

Irrigação na cultura do alho

136

Circular Técnica

Brasília, DF
Outubro, 2014

Fotos: Waldir A. Marouelli e Marco A. Lucini



Autores

Waldir Aparecido Marouelli
Eng. Agríc., Ph.D.
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF

Marcos Brandão Braga
Eng. Agr., D.Sc.
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF

Marco Antônio Lucini
Eng. Agr.
Epagri
Curitiba, SC

Francisco Vilela Resende
Eng. Agr., D.Sc.
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF

Introdução

O alho (*Allium sativum* L.) é uma hortaliça condimentar cultivada em grande parte do território nacional, tanto por pequenos quanto grandes produtores. Segundo levantamentos da produção agrícola realizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) nos últimos dez anos (2003 a 2012), a área média colhida de alho no Brasil, neste período, foi de 11,2 mil hectares, com produção média de 101,6 mil toneladas.

Enquanto a área colhida variou pouco entre 2003 e 2012, a produção tem aumentando de forma consistente, com mínima de 85,6 mil toneladas em 2004 e máxima de 143,3 mil toneladas em 2011. O incremento de produção de alho se deve principalmente ao crescente aumento da produtividade, que passou de 8,1 t/ha em 2003 para 10,6 t/ha em 2012.

O Estado de Goiás foi o maior produtor em 2012, com 32% da produção nacional, seguido de Santa Catarina com 18%, Minas Gerais com 17%, Rio Grande do Sul com 16% e Bahia com 7%. Os Estados com maior área colhida foram Rio Grande do Sul (25%), Goiás (24%), Santa Catarina (19%), Minas Gerais (14%) e Bahia (6%).

Dentre os principais estados produtores em 2012, as maiores produtividades médias de alho foram obtidas pelos produtores de Goiás (14,7 t/ha), Bahia e Minas Gerais (12,5 t/ha), Santa Catarina (10,1 t/ha) e Rio Grande do Sul (6,8 t/ha).

Produtores de alho de regiões com maior altitude do cerrado mineiro, goiano e baiano têm obtido produtividades entre 15 t/ha e 18 t/ha de bulbos meia cura para cultivares de alho nobre vernalizado. Não é incomum, todavia, alguns produtores alcançam produtividades acima de 20 t/ha. As altas produtividades são resultantes do melhor nível tecnológico dos produtores, especialmente em relação ao uso e manejo de irrigação, realizada com sistema pivô central, adubação, qualidade do alho-semente e controle fitossanitário.

Por ser uma cultura muito sensível à falta de água e por seu cultivo ocorrer na época mais seca, na maioria das regiões produtoras, a produção do alho no Brasil é praticamente toda irrigada. Inclusive na região Sul, onde normalmente ocorrem chuvas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, a área cultivada é quase toda irrigada. O uso da irrigação, mesmo em regiões com ocorrência de chuvas, reduz os riscos associados à ocorrência de veranicos, possibilitando incrementos expressivos de produtividade, com bulbos mais graúdos e com melhor aspecto visual.

Nesta circular técnica são apresentadas recomendações e informações atuais que possibilitam aos usuários estabelecerem estratégias eficazes para a irrigação do alho.

Sistemas de irrigação

Ainda que a irrigação possa ser realizada por diferentes sistemas, incluindo os por gotejamento e por sulco, os por sistemas por aspersão são os mais usados. Estima-se que no Brasil os sistemas por aspersão são adotados em mais de 95% da área irrigada de alho.

As vantagens e desvantagens de cada sistema, incluindo aspectos técnicos e econômicos, devem ser consideradas na escolha daquele mais apropriado para uma determinada situação. Independente do sistema escolhido, o sucesso do empreendimento vai depender de seu correto dimensionamento e manejo, incluindo as manutenções periódicas.

Sistemas por aspersão

Entre os sistemas por aspersão, os do tipo pivô central e convencional são os mais empregados

pelos produtores de alho no Brasil. Aspersão convencional é mais usada na região Sul, sendo também empregado nas demais regiões produtoras, principalmente, em áreas de pequenos produtores. O sistema pivô central é adotado com sucesso em plantios extensivos principalmente em Goiás e Minas Gerais. Atualmente, cerca de 50% da produção nacional de alho é obtida em áreas irrigadas por pivô central.

