Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cocais
Embrapa Hortaliças
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Embrapa Semiárido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças

Valdemício Ferreira de Sousa
Waldir Aparecido Marouelli
Eugênio Ferreira Coelho
José Maria Pinto
Maurício Antonio Coelho Filho

Editores técnicos

Embrapa Informação Tecnológica
Brasília, DF
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informação Tecnológica
Parque Estação Biológica (PqEB),
Av. W3 Norte (final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
vendas@sct.embrapa.br
www.sct.embrapa.br/liv

Embrapa Cocais
Av. Santos Dumont, nº 18, Bairro Anil
Edifício Incra, Bloco 3
CEP 65046-660 São Luís, MA
Fone: (98) 3878-1353
Fax: (98) 3878-1360
sac_cpacp@embrapa.br
www.cpacp.emprapa.br

Embrapa Hortaliças
Rodovia Brasília–Anápolis, BR 060, Km 9
Caixa Postal 218
CEP 70359-970 Brasília, DF
Fone: (61) 3385-9000
Fax: (61) 3556-5744
sac@cnph.embrapa.br
www.cnph.emprapa.br

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Rua Embrapa, s/nº
CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA
Fone: (75) 3312-8000
Fax: (75) 3312-8097
sac@cnpmf.embrapa.br
www.cnpmf.emprapa.br

Embrapa Semiárido
BR 428, Km 152, Zona Rural
Caixa Postal 23
CEP 56302-970 Petrolina, PE
Fone: (87) 3862-1711
Fax: (87) 3862-1744
sac@cpatsa.embrapa.br
www.cpatsa.emprapa.br

Coordenação editorial
Fernando do Amaral Pereira
Lucilene M. de Andrade
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Supervisão editorial
Erika do Carmo Lima Ferreira

Revisão de texto
Jane Baptistone de Araújo
Josmária Madalena Lopes
Rafael de Sá Cavalcanti
Francisco de Assis David da Silva (Embrapa Meio-Norte)

Normalização bibliográfica
Iara Del Fiaco Rocha
Márcia Maria Pereira de Souza

Projeto gráfico, editoração eletrônica
Anapaula Rosário Lopes

Tratamento digital de imagens
Anapaula Rosário Lopes
Mário César Moura de Aguiar
Paula Cristina Rodrigues Franco

Capa
Luiz Elson Araújo Fontele (Embrapa Meio-Norte)

Fotos da capa
Manga: José Maria Pinto
Maracujá: Valdemício Ferreira de Souza
Tomate e pivô central: Waldir Aparecido Marouelli
Gotejamento sobre o solo: Luís Carlos Nogueira

1ª edição
1ª impressão (2011): 1.000 exemplares

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

Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças / editores técnicos, Valdemício Ferreira de Sousa ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
771 p. : il. ; 18,5 cm x 25,5 cm.

ISBN 978-85-7383-511-3

1. Sistema de cultivo. 2. Cultura irrigada. 3. Manejo de água. 4. Equipamento de irrigação. 5. Evapotranspiração. I. Sousa, Valdemício Ferreira de. II. Marouelli, Waldir Aparecido. III. Coelho, Eugênio Ferreira. IV. Pinto, José Maria. V. Coelho Filho, Maurício Antônio. VI. Embrapa Cocais. VII.Embrapa Hortaliças. VIII. Embrapa Mandioca e Fruticultura. IX. Embrapa Semiárido.

CDD 631.7

© Embrapa 2011

Água que rega

A chuva cai e molha o chão,
faz crescer a plantação...

Se a chuva parar e a terra secar,
plantas podemos regar...

Brota, acende a esperança,
o menino se encanta...

Mas não podemos desperdiçar,
para que água não venha a faltar...

Gotas de água que molham,
rios de água que rolam...

É urgente começar,
poupar, preservar, economizar...

Waldir Marouelli

Dedicamos este livro àqueles que trabalham com agricultura irrigada, em especial aos pequenos, médios e grandes produtores, e aos profissionais que promoverão a transferência dos conhecimentos aqui contidos.

Agradecemos aos colegas da Embrapa e instituições parceiras, que contribuíram para a condução dos inúmeros experimentos que geraram as tecnologias aqui apresentadas.

