

Crops模型在农业灌溉上的应用研究

史依飞¹, 于蓉蓉^{2*}, 刘诗语², 丁榆宾¹

¹西京学院机械工程学院, 陕西 西安

²西京学院计算机学院, 陕西 西安

收稿日期: 2024年5月29日; 录用日期: 2024年8月7日; 发布日期: 2024年9月12日

摘要

灌溉是农业灌溉管理中非常重要的问题之一, 传统的人工灌溉不仅浪费人力又工作效率不高。基于Crops模型的灌溉装置拟对农田中土壤环境、大气湿度和病虫害情况进行采样研究, 掌握农田中的土壤环境以及空气湿度的变化规律, 获得不同情况下的相关数据, 在对相关数据进行分析的基础上, 采用温度湿度传感器对一定范围内的各项指标进行分析, 为田地里的农作物精准灌溉提供相关数据。

关键词

农业灌溉, Crops模型, 传感器

Research on the Application of Crops Model in Agricultural Irrigation

Yifei Shi¹, Rongrong Yu^{2*}, Shiyu Liu², Yubin Ding¹

¹School of Computer Science, Xijing University, Xi'an Shaanxi

²School of Mechanical Engineering, Xijing University, Xi'an Shaanxi

Received: May 29th, 2024; accepted: Aug. 7th, 2024; published: Sep. 12th, 2024

Abstract

Irrigation is one of the very important issues in agricultural irrigation management, and traditional manual irrigation not only wastes manpower but also has low work efficiency. The irrigation device based on the Crops model intends to sample and study the soil environment, atmospheric humidity and pests and diseases in the farmland, grasp the change law of the soil environment and air humidity in the farmland, obtain the relevant data under different conditions, and on

*通讯作者。

文章引用: 史依飞, 于蓉蓉, 刘诗语, 丁榆宾. Crops 模型在农业灌溉上的应用研究[J]. 仪器与设备, 2024, 12(3): 347-353. DOI: 10.12677/iae.2024.123045

the basis of the analysis of the relevant data, the temperature and humidity sensor is used to analyze the indicators within a certain range, so as to provide relevant data for the precise irrigation of crops in the field.

Keywords

Agricultural Irrigation, Crops Model, Sensors

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

传统的农业灌溉装置[1]对于水的利用率较低,使得大量的水资源被浪费。在我国,一般农业灌溉分为畦灌、沟灌、喷灌、滴灌、渗灌、微喷灌等六种方式,当然这些灌溉方式如果都是通过人工去控制的话,无论哪一种方式,都会无形中增加成本,浪费水资源。

智能灌溉装置[2]是带动农业节水灌溉技术提升的重要生力军,应用该系统开展农业灌溉,能有效省水、省肥、省力,促进增产、增效,综合效益非常显著。在水资源紧缺地区,应用该装置,可以有效节省水资源,提高水资源的利用率,解决由于水资源不足所带来的发展困难,而在水资源充足的地区,智能灌溉装置的应用,也会极大地降低农业生产成本,推动精细化农业的发展,优化作物的生长环境,提高农作物的产量和品质,实现节本增效的目标。因此我们说应用智能灌溉装置将成为未来灌溉趋势。

Crops 模型在研究农作物生长对水资源的依赖程度上具有重要意义,在我国该模型对农作物的生长具有一定的积极影响,它在研究农作物生长的同时还监测着水对农作物的作用,但在许多方面该模型还需进一步验证,本文旨在为后续研究提供一定的参考信息。

2. 模型的构建

2.1. 基本原理

首先,根据灌溉相关文件资料表明农作物的作物产量和含水量也就是水分之间的变换方程如式(1)所示。

$$\left(\frac{Y_x - Y_0}{Y_x} \right) = k_y \left(\frac{ET_x - ET_0}{ET_x} \right) \quad (1)$$