Dentre as principais vantagens da aspersão destaca-se a possibilidade de ser usada em qualquer tipo de solo e de terreno e a flexibilidade para irrigar diferentes culturas. A principal desvantagem da aspersão é a interferência no controle fitossanitário. O molhamento foliar pela água de irrigação favorece a ocorrência de doenças da parte aérea, especialmente em condições com alta umidade relativa do ar, e promove a lavagem parcial dos agrotóxicos protetores aplicados.

Sistema por aspersão convencional

O sistema de irrigação por aspersão convencional (Figura 1) pode ser classificado em portátil, semiportátil e fixo, dependendo de como é manejado no campo. De um modo geral, o sistema é constituído por uma linha adutora, um conjunto motobomba, uma linha principal, uma ou mais linhas laterais e os aspersores, permitindo irrigar áreas de qualquer formato.

No sistema portátil, todos os componentes são deslocados manualmente dentro da área a ser irrigada. O custo inicial de aquisição do sistema é relativamente baixo (R\$2.000/ha a R\$4.5000/ha), mas requer uso intensivo de mão de obra para



Foto: Waldir A. Marouelli

Figura 1. Sistema de irrigação por aspersão convencional.

as mudanças de posição dos componentes. No sistema fixo não existe deslocamento de nenhum dos componentes, o que reduz expressivamente o uso de mão de obra, mas torna o sistema mais caro (R\$7.000/ha a R\$15.0000/ha). No sistema semiportátil, as linhas laterais e os aspersores são deslocados manualmente, enquanto os demais componentes permanecem fixos (R\$3.000/ha a R\$5.5000/ha).

Aspersores de impacto de pequeno, médio (Figura 2) e grande porte, tipo canhão hidráulico (Figura 3), são usados. Sistemas convencionais fixos por aspersão com a utilização de microaspersores (Figura 4) e de mangueiras micro perfurada (Figura 5) também têm sido bastante usados por pequenos produtores, sobretudo na Bahia e norte de Minas Gerais, devido à escassez de água, ao menor uso de energia e de mão de obra e, principalmente no caso de mangueiras

micro perfurada, ao menor custo de implantação do sistema.

A uniformidade de distribuição de água na lavoura proporcionada pelos sistemas convencionais é geralmente menor que no pivô central, sobretudo nos sistemas portáteis e semiportáteis, o que acarreta redução de produtividade.

O custo do sistema pode ser consideravelmente reduzido quando o produtor opta por instalações simples utilizando microaspersores plásticos e linhas laterais de polietileno ou, principalmente, mangueiras micro perfurada. Nesse caso, o custo para sistemas fixos pode variar entre R\$3.000/ha e R\$5.0000/ha. Como desvantagens, tem-se um maior uso de mão de obra para operação e manutenção do sistema e uma redução na eficiência de irrigação, sobretudo em condições de vento.

Foto: Marco A. Lucini



Figura 2. Detalhe de aspersor de impacto de médio porte instalado em sistema de irrigação por aspersão convencional.



Foto: Waldir A. Marouelli

Figura 4. Sistema de irrigação por aspersão convencional fixo com microaspersores.

Foto: Waldir A. Marouelli



Figura 3. Detalhe de aspersor de impacto tipo canhão hidráulico instalado em sistema de irrigação por aspersão convencional.



Foto: Marco A. Lucini

Figura 5. Sistema de irrigação por aspersão convencional com mangueiras micro perfurada.

A eficiência de irrigação na aspersão engloba a uniformidade com que a água é distribuída sobre a área irrigada e as perdas de água por evaporação e por arrastamento pelo vento, sendo função da uniformidade de distribuição e da eficiência de aplicação de água pelo sistema. A eficiência depende de fatores como tipo de sistema, dimensionamento hidráulico, manutenção e condições climáticas.

Valores aceitáveis de eficiência de irrigação para sistemas por aspersão convencional variam de 65% a 75% para os classificados como portátil, 70% a 80% para semiportátil e 75% a 90% para fixo. Na prática é comum encontrar sistemas operando com eficiência muito abaixo dos valores acima. Vale destacar que a produtividade da cultura do alho é altamente influenciada pela eficiência de irrigação.

