

4ª edição
Revista, atualizada e ampliada



Irrigação por Aspersão em Hortaliças

Qualidade da Água, Aspectos do
Sistema e Método Prático de Manejo

Waldir Aparecido Marouelli
Henoque Ribeiro da Silva
Washington Luiz de Carvalho e Silva

Embrapa



Irrigação por Aspersão em Hortaliças

Qualidade da Água, Aspectos do
Sistema e Método Prático de Manejo

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Irrigação por Aspersão em Hortaliças

**Qualidade da Água, Aspectos do
Sistema e Método Prático de Manejo**

4ª edição
Revista, atualizada e ampliada

Waldir Aparecido Marouelli
Henoque Ribeiro da Silva
Washington Luiz de Carvalho e Silva

Embrapa
Brasília, DF
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

Rodovia Brasília-Anápolis, BR-060, Km 9
70351-970 Brasília, DF
Caixa Postal 218
Fone: (61) 3385-9110
Fax: (61) 3556-5744
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Hortaliças

Comitê Local de Publicações

Presidente

Warley Marcos Nascimento

Editor-técnico

Ricardo Borges Pereira

Supervisor editorial

George James

Secretária

Gislaine Costa Neves

Membros

Miguel Micheref Filho

Milza Moreira Lana

Marcos Brandão Braga

Valdir Lourenço Júnior

Daniel Basílio Zandonadi

1ª edição

1ª impressão (2001): 1.000 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2008): 2.000 exemplares

2ª impressão (2012): 500 exemplares

3ª edição

E-book (2012)

4ª edição

1ª impressão (2017): 1.000 exemplares

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Unidade responsável pela edição

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

Selma Lúcia Lira Beltrão

Lucilene Maria de Andrade

Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial

Wyviane Carlos Lima Vidal

Revisão de texto

Maria Cristina Ramos Jubé

Normalização bibliográfica

Antônia Veras de Souza

Márcia Maria Pereira de Souza

Capa

Paula Cristina Rodrigues Franco

Projeto gráfico

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Paula Cristina Rodrigues Franco

Leandro Sousa Fazio

Fotos de capa

Waldir Aparecido Marouelli

(Foto superior)

Marcos Renato de Andrade Simões Esteves

(Foto inferior)

Fotos de orelha de capa

Waldir Aparecido Marouelli

Washington Luiz de Carvalho e Silva

Henoque Ribeiro da Silva

Paula Fernandes Rodrigues

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Marouelli, Waldir Aparecido.

Irrigação por aspersão em hortaliças : qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo / Waldir Aparecido Marouelli, Henoque Ribeiro da Silva, Washington Luiz de Carvalho e Silva. – 4 ed. rev. atual. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

200 p. : il. color. ; 16 cm × 22 cm.

ISBN 978-85-7035-648-2

1. Hortaliças. 2. Manejo de água. 3. Relação solo-planta. 4. Relação água-planta. 5. Clima. I. Silva, Henoque Ribeiro da. II. Silva, Washington Luiz de Carvalho e. III. Embrapa Hortaliças. IV. Título.

CDD 635.87

© Embrapa, 2017

Autores

Waldir Aparecido Marouelli

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola e de Biosistemas, pesquisador da Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF

Henoque Ribeiro da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia de Irrigação, pesquisador da Embrapa Sede, Brasília, DF

Washington Luiz de Carvalho e Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia de Irrigação, pesquisador aposentado da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

A água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e com participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

“Lei das Águas” (BRASIL, 1997).

*Os autores dedicam esta obra a
suas esposas, filhos e netos.*

Os autores agradecem a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que as quatro edições desta obra tornassem realidade, especialmente aos Drs. Carlos A. Lopes, Nozomu Makishima e Nuno R. Madeira pelas sugestões apresentadas.

Apresentação

A irrigação é uma prática de grande importância para o sucesso da produção de hortaliças, mesmo em regiões sujeitas a períodos de estiagem relativamente curtos. Apesar de sensíveis ao déficit hídrico, as hortaliças não toleram condições de excesso de água. A produtividade e a qualidade podem ser seriamente prejudicadas.