其中, Y_x 表示农作物的潜在产量,也就是理想状态下的作物产量, Y_0 表示农作物的实际产量; ET_x 表示农作物的潜在蒸发量即理想状态下的蒸发量, ET_0 表示农作物的实际蒸发量即真实值, k_y 表示作物相对产量的损失量与作物相对蒸发量之间的比值。

其次, Crops 模型[3]在上述农作物的作物产量和含水量也就是水分之间的变换方程的基础上进行改进,其改进的方程如式(2)、(3)所示。

$$Y = B \cdot HI \quad (2)$$

$$B = WPg \cdot \sum Tr \quad (3)$$

其中, Y 表示农作物的最终产量, B 表示农作物中的微生物含量, HI 表示农作物的收获指标, WP 表示农

作物中生物的含水量, Tr 表示农作物的蒸发速率。

2.2. 计算方法

Crops 模型中总体研究思路如图 1 所示, 其中包括土壤水平衡、作物冠层生长、作物蒸腾、地上生物量、作物产量, 通过对以上五部的细致研究即可精准的预测田地中农作物的大致生长状况进行具体的解释如下:

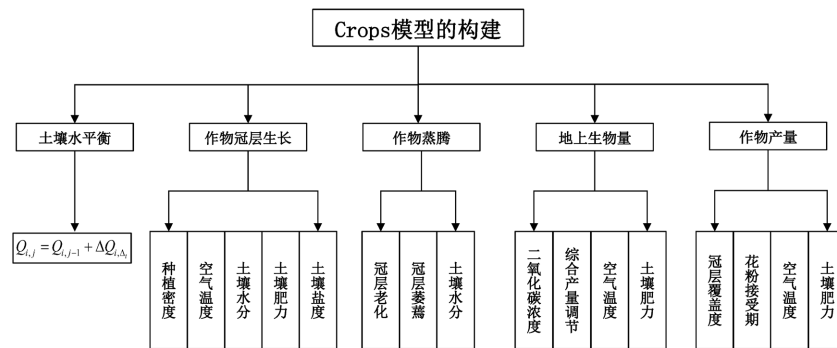


Figure 1. The overall calculation scheme of the Crops model

图 1. Crops 模型的总体计算方案

(1) 土壤中所含水分含量变化模拟

为了更加精确的计算出农作物生长时所需水分的变化情况, Crops 模型基于农田中的土壤情况, 通过将土壤进行区域划分测量区域时间里不同区域土壤的内在情况, 在此假设假使土壤的深度为 z , 所采样的时间为 t , 每个区域的大小为 Δz 。对于所划分的土壤中以 g 为时间轴的土壤深度为 z_i , 所采样的时间为 t_j , 其节点 (z_i, t_j) 的土壤中水分的含量变化关系如式(4)所示。

$$Q_{i,j} = Q_{i,j-1} + \Delta Q_{i,\Delta t} \quad (4)$$

其中, $Q_{i,j}$ 为作物在下一个时间节点 (z_i, t_j) 在一个时间节点 t_{j-1} 时候的土壤中水分的含量, $\Delta Q_{i,\Delta t}$ 是农作物在 Δt 时间内的土壤中水分的变化量如式(5)所示。

$$\Delta Q_{i,\Delta t} = \Delta Redis_{i,\Delta t} + \Delta Deper_{i,\Delta t} + \Delta Infil_{i,\Delta t} + \Delta Evape_{i,\Delta t} + \Delta tran_{i,\Delta t} \quad (5)$$

其中, $\Delta Redis_{i,\Delta t}$ 表示, 在 Δt 时间内外界所到达土壤层 i 的水分, $\Delta Deper_{i,\Delta t}$ 表示, 在 Δt 时间土壤内部 i 所流出的水分, $\Delta Infil_{i,\Delta t}$ 表示, 在 Δt 时间内外界比如雨水、下雪以及各种天气条件下的外力灌溉给水等渗透到土壤 i 中的水分。 $\Delta Evape_{i,\Delta t}$ 表示土壤中的水分 i 在 Δt 时间内的损失量, $\Delta tran_{i,\Delta t}$ 表示农作物在 Δt 时间内通过蒸发所以对土壤中 i 的水分的蒸发量。