No caso da aspersão, não se deve irrigar em condições de vento forte (> 6 m/s), pois a uniformidade de distribuição de água é muito prejudicada, além de elevar bastante as perdas de água por evaporação e deriva. Em condições de vento moderado (2 m/s a 6 m/s), melhor uniformidade de distribuição pode ser obtida reduzindo-se o espaçamento entre aspersores (60% a 100% do raio de alcance) e utilizando-se aspersores com dois bocais, com menor inclinação do jato ($< 26^\circ$) e com maior tamanho de gotas.

Sistema por aspersão tipo pivô central

O pivô central (Figura 6) é um equipamento mecanizado que irriga áreas circulares. Consiste de uma linha lateral de aspersores, com comprimento

entre 100 m e 600 m, que é montada sobre torres metálicas com rodas movimentadas por motores elétricos. Uma das extremidades da lateral é ancorada no centro da área, por onde entra a água pressurizada e, ao redor desta, o conjunto se movimenta em trajetória circular. Aspersores de baixa pressão (1 kgf/cm² a 2 kgf/cm²), tipo difusor (*sprays*), têm sido largamente usados pelo menor gasto com energia elétrica. Operando a velocidade constante pré-estabelecida, o sistema aplica a lâmina de água desejada, sem que qualquer pessoa permaneça no local.

O custo por unidade de área para aquisição e instalação é dos mais altos dentre os sistemas de aspersão, diminuindo com o aumento da área irrigada pelo sistema (R\$4.500/ha a R\$9.000/ha).

As principais vantagens do pivô central são a pequena exigência de mão de obra, a alta uniformidade de distribuição de água, a alta eficiência de irrigação (85% a 90%), o menor uso de energia em relação aos demais sistemas por aspersão, exceto aqueles que utilizam mangueiras micro perfurada, e a possibilidade de se irrigar a lavoura durante qualquer hora do dia, inclusive à noite.

O pivô central é o sistema por aspersão que geralmente apresenta maior uniformidade na distribuição de água, seguido do convencional fixo, autopropelido, convencional semiportátil e convencional portátil. A maior uniformidade do pivô central deve-se basicamente às próprias características do sistema, como irrigar em círculo e de forma automática, sem interferência do irrigante, ser previamente dimensionado para atender às condições de solo, de clima e da cultura irrigada, não ter, em geral, sua configuração alterada pelo produtor, utilizar aspersores (*sprays*) que geram gotas de água de tamanho mediado e à possibilidade de aplicação de água a uma altura próxima ao dossel da cultura. Para tal, a manutenção do sistema deve ser adequada. No sistema convencional portátil, por outro lado, o dimensionamento não é geralmente o mais adequado, a configuração inicial do sistema é muitas vezes alterada pelo produtor, ocorre grande interferência do irrigante na qualidade da irrigação, além das próprias características que envolvem os tipos de aspersores (rotativos de impacto) e a



Foto: Waldir A. Marouelli

Figura 6. Sistema de irrigação por aspersão tipo pivô central.

operação do sistema, ou seja, mudanças manuais e constantes das tubulações e aspersores dentro da área irrigada.

Em relação aos demais sistemas, o pivô central apresenta duas desvantagens principais. A primeira é a dificuldade do manejo de irrigação para atender, de forma correta, as necessidades de água de vários plantios escalonados em um mesmo pivô. A segunda é a complexidade para mudar o equipamento para outras áreas ao final de cada safra. Desse modo, o manejo impróprio do solo, da irrigação e a rotação inadequada de culturas favorecem maior incidência e acúmulo de patógenos no solo.

Sistema por aspersão tipo autopropelido

O sistema autopropelido (Figura 7) tem sido usado basicamente por produtores da região Sul do Brasil. Trata-se de um sistema mecanizado com baixa

exigência de mão de obra, custo entre R\$4.000/ha a R\$6.0000/ha e eficiência de irrigação entre 70% e 80%.