Diferentemente do que muitos possam acreditar e do que é normalmente praticado, questões sobre quando e quanto irrigar não são de simples respostas. Nesse aspecto, a Embrapa Hortaliças tem desenvolvido e adaptado, desde sua criação, tecnologias relacionadas ao manejo de irrigação para as principais hortaliças produzidas no País.

Mesmo havendo várias tecnologias de manejo disponíveis, a grande maioria dos produtores irriga suas lavouras de forma inadequada, geralmente em excesso. O baixo índice de adoção de estratégias apropriadas de manejo deve-se, principalmente, aos produtores acreditarem que elas são caras, complexas, trabalhosas e que não proporcionam ganhos compensadores. Visando mudar esse cenário, sobretudo em momento de agravamento de crise hídrica, é fundamental disponibilizar tecnologias simplificadas e que possam ser efetivamente usadas em nível de propriedade.

Entre os sistemas de irrigação, os por aspersão são, destacadamente, os mais utilizados na produção de hortaliças. Independente do sistema utilizado, esse deve ser corretamente instalado e ter manutenção adequada para que aplique água de maneira uniforme na lavoura. Nesse contexto, são apresentadas recomendações, de ordem prática, para a escolha e o espaçamento de aspersores e para a avaliação do desempenho de sistemas por aspersão convencional.

Tendo a praticidade como foco, os autores apresentam um método simplificado de manejo de irrigação baseado apenas no uso de tabelas. O método permite determinar, de forma rápida e simples, o intervalo entre regas e a quantidade de água por irrigação durante cada fase de desenvolvimento da hortaliça a ser irrigada. Um novo tópico foi incluído à publicação visando estender o uso do método para cultivos realizados em solos com cobertura de palhada.

Nesta 4ª edição, totalmente revista, atualizada e ampliada, são disponibilizadas informações para o manejo simplificado de irrigação de 58 hortaliças. Para aqueles que demandem irrigar suas hortaliças de forma mais criteriosa, o livro traz ainda, em tópico específico, indicadores para manejo em tempo real das mesmas hortaliças.

Adotadas de forma adequada, as recomendações encontradas nesta publicação contribuirão para uma maior sustentabilidade e competitividade das principais cadeias produtivas de hortaliças, com impacto direto na redução do uso de água e de energia na irrigação, no aumento de produtividade e na maior lucratividade do produtor.

Boa leitura!

Jairo Vidal Vieira
Chefe-Geral da Embrapa Hortaliças

Prefácio

O livro *Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo*, lançado em 2001, chega a sua 4ª edição. É resultado da longa experiência dos autores e dos inúmeros trabalhos de pesquisa desenvolvidos na Embrapa Hortaliças. Nesta 4ª edição, são apresentadas informações revistas e atualizadas para o manejo de irrigação por aspersão de 58 hortaliças, 18 a mais que na edição anterior.

O propósito de lançar, em 2001, um livro com conteúdo prático e dirigido a produtores e técnicos ligados à produção de hortaliças deveu-se, principalmente, às seguintes premissas: a) hortaliças são, em geral, sensíveis tanto à falta, quanto ao excesso de água; b) irrigações são comumente realizadas de forma inadequada, geralmente em excesso; c) irrigações em excesso, além de gerar desperdício de água e prejuízos à produção, favorecem maior ocorrência de doenças, lixiviação de nutrientes, maior uso de energia e danos ambientais; d) baixo índice de adoção de tecnologias de manejo de irrigação – os produtores acreditarem que elas são caras, complexas e trabalhosas; e) dificuldade na transferência e adoção de tecnologias sofisticadas com enfoque em manejo de irrigação; e f) limitação de publicações com conteúdo simplificado e contendo recomendações de irrigação para diversas espécies de hortaliças. O enfoque na irrigação por

aspersão foi considerado por englobar os sistemas mais usados na produção de hortaliças.

O método de manejo apresentado nos tópicos Manejo prático de irrigação, Manejo prático de irrigação na fase inicial da cultura e Paralisação das irrigações permite que o próprio usuário estabeleça, de forma antecipada, prática e simples, quando e quanto irrigar suas lavouras, sem a necessidade de equipamentos ou cálculos complexos; isso, utilizando tabelas que fornecem frequências e lâminas de irrigação para as diferentes fases da hortaliça a ser irrigada. E, nesta 4ª edição, as tabelas de demanda hídrica das hortaliças foram recalculadas utilizando método mais preciso.