(2) 农作物冠层生长状况的模拟

Crops 模型中, 冠层生长即顶端作用, 它可解释为绿色农作物上可接触到阳光的部分所产生的向上生长作用。绿色农作物的绿色覆盖率指的是土壤中的农作物绿色所覆盖面积的覆盖率, 具体计算如式(6)所示

$$\begin{cases} CC = CC_0 e^{tCGC} & \text{if } CC \leq \frac{CC_x}{2} \\ CC = CC_x - 0.25 \frac{(CC_x)^2}{CC_0} e^{-tCGC} & \text{if } CC > \frac{CC_x}{2} \end{cases} \quad (6)$$

作物生长过程中,随着时间的变化农作物的生长过程是通过农作物的顶端覆盖之后的生长滞后量来表示,具体计算公式为:

$$CC = CC_x \left[1 - 0.05 \left(e^{\frac{CDC}{CC_x}} - 1 \right) \right] \quad (7)$$

其中, CC_0 表示, 农作物在最原始状态下农作物的顶端覆盖率, CC_x 表示, 阳光资源最大时的农作物的顶端层覆盖率, CC 表示, 农作物在 t 时刻时的农作物的顶端层覆盖率。

(3) 农作物的蒸腾模作用模拟

Crops 模型中, 农作物的蒸腾作用的表达为农作物的表层的蒸发量, 具体可表示为, 农作物的生长系数和水分短缺时候的水分系数之积, 具体表达如式(8)所示。

$$Tr = Ks(Kcb_x CC^*) ET_0 \quad (8)$$

其中, ET_0 表示农作物在理想条件下的蒸发量即水分损失量, 即农田表面的蒸腾量, Kcb 表示农作物表面水分的蒸腾系数, Ks 表示农田中土壤水分的虚拟修复量, 0 表示农作物在缺水情况下, 生长所需的水分使得农作物受到严重的威胁, 即水分胁迫, 此时此刻, 农作物处于生长停止状态, 1 表示农作物的茁壮生长状态。

(4) 地上生物量的模拟

为了研究不同天气条件下, 农作物对水分的需求量大小, 通过研究 Crops 模型使得农作物在土壤中的生长情况得以模拟, 其具体表达如式(9)所示。

$$B = Ks_b WP^* \sum_i \frac{Tr_i}{ET_{oi}} \quad (9)$$

其中, Tr_i 是农作物在第 i 天时的农作物的蒸腾作用所损失的值, ET_{oi} 是农作物在第 i 天时的农作物的模拟蒸腾作用所损失的值即虚拟值, Ks_b 表示极限温度情况下农作物的生长情况。

(5) 农作物产量的模拟

Crops 模型中, 农作物的产量是由土壤中农作物地上部分的生长量所表示, 具体表达式如式(10)所示。

$$Y = f_{HI} HI_0 B \quad (10)$$

其中, HI_0 表示农作物在收获季节的收获量, f_{HI} 表示调节区间, 用来反映各种 w 外在条件对农作物产量的潜在影响。

3. 模型分析

3.1. 水对作物产量的影响

Crops 模型是有机水对作物生长的影响模型, 其主要思路就是通过合理控制农田中的水分来提高农作物的产量[4]。大量实验表明, Crops 模型可以精准的研究不同环境、不同灌溉情况下的作物生长及作物产量情况。