Aos membros dos comitês locais de publicações da Embrapa Hortaliças, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, da Embrapa Meio-Norte, da Embrapa Semiárido e da Embrapa Uva e Vinho, pelas sugestões e revisão dos capítulos.

Ao Banco do Nordeste, ao CNPq, à Finep e à Petrobrás, pelo aporte financeiro em vários projetos de pesquisa e desenvolvimento.

Apresentação

O crescimento da população humana tem exigido maiores investimentos para aumentar a produção de alimentos e de outros produtos agrícolas, seja pela incorporação de novas áreas ao sistema produtivo, seja pelo aumento da produtividade. A limitada disponibilidade de novas fronteiras agrícolas e, principalmente, os impactos ambientais provocados pela ação do homem no último século, com mudanças acentuadas no clima do planeta, têm demandado ações concretas e eficazes que visam um aumento da eficiência e da sustentabilidade da agricultura.

Tal aumento passa pelo uso de tecnologias capazes de otimizar a utilização dos recursos naturais e elevar o rendimento das culturas exploradas, com um mínimo de impacto ambiental. Somente com uma agricultura moderna e tecnicamente intensiva, com a utilização eficiente dos recursos naturais, da genética, da irrigação e dos diferentes insumos, será possível multiplicar a capacidade produtiva da terra e elevar a produção agrícola de forma sustentável.

A irrigação é destacadamente uma das práticas agrícolas que possibilita maior impacto no aumento da produtividade na agricultura, viabilizando, inclusive, a produção em regiões com baixa disponibilidade hídrica. Apesar disso a irrigação é ainda realizada de forma inadequada, geralmente com grande desperdício de água. Estudos indicam que, em média, cerca de 50% da água capitada para fins de irrigação é perdida, não utilizada pelas plantas. Tais perdas são inaceitáveis, principalmente, quando se sabe que em muitas regiões no Brasil e no mundo a água é um fator altamente limitante.

Outro fator normalmente limitante para a produção agrícola é a fertilidade dos solos, especialmente em regiões tropicais. Na agricultura irrigada, em que a otimização do uso da terra é fundamental, a questão nutricional torna-se ainda mais importante. A adoção da fertirrigação está relacionada a uma série de vantagens técnicas e econômicas, quando comparadas aos métodos tradicionais de adubação, desde que realizada com critério.

Dentre as espécies cultivadas, as fruteiras e as hortaliças são aquelas que geralmente apresentam maior custo de produção e que são mais sensíveis à falta de água. Logo, avanços significativos na fruticultura e na olericultura brasileira só foram possíveis graças ao uso da irrigação. São espécies que possibilitam

ganhos expressivos de produtividade e de qualidade quando exploradas de forma intensiva e com manejo que garanta a aplicação de água e de nutrientes em quantidades precisas e em momentos oportunos.

Nas áreas de irrigação e fertirrigação de fruteiras e de hortaliças, várias Unidades da Embrapa têm desenvolvido trabalhos de pesquisa, de adequação e de validação de tecnologias visando atender e contribuir para o fortalecimento e a sustentabilidade de diferentes cadeias produtivas. Muitos dos trabalhos têm sido realizados em parceria com universidades, empresas estaduais de pesquisa e de extensão, empresas agropecuárias e produtores.

Como fruto desse trabalho, temos o prazer de apresentar à sociedade brasileira o presente livro, construído por uma equipe que envolve quarenta e seis autores (pesquisadores, professores e técnicos) de doze instituições e sete Unidades da Embrapa. A publicação reúne uma série de tecnologias, arranjos tecnológicos e recomendações técnicas sobre irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças capazes de incrementar a lucratividade e a sustentabilidade do setor produtivo para as diferentes espécies contempladas, assim como favorecer a oferta produtos de melhor qualidade e a preços mais acessíveis ao consumidor final.

Pedro Antonio Arraes Pereira
Diretor-Presidente da Embrapa

Prefácio

O livro Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças é resultado da longa experiência profissional e dos inúmeros trabalhos de pesquisa que os autores desenvolveram na Embrapa, nas empresas de pesquisa estaduais e em universidades. Muitos desses trabalhos foram realizados ou validados em parceria com o setor produtivo, incluindo pequenos produtores, e com Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ematers).