Os tópicos sobre Qualidade da água para irrigação, Relação solo-água-planta-clima, Sistemas de irrigação por aspersão e Associação da irrigação com doenças e insetos-praga trazem informações relevantes e de ordem prática. Apesar de não ser requerida para o estabelecimento do manejo prático, a leitura desses tópicos é recomendada para um melhor entendimento dos processos necessários para se realizar uma boa irrigação. Dois novos tópicos – Manejo de irrigação em solos com cobertura de palhada e Irrigação para proteção contra geada foram incluídos nesta 4ª edição.

Finalmente, deve-se destacar que o método de manejo proposto não é indicado para aqueles que já manejam a irrigação de forma adequada, usando, por exemplo, sensores de água no solo e/ou estações climatológicas. Para tais produtores, são apresentadas, no tópico Considerações sobre Manejo de irrigação em tempo real, informações atuais sobre tensão-limite de água no solo, coeficiente de cultura e fator de reposição de água ao solo para as hortaliças consideradas nos demais tópicos.

Waldir Aparecido Marouelli

Sumário

| | |
|---|----|
| Introdução | 19 |
| Qualidade da água para irrigação | 21 |
| Aspectos físicos..... | 22 |
| Aspectos químicos..... | 22 |
| Aspectos sanitários..... | 24 |
| Relação solo-água-plantas-clima | 27 |
| Disponibilidade de água no solo | 27 |
| Necessidade de água das plantas..... | 30 |
| Sistemas de irrigação por aspersão | 33 |
| Sistemas convencionais..... | 35 |
| Sistema autopropelido | 39 |
| Sistema pivô central..... | 41 |
| Eficiência de irrigação..... | 43 |
| Sistemas por aspersão convencional | 45 |
| Escolha do aspersor..... | 46 |
| Pressão de serviço do aspersor | 48 |
| Vazão do aspersor..... | 49 |
| Raio de alcance do aspersor | 50 |
| Espaçamento entre aspersores..... | 51 |

| | |
|---|------------|
| Intensidade de aplicação de água | 52 |
| Variação de pressão ao longo da linha lateral..... | 53 |
| Cuidados e manutenção de sistemas de irrigação | 56 |
| Manejo prático de irrigação | 59 |
| Fases da cultura..... | 61 |
| Evapotranspiração da cultura | 63 |
| Tipo de solo | 90 |
| Profundidade efetiva do sistema radicular | 90 |
| Turno de rega..... | 92 |
| Lâmina de água real necessária | 98 |
| Eficiência de irrigação..... | 100 |
| Lâmina de água total necessária..... | 101 |
| Tempo de irrigação | 102 |
| Adequação do tempo de irrigação | 103 |
| Prorrogação da irrigação em decorrência de chuvas..... | 104 |
| Períodos críticos da cultura | 105 |
| Manejo prático de irrigação na fase inicial da cultura | 107 |
| Primeira e segunda irrigações..... | 108 |
| Irrigações subsequentes..... | 109 |
| Manejo de irrigação na fase de produção de mudas | 115 |
| Irrigação de sementeiras e copinhos | 116 |
| Irrigação de bandejas | 118 |
| Paralisação das irrigações..... | 119 |
| Manejo de irrigação em solos com cobertura de palhada..... | 123 |
| Considerações sobre manejo de irrigação em tempo real | 129 |
| Associação da irrigação com doenças e insetos-praga..... | 137 |
| Irrigação para proteção contra geada | 145 |
| Referências | 151 |
| Literatura recomendada..... | 157 |
| Anexos..... | 161 |
| Anexo 1 – Normais climatológicas: Temperatura do ar..... | 161 |
| Anexo 2 – Normais climatológicas: Umidade relativa do ar.... | 167 |
| Glossário | 173 |
| Índice | 189 |

Introdução

Os sistemas de irrigação por aspersão são destacadamente os mais usados no cultivo de hortaliças, pois são aqueles que melhor se adaptam às diferentes condições de produção, tais como tipo de solo, topografia, características agronômicas da maioria das hortaliças e aspectos econômicos. Sistemas de irrigação por sulco e por gotejamento, no entanto, podem ser técnica e economicamente mais viáveis para condições específicas.

