量百分率）； $W_{1i\text{测坑}}$ 为测坑第 i 层土层在强降雨或灌水前的含水率（质量百分率）； $W_{2i\text{测坑}}$ 为测坑第 i 层土层在强降雨或灌水后的含水率（质量百分率）；

2.2.1 不同灌溉方式秋大豆各月耗水量变化规律

从图 3 可以看出，秋大豆在整个生育期耗水量为先

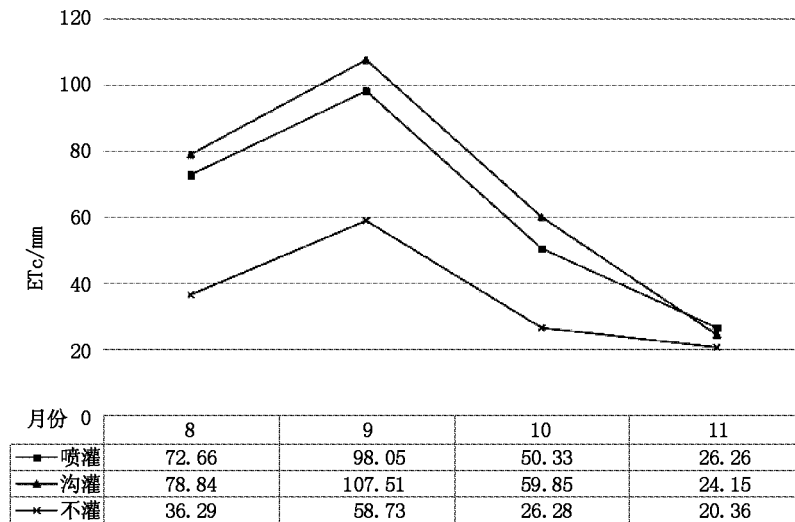


图 3 秋大豆不同月份耗水量变化规律

增加后减少，不同灌溉方式下，沟灌的耗水量随着月份的延后，比喷灌和不灌逐渐增大，主要原因是由于沟灌灌溉时，需要大量水在沟内，以满足灌溉要求。

2.2.2 不同灌溉方式秋大豆不同生育期耗水量变化规律

通过对图 4 进行观察可以发现，在生育期前期，不同灌溉方式大豆的耗水量基本持平，而在后期，沟灌的耗水量逐渐大于喷灌。主要原因是沟灌在灌溉时，需要在地表形成径流以满足灌溉要求；不灌的处理最小，由于不灌的处理受到水分胁迫的缘故，其耗水量最小。秋

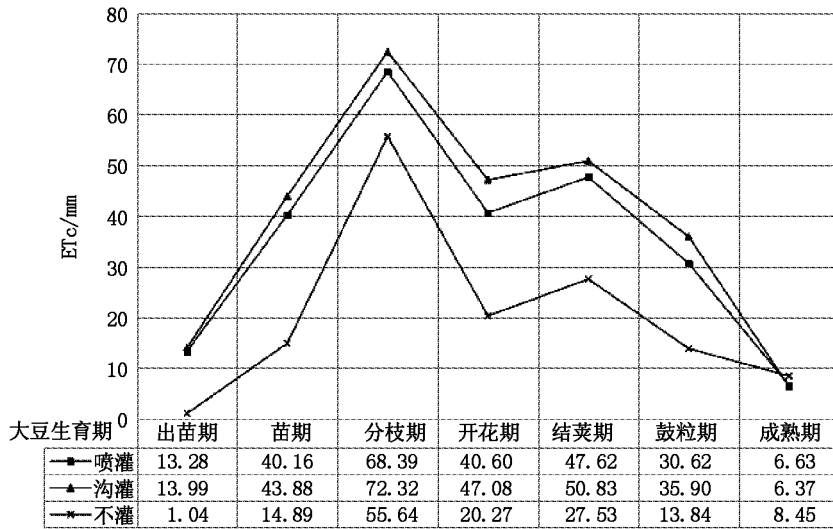


图4 不同灌溉方式下大豆耗水量变化规律图

大豆整个生育期耗水量变化规律为先增大后减小。

2.3 不同灌溉方式对秋大豆产量的影响规律分析

从表1可以得出,秋大豆单株荚数喷灌比沟灌多4.7%,沟灌比不灌多34.4%;百粒重喷灌比沟灌重1.6%,沟灌比不灌重3.3%;单株产量喷灌比沟灌高3.8%,沟灌比不灌高46.3%;亩产量喷灌比沟灌高1.4%,沟灌比不灌高29.0%。