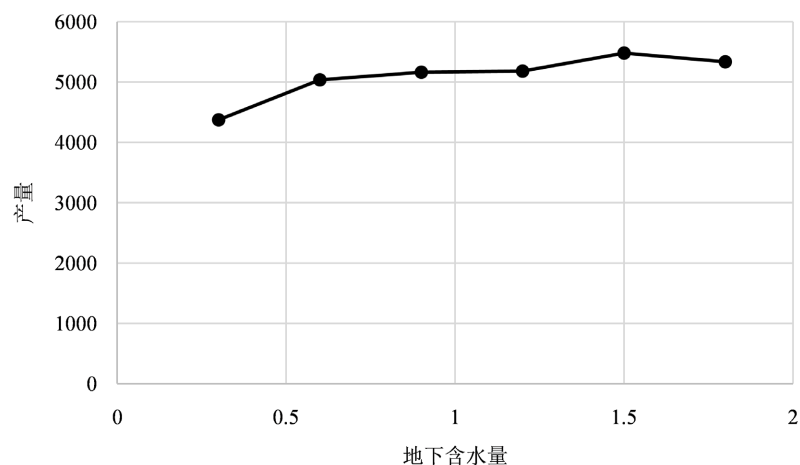
以不同地区的小麦为例[5], 根据调查研究可得出地下含水量不同地区冬小麦的具体设置情况, 具体参数如表 1 所示。

从节水灌溉的理念出发, 通过 Crops 模型即可综合分析农作物对水的需求, 利用最少的水使得产量最大化, 通过水体流量、空气湿度、水价变化、灌溉方式等多限制条件下农业作物产量的效益变化, 从而更加科学地对农作物进行灌溉。

Table 1. The specific setting of winter wheat in different areas of underground water content**表 1.** 地下含水量不同地区冬小麦的具体设置情况

地下水含量(深度)/(m)	基本苗/(10 ⁴ /hm ²)	有效穗/(10 ⁴ /hm ²)	籽粒数	产量/(kg/hm ²)
0.3	259.5	436.5	33.0	4372.5
0.6	259.5	451.5	32.2	5037.0
0.9	271.5	487.5	34.0	5161.5
1.2	267.0	492.0	32.3	5181.0
1.5	267.0	480.0	32.5	5481.0
1.8	259.5	508.5	32.1	5335.5

通过表 1 可以看出,小麦的有效穗随着地下水含量的增加而增加,但是籽粒数、产量却存在波动现象,具体关系图如图 2 所示:

**Figure 2.** Relationship between wheat yield and groundwater content**图 2.** 小麦产量与地下水含量的关系图

由图 2 可以看出,作物产量随着地下水含量的增加而增加,但是以小麦为例当地下水含量(深度)超过 1.5 m 的时候,产量呈下降趋势,导致该状况的原因可能是根部腐烂等情况,所以合理控制对作物的灌溉,有一定的积极意义。

3.2. 播种日期对作物产量的影响

我国地域辽阔,南北地区自然条件、气候、温度差异较大,所以农作物的种植时间对其作物产量有着一定的影响,Crops 模型为研究不同时间、不同季节、不同区域以及不同耕作方式提供了一个较为全面的信息化平台。以同一地区不同播种日期的小麦为例[6],根据调查研究可得出播种日期对作物生长的影响,具体参数如表 2 所示。

从表 2 可以看出,10 月 25 日至 10 月 31 日播种的有效穗、籽粒数、产量均明显高于 11 月 11 日至 12 月 5 日播种的产量,由此可以得出播种日期对作物产量有着较大的影响,在保证作物合理灌溉的同时,我们也应该重视作物的播种日期。具体趋势如图 2 所示。

Table 2. Effect of sowing date on crop growth
表 2. 播种日期对作物生长的影响情况

播种日期(月、日)	基本苗/(10 ⁴ /667m ²)	有效穗/(10 ⁴ /667m ²)	籽粒数	产量/(kg/667m ²)
10.25	21.9	44.6	39.5	598.8
10.31	25.8	43.4	35.3	573.0
11.11	26.9	40.7	33.9	504.3
12.5	31.2	37.5	29.4	403.0