Para melhor entendimento dos leitores, o livro, com um total de 26 capítulos, é dividido em dois momentos. Os primeiros dez capítulos discutem conceitos básicos e atuais sobre o tema em questão e apresentam parâmetros técnicos específicos para um considerável número de fruteiras e hortaliças.

Os dezesseis capítulos restantes apresentam informações e recomendações técnicas específicas para a irrigação e fertirrigação de oito fruteiras (abacaxi, banana, caju, citros, mamão, manga, maracujá e uva) e de oito hortaliças (batata, cebola, cenoura, melancia, melão, pimentão, pepino e tomate).

Enquanto os tópicos abordados na primeira parte do livro, de caráter mais teórico e didático, podem ser encontrados de forma diluída em algumas publicações internacionais e nacionais, a segunda parte traz uma série de informações e processos tecnológicos específicos para a irrigação e fertirrigação das principais fruteiras e hortaliças. Todas essas informações – plenamente adaptadas às condições brasileiras – somente agora se tornaram disponíveis nesta publicação.

Apesar de os capítulos específicos sobre fruteiras e hortaliças trazerem, muitas vezes, informações e recomendações relativamente completas sobre manejo da irrigação e da fertirrigação, a leitura dos capítulos iniciais é de grande importância para a melhor compreensão dos processos envolvidos. Tais capítulos trazem informações altamente relevantes tanto para a formação de uma fundamentação teórica minimamente requerida para leitores com conhecimento técnico limitado sobre o assunto, quanto para a realização de irrigações e fertirrigações de qualidade.

O propósito de se elaborar um livro com tal conteúdo deveu-se, principalmente, aos seguintes fatores: a) as fruteiras e as hortaliças são, em geral, produzidas com irrigação; b) a aplicação de fertilizantes via água é essencial na irrigação

localizada; c) irrigações e fertirrigações geralmente são realizadas de forma inadequada, com desperdício de água e nutrientes; d) irrigações e fertirrigações em excesso favorecem maior incidência de pragas, lixiviação de nutrientes e danos ambientais; e) o baixo índice de adoção de tecnologias apropriadas de manejo de irrigação deve-se, sobretudo, ao fato de os produtores acreditarem que elas são dispendiosas, complexas e trabalhosas; f) observa-se grande dificuldade na transferência de tecnologias com enfoque em manejo de irrigação; g) há carência de publicação com recomendações de manejo de irrigação e de fertirrigação em fruteiras e hortaliças para as condições brasileiras.

Além de fonte de consulta para pesquisadores, professores e estudantes de graduação e de pós-graduação na área agrícola, esta publicação tem por objetivo disponibilizar para produtores e técnicos ligados à área de produção de frutas e hortaliças uma série de informações e procedimentos técnicos para aprimoramento do manejo da irrigação e da fertirrigação. Adotadas de forma adequada, tais recomendações poderão contribuir para maior competitividade e sustentabilidade das principais cadeias produtivas de frutas e hortaliças, com impacto direto na redução do desperdício de água, energia e fertilizantes, no aumento de produtividade, na maior lucratividade do produtor e na oferta de produtos de melhor qualidade ao consumidor final.

Os Editores

Sumário

Introdução
Irrigação e fertirrigação 23

Capítulo 1
Relação solo-planta-atmosfera 27

Capítulo 2
O processo de evapotranspiração 91

Capítulo 3
Aspectos qualitativos da água para fins de fertirrigação 115

Capítulo 4
Métodos e sistemas de irrigação 137

Capítulo 5
Manejo da água de irrigação 157

Capítulo 6
Aspectos básicos em fertirrigação 233

Capítulo 7
Fertilizantes para fertirrigação 253

Capítulo 8
Determinação e preparo da solução de fertilizantes para fertirrigação 265