表1 不同灌溉方式秋大豆产量分析

处理	单株荚数 /个	百粒重 /g	单株产量 /g	亩产量 /kg	增产率 (与不灌比)
喷灌	42.5	19.2	8.2	86.5	30.9%
沟灌	40.6	18.9	7.9	85.3	29.0%
不灌	30.2	18.3	5.4	66.1	-

2.4 秋大豆耗水量与产量的相关性分析

从表2可以发现,大豆喷灌作物需水系数低于沟灌,不灌处理大豆作物系数最低,说明不灌处理水分利用率最高,喷灌大豆水分利用率高于沟灌,沟灌处理水分利用率最低。耗水量与产量的相关系数为1.000 > 0.8,可见耗水量与产量有高度的线性正相关关系,显著

表2 不同灌溉方式秋大豆耗水量与产量相关分析表

处理	全生育期耗水量/mm	产量/(kg/亩)	作物需水系数	相关系数	显著性系数
喷灌	247.30	86.5	2.86	1.000	0.005
沟灌	270.35	85.3	3.17		
不灌	141.66	66.1	2.14		

表3 1978~2014年降雨量排频表

年份	降雨量 /mm	频率 /%	年份	降雨量 /mm	频率 /%
2010	2 317.00	2.63	1997	1 467.90	52.63
1995	2 296.00	5.26	2001	1 459.90	55.26
2002	2 120.10	7.89	1992	1 404.80	57.89
2005	2 066.10	10.53	1989	1 400.30	60.53
2012	1 925.80	13.16	1987	1 376.60	63.16
1999	1 884.40	15.79	2013	1 368.50	65.79
1993	1 784.30	18.42	2008	1 362.90	68.42
1998	1 750.60	21.05	1996	1 340.20	71.05
2003	1 720.60	23.68	1979	1 295.30	73.68
2000	1 680.10	26.32	1985	1 241.20	76.32
1983	1 670.70	28.95	1990	1 228.20	78.95
2006	1 587.80	31.58	1988	1 221.90	81.58
1980	1 583.70	34.21	1986	1 211.80	84.21
2014	1 534.00	36.84	2011	1 159.80	86.84
1994	1 517.20	39.47	2007	1 125.60	89.47
1984	1 501.20	42.11	2009	1 098.70	92.11
1981	1 483.40	44.74	1978	986.90	94.74
2004	1 481.90	47.37	1991	940.90	97.37
1982	1 481.00	50.00			

性系数0.005 < 0.05,显著性明显。由于在大豆生育期内根部病虫害严重,土壤环境恶化,致使本次实验总体产量水平较低。

2.5 秋大豆灌溉定额研究

本项目选取 1978 ~ 2014 年共 37 年的降雨资料进行排频,从而得出丰水年、平水年、枯水年的不同降雨量值。

通过采用水文目估适线法对降雨量进行排频,得出

样本均值 E_x 为 1 515.60 mm,变差系数 C_v 为 0.22,偏态系数 C_s 为 0.90,倍比系数 $C_s/C_v = 4.09$ 。通过查图 5 可以发现, $P = 75%$ 时的降雨量为 1 272.28 mm,平水年 $P = 50%$ 时的降雨量为 1 466.23 mm,丰水年 $P = 25%$ 时的降雨量为 1 705.37 mm。