O equipamento é composto de uma tubulação de sucção, um conjunto motobomba, uma linha principal, um carretel enrolador e um carro irrigador, contendo um aspersor tipo canhão. O carretel enrolador (Figura 8) é formado pelo conjunto motriz e carretel com mangueira de polietileno, montados sobre chassi com duas a seis rodas e acoplamento à barra de tração do trator. A irrigação de uma faixa contínua ocorre à medida que a mangueira vai sendo enrolada ao carretel enrolador, que permanece estacionário, deslocando o carro irrigador.

O aspersor, instalado sobre duas rodas no carro irrigador (Figura 9), desloca-se a uma velocidade constante pré-estabelecida, em vários modelos por meio de um painel eletrônico computadorizado, irrigando, por vez, uma faixa de até 115 m de largura por até 650 m de comprimento. Após irrigar uma determinada faixa, o conjunto é facilmente deslocado para irrigar faixas adjacentes.

O carretel enrolador autopropelido substitui com vantagens os antigos sistemas autopropelidos, onde todo o conjunto motriz se deslocava juntamente com o aspersor ao longo da faixa irrigada arrastando uma mangueira flexível. Dentre as vantagens dos autopropelidos atuais destacam-se o melhor controle de velocidade de deslocamento do carro irrigador e o menor tamanho de gotas dos aspersores tipo canhão atuais.

Foto: Marco A. Lucini



Figura 7. Sistema de irrigação por aspersão tipo autopropelido.

Foto: Marco A. Lucini



Figura 8. Carretel enrolador (ao fundo) de sistema de irrigação por aspersão tipo autopropelido.



Figura 9. Carro irrigador de sistema de irrigação por aspersão tipo autopropelido.

Foto: Marco A. Lucini

Sistemas por superfície

Semelhante ao verificado com outras hortaliças, os sistemas por superfície são muito pouco usados no Brasil para a irrigação da cultura do alho. O sistema por sulco (Figura 10), bastante usado na região de Mendoza, Argentina, por exemplo, é usado por poucos produtores da região Nordeste.

Os sistemas por superfície têm caído em desuso em razão da baixa eficiência de irrigação, da alta exigência de mão de obra e da baixa produtividade de alho. Na região Nordeste tais sistema têm sido substituídos principalmente por aspersão convencional, com ganhos de produtividade de 30% a mais de 100% e redução no uso de água acima de 50%.

Na irrigação por sulco a água é aplicada em pequenos canais paralelos aos canteiros onde são cultivadas as plantas de alho. Para tal, o terreno deve ser plano ou previamente sistematizado e o solo ser pouco permeável e possibilitar um bom movimento lateral da água. Em geral, quanto mais grossa a textura do solo, mais curtos devem ser os sulcos, menor sua declividade e menor a vazão de entrada de água no sulco. O tempo em que a água escoar e infiltra deve ser suficiente para umedecer a zona radicular das plantas.

As dimensões dos sulcos e dos canteiros devem ser tal que a água de irrigação umedeça toda a superfície do canteiro. Os sulcos, geralmente no formato de "V" e fundo abaulado, pelos quais haverá circulação de máquinas e pessoas, devem ter largura entre 20 cm e 40 cm e profundidade entre 10 cm e 20 cm. Os canteiros, em continuidade com os sulcos, geralmente apresentam largura

entre 50 cm e 100 cm, sendo o maior valor para solos com maior movimentação lateral da água (condutividade hidráulica horizontal).

O fornecimento de água para os sulcos pode ser feito com o uso de sifões de plástico ou de mangotes, a partir de um canal de distribuição, ou de tubos janelados. Muitos produtores fazem o desvio da água para os sulcos com auxílio de uma enxada, enxadão e/ou pá, prática que não garante qualquer controle da quantidade de água aplicada nos sulcos e favorece uma maior erosão do solo. A condução e a distribuição da água podem ainda ser feitas por meio de mangueiras flexíveis acopladas a tubos de PVC, por meio de registros, o que aumenta custos, mas garante maior economia de água.

O sistema por sulco apresenta baixa eficiência de irrigação (40% a 60%) e baixo custo de implantação (R\$ 1.500/ha a R\$ 4.000/ha), mais requer grande quantidade de água e de mão de obra e apresenta maior dificuldade para o manejo devido às características inerentes ao próprio sistema.