Embora a irrigação seja uma das práticas agrícolas mais importantes para a olericultura, seu sucesso depende do sistema de irrigação ser dimensionado e manejado adequadamente e da água usada ser de qualidade satisfatória, em suas características químicas, físicas e sanitárias. O sistema deve possibilitar que a água seja aplicada uniformemente sobre o solo e as plantas, no momento oportuno e na quantidade adequada.

Essencialmente, manejo da água de irrigação significa definir quando e quanto irrigar, tendo como objetivo viabilizar a produção, incrementar a produtividade e melhorar a qualidade das hortaliças, além de maximizar a eficiência do uso de água e energia e de minimizar a ocorrência de doenças e insetos-praga e impactos ambientais.

Em termos práticos, o solo pode ser considerado como um reservatório e a planta como um usuário de água. A disponibilidade total de água

no solo para as plantas depende de suas características físicas e da profundidade efetiva das raízes da planta. A magnitude com que as plantas usam a água do solo, chamada de evapotranspiração da cultura (*ETc*), varia, principalmente, conforme a espécie cultivada, o clima e a fase de desenvolvimento de plantas.

As irrigações devem ser realizadas antes que a deficiência de água no solo possa comprometer as atividades fisiológicas e metabólicas das plantas e causar decréscimo da produção. A quantidade de água a ser aplicada por irrigação deve ser a necessária para repor a água evapotranspirada pelas plantas desde a última irrigação, subtraindo-se a chuva ocorrida no período. Irrigação em excesso, além de provocar maior uso dos recursos água e energia, favorece a ocorrência de doenças e provoca a lixiviação de nutrientes, principalmente do nitrogênio. Além disso, a água drenada abaixo das raízes das plantas pode carregar agroquímicos, os quais podem contaminar o lençol freático e outras fontes de água.

Vários são os métodos disponíveis para o manejo racional de irrigação. Os mais precisos requerem avaliação, em tempo real, da água disponível no solo e/ou do cálculo da *ETc*, além de pessoal qualificado. Por acreditar que os métodos existentes são caros e complexos, a grande maioria dos produtores opta por irrigar apenas com base no senso comum, por meio de práticas inadequadas de manejo. Como resultado, ocorrem reduções de produtividade e de qualidade das hortaliças, pois as plantas são frequentemente submetidas a condições de excesso ou falta de água. Existem, no entanto, métodos simples e de baixo custo que podem ser aplicados, com vantagens, por pequenos e médios produtores ou por aqueles com pouca experiência em irrigação.

Este livro é destinado a produtores e técnicos ligados à área de produção de hortaliças irrigadas por aspersão. Tem por objetivo apresentar aspectos relevantes da qualidade da água e dos sistemas de irrigação por aspersão para hortaliças e uma metodologia que permita ao usuário manejar a irrigação de forma prática, simples e com precisão aceitável, sem a necessidade de recorrer a equipamentos e cálculos complicados, de conhecimento técnico específico ou de esforço elevado.

Qualidade da água para irrigação

A água na natureza contém impurezas em suspensão ou dissolvidas que podem dificultar ou até mesmo inviabilizar seu uso para fins de irrigação. Dissolvido na água, podem ser encontrados gases, sais, metais pesados e agrotóxicos. Impurezas em suspensão podem ter origem mineral, como areia, silte e argila, ou orgânica, como matéria morta e viva. A matéria morta pode ter origem vegetal, como folhas, galhos e outros detritos vegetais, ou origem animal. Como matéria viva, podem estar presentes na água bactérias, vírus, protozoários, entre outros organismos.

A qualidade da água para os diversos fins pode ser avaliada com base nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas ou sanitárias. A seguir, são abordados aspectos gerais sobre problemas potenciais relacionados à qualidade da água para fins de uso na irrigação. Soluções para tais problemas podem ser encontradas em publicações específicas, como em Almeida (2010), Batista et al. (2002), Hoffman e Shalhevet (2007) e Marouelli et al. (2014a).