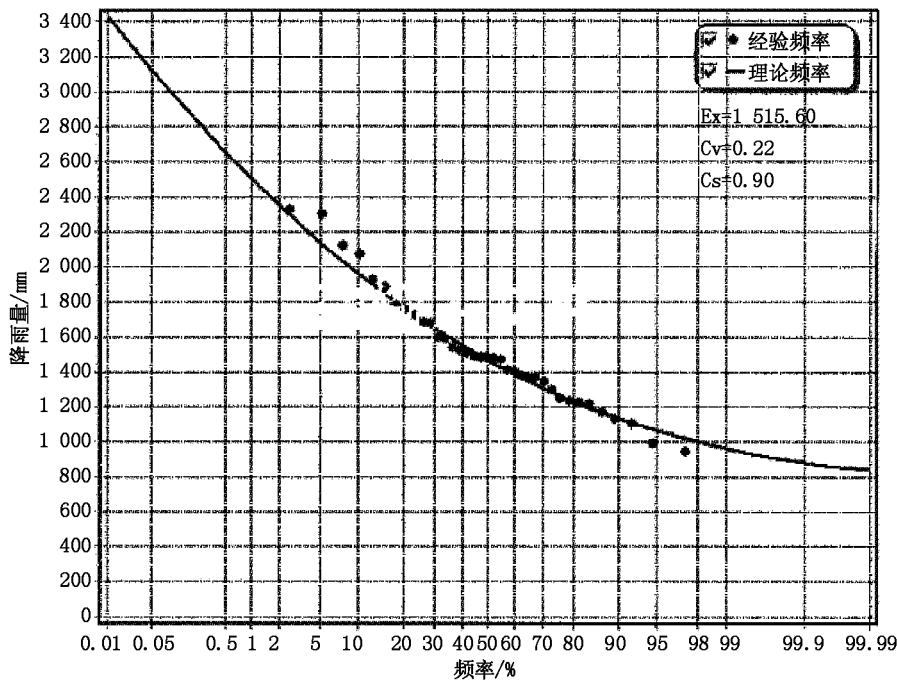


图 5 降雨量频率曲线

本项目实施年限为 2012 ~ 2014 年,2012 年降雨量为 1 925.80 mm > 1 705.27 mm,为丰水年,2013 年降雨量为 1 368.50 mm,介于 1 272.28 mm 和 1 466.23 mm 之间,为偏枯水年,2014 年降雨量为 1 534.00 mm,介于 1 705.27 mm 和 1 466.23 mm 之间,为偏丰水年。本项目灌溉保证率为 90%,以下是 2012 ~ 2014 年 3 年秋大豆的灌水量表(见表 4)。

31.8%,丰水年(2012 年)秋大豆喷灌灌水量比偏丰水年(2014 年)要少 22.4%,沟灌少 21.2%;2012 年秋大豆喷灌比沟灌少 15 m³/亩,节水 22.4%,2013 年秋大豆喷灌比沟灌少 33 m³/亩,节水 29.4%,2014 年秋大豆喷灌比沟灌少 18 m³/亩,节水 21.2%。

3 结 论

本项目利用作物需水量测坑和大田相结合的试验方法,研究了鄱阳湖流域气候条件下秋大豆不同灌溉方式的耗水规律和灌溉定额。通过对其土壤墒情变化进行分析,得出 2015 年秋大豆的主要缺水时期为 10 月 ~ 11 月期间:整个生育期耗水量变化规律为先增大后减小,在开花期耗水量达到最大;亩产量喷灌比沟灌高 1.4%,沟灌比不灌高 29.0%;耗水量与产量有高度的线性正相关关系,显著性明显;通过对秋大豆需水系数进行分析研究,发现不同灌溉方式下,不灌处理的作物需水系数最低,水分利用率最高,喷灌次之,沟灌作物需

表 4 秋大豆 2012 年 ~ 2014 灌水量和灌水次数表

年份	作物名称	灌溉方式	灌水次数	灌水量/ (m ³ /亩)	节水量/ (m ³ /亩)	节水率 /%
2012	秋大豆	喷灌	3	52	15	22.4
		沟灌	3	67	-	-
2013	秋大豆	喷灌	6	79	33	29.4
		沟灌	6	112	-	-
2014	秋大豆	喷灌	4	67	18	21.2
		沟灌	3	85	-	-

由表 4 可以看出,偏枯水年(2013 年)秋大豆喷灌灌水量比偏丰水年(2014 年)要多 17.9%,沟灌多

水系数最高,其水分利用率最低;提出了秋大豆不同灌溉方式不同水平年的灌水量,为科学制订作物灌溉制度提供了依据。

参考文献:

[1] 毛洪霞. 滴灌大豆需水规律及灌溉制度的研究[D]. 西北农林科技大学

学,2008.

[2] 吴昊,何天祥,郑传刚. 秋大豆生育规律与栽培技术研究[J]. 安徽农业科学,2007(23):7133~7135.

[3] SL 13-2015, 灌溉试验规范[S]. 北京:中华人民共和国水利部,2015.

编辑:张绍付

Study on water requirement and irrigation quota of autumn soybean in different irrigation ways

HU Yong, JING Weirong, XIE Hengwang, HUANG Yongzhong, WAN Xiaoli

(1. Nanchang County Management Station of Jiangxi Provincial GanFu Plain Hydraulic Engineering Administration, Nanchang, Jiangxi, 330200 China;

2. Jiangxi Provincial Irrigation Experimental Station, Nanchang, Jiangxi, 330096 China)

Abstract: In this project, the soil moisture, water consumption, crop water requirement and irrigation water quantity of autumn soya were monitored by setting sprinkler irrigation, furrow irrigation and non-irrigation in the dryland experimental area. The effects of different irrigation methods, the change law of soil moisture in autumn soya during the whole growing period, the law of water consumption of autumn soybean in different months and different growing periods was obtained by the formula of water balance, and the relationship between water consumption and yield was put forward. Through three years of monitoring data, Proposed different levels of irrigation in different irrigation quotas.

Key words: Water consumption law; Irrigation quotas; Crop water requirement; Soil moisture; Autumn soybean water consumption; Level year; Production; Sprinkler irrigation; Furrow irrigation

翻译:胡 勇