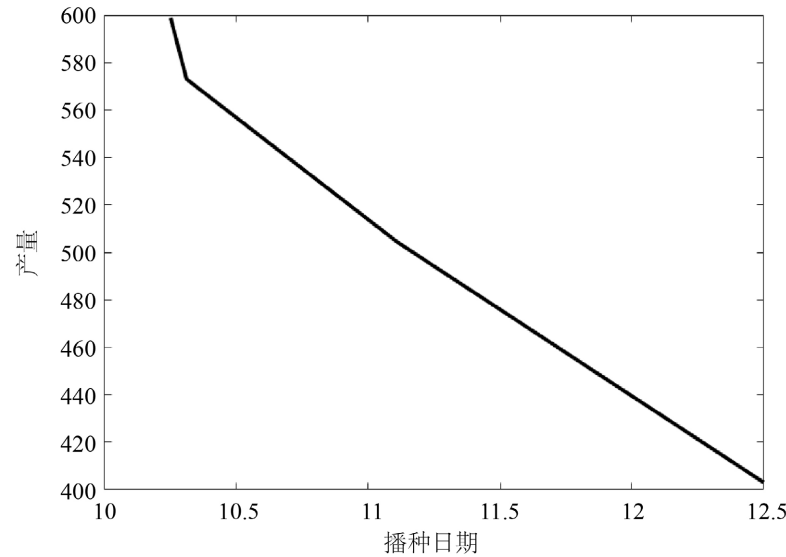


Figure 3. Relationship between sowing date and crop yield
图 3. 播种日期对作物产量关系图

由图 3 可以看出，随着时间的推移，作物的产量呈线性下降趋势，更进一步证明播种日期对作物有着较大的影响。

4. 结论

农作物的生长环境往往决定着它们的质量和产量，传统的施肥以及灌溉方式往往会对农作物有着一定的负面影响。研究 Crops 模型在农业灌溉装置上的应用，一方面，对于水资源来说是一种节约；另一方面，对于农作物本身来说，实现了精准化灌溉。可大幅度加大对农作物的监控力度，增加能源使用率，可以更好地解决内农田灌溉中水肥大量损失的问题，以及增加水肥使用效率，使得短缺的水资源能更进一步有效利用。不仅具有超高的模拟精度，可以预测农作物的生长状况而且还可以为农作物的生长制定合理的灌溉依据，在实现水资源重复利用的前提下实现节本增益，该模型目标明确，早已成为农业灌溉中必不可少的模型。相信在未来 Crops 模型的进一步更新，将使得我国农业发展更加迅速。通过本文验证发现 Crops 模型具有较为精准的精度，理论上可以较为良好地模拟农作物的生长条件，但缺少实践性，相信未来科学家将突破该模型的瓶颈，还需进行长期的探索。

基金项目

本文系 2024 年省级大学生创新创业训练计划项目“基于 crops 模型的农业灌溉装置研发”(S202412715037)；西京学院横向课题项目“基于物联网多传感设备智慧农业灌溉系统设计开发”

(2023610002006170)的研究成果。

参考文献

- [1] 马宪伟. 一种新型设施农业节水灌溉装置[J]. 农业开发与装备, 2018, 1(11): 102+108.
- [2] 王巧娟, 何虹, 李亮, 张超, 蔡焕杰. 基于 Aqua Crop 模型的大豆灌溉制度优化研究[J]. 中国农业科学, 2022, 55(17): 3365-3379.
- [3] 朱秀芳, 李宜展, 潘耀忠, 史培军. AquaCrop 作物模型研究和应用进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(8): 270-278.
- [4] Abedinpour, M., Sarangi, A., Rajput, T.B.S., et al. (2012) Performance Evaluation of AquaCrop Model for Maize Crop in a Semi-Arid Environment. *Agricultural Water Management*, 4, 55-66.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.04.001>
- [5] 杨建锋, 万书勤. 地下水对作物生长影响研究[J]. 节水灌溉, 2002, 4(2): 36-38.
- [6] 仲全胜. 淮北地区烟农 999 小麦不同播种时间对生育期及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2019, 5(14): 7+10.