Capítulo 9
Métodos e equipamentos para fertirrigação 289

Capítulo 10
Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliças 317

Capítulo 11
Irrigação e fertirrigação na cultura do abacaxi 339

Capítulo 12
Irrigação e fertirrigação na cultura da banana 369

Capítulo 13
Irrigação e fertirrigação na cultura do caju-anão-precoce 399

Capítulo 14
Irrigação e fertirrigação na cultura de citros 413

Capítulo 15
Irrigação e fertirrigação na cultura do mamão.....441

Capítulo 16
Irrigação e fertirrigação na cultura da manga 473

Capítulo 17
Irrigação e fertirrigação na cultura do maracujá.....499

Capítulo 18
Irrigação e fertirrigação na cultura da uva 523

Capítulo 19
Irrigação e fertirrigação na cultura da batata.....553

Capítulo 20
Irrigação e fertirrigação na cultura da cebola 585

Capítulo 21
Irrigação e fertirrigação na cultura da cenoura 609

Capítulo 22
Irrigação e fertirrigação na cultura da melancia 635

Capítulo 23
Irrigação e fertirrigação na cultura do melão.....657

Capítulo 24
Irrigação e fertirrigação na cultura do pepino.....689

Capítulo 25
Irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão.....719

Capítulo 26
Irrigação e fertirrigação na cultura do tomate.....739

Introdução

Irrigação e fertirrigação

Waldir Aparecido Marouelli
Valdemício Ferreira de Sousa

As fruteiras e as hortaliças são, em geral, espécies de alto valor econômico, caracterizadas pelo alto custo de produção, mas que possibilitam incrementos significativos de produtividade e de receita líquida quando exploradas de forma tecnificada e intensiva, com o fornecimento de água e de nutrientes em quantidades precisas e em momentos oportunos, via irrigação e fertirrigação, respectivamente.

Os dados mais recentes divulgados pelo IBGE, referentes à safra de 2008, indicam que a área de fruteiras tropicais, subtropicais e de clima temperado plantada no Brasil foi de 2,266 milhões de hectares, com produção de 42,7 milhões de toneladas (CARVALHO et al., 2010). Com relação às hortaliças, a área cultivada foi de 808 mil hectares e a produção atingiu 19,3 milhões de toneladas (CORREIA et al., 2010).

A base agrícola das cadeias produtivas de frutas e de hortaliças gera mais de 8 milhões de empregos diretos nas propriedades rurais envolvidas e apresentou, em 2008, um faturamento de R$ 36,5 bilhões (A LAVOURA, 2010; GLOBAL 21, 2011; REETZ et al., 2009). Portanto, a produção de frutas e de hortaliças está entre as atividades agrícolas que mais geram empregos e distribuem renda no campo.

Muito embora o Brasil seja o país com a maior disponibilidade de água doce do planeta, sua distribuição regional e temporal é muito desigual. O problema é mais grave em algumas estações do ano e regiões específicas, onde o conflito pelo uso da água, tanto para fins agrícolas, quanto urbanos e industriais, já pode ser observado. Com relação aos recursos hídricos superficiais, a agricultura irrigada, com cerca de 3,89 milhões de hectares plantados em 2008, é a principal usuária, sendo responsável pelo consumo de aproximadamente 70% de toda a água derivada dos mananciais (SILVA et al., 2010).

A irrigação, principalmente quando associada à fertirrigação, é provavelmente a prática agrícola que permite maior aumento de produtividade na agricultura, inclusive viabilizando a produção de frutas e de hortaliças em regiões com baixa disponibilidade hídrica e, até mesmo, em solos arenosos e de pouca fertilidade. Apesar de ser uma tecnologia incorporada aos diversos sistemas produtivos de fruteiras e hortaliças, especialmente nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, o manejo de irrigação no Brasil é ainda realizado de forma inadequada, geralmente com grande desperdício de água.

Estima-se que, de toda a água captada para fins de irrigação, apenas 50% seja utilizada pelas plantas. Em sistemas de irrigação por superfície, as perdas podem ultrapassar 75%. Além do maior gasto de água, irrigações excessivas acarretam prejuízos à produção, maior lixiviação de nutrientes, incidência de pragas e impactos ambientais. O problema ocorre principalmente por causa do uso de sistemas de irrigação com baixa eficiência de aplicação de água e à insignificante