A redução no número de plantas por hectare, em razão da área ocupada pelos sulcos, e a menor uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação de água são os principais os fatores que contribuem para que a produtividade de alho em lavouras irrigadas por sulco seja menor (15% a 50%) que de lavouras irrigadas por aspersão.

Sistema por gotejamento

Mesmo possibilitando altas produtividades, quando associado ao uso da fertirrigação, e menor uso de água, o sistema por gotejamento (Figura 11) ainda é pouco usado na cultura do alho. Devido ao reduzido



Figura 10. Sistema de irrigação por sulco.

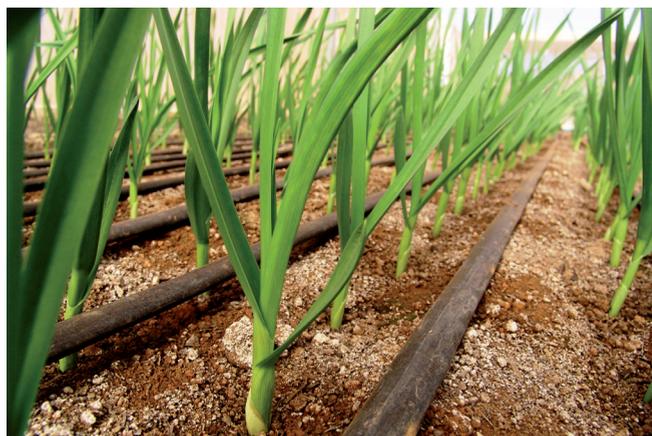


Figura 11. Sistema de irrigação por gotejamento.

espaçamento entre plantas e à necessidade de se molhar praticamente toda a superfície do solo, os gotejadores devem ser colocados próximos um dos outros, o que aumenta muito o custo do sistema (R\$7.000/ha a R\$15.000/ha).

Mais recentemente, alguns pequenos produtores da região Nordeste têm optado pelo uso do gotejamento, com resultados satisfatórios, sobretudo em condições onde a água é fator limitante.

Para o cultivo do alho em canteiros (100 cm a 130 cm) podem ser necessárias até três linhas laterais de gotejadores por canteiro, dependendo do tipo de solo e da largura do canteiro.

O espaçamento entre gotejadores ao longo da lateral varia de 10 cm a 20 cm para solos de textura grossa, 20 cm a 40 cm para textura média, até 30 cm a 50 cm para textura fina.

Os principais fatores que contribuem para a pequena adoção do gotejamento na produção de alho são: a) alto custo do sistema; b) produtividade ainda inferior à obtida em pivô central; c) grande demanda de mão de obra; d) carência de mão de obra especializada para instalação e desinstalação do sistema a cada safra, assim como para o manejo do equipamento; e) grande disponibilidade de pivôs centrais na região do Cerrado, muitos deles ociosos e instalados para irrigação de outras culturas.

O sistema por gotejamento, quando devidamente instalado e manejado, proporciona alta eficiência de irrigação (80% a 95%) e economia de água e de energia na ordem de 10% a 30% em relação à aspersão. O menor gasto de água é resultante da maior eficiência e da menor perda de água por evaporação, pois molha somente os canteiros. Relativo ao sistema por sulco, a economia de água ultrapassa 50%. Dessa forma, o sistema por gotejamento pode viabilizar a irrigação em propriedades com baixa disponibilidade de água, sobretudo se usado conjuntamente com algum tipo de cobertura de solo, tais como palha ou lona plástica. O uso de cobertura de solo é possível apenas para pequenos produtores, sendo sua adoção economicamente inviável em grandes áreas de produção.

Quando se faz a opção pelo gotejamento é imprescindível que parte dos fertilizantes, sobretudo

nitrogênio e potássio, sejam fornecidos via água de irrigação (fertirrigação). Irrigar por gotejamento sem o uso efetivo e correto da fertirrigação é pouco eficiente e, em regra, não traz ganhos econômicos compensadores.

Dimensionamento e manutenção de sistemas

Independente do sistema de irrigação a ser usado pelo produtor, o melhor rendimento da cultura do alho somente será alcançado quando as irrigações forem realizadas com sistemas que propiciem maior uniformidade de distribuição e a melhor precisão na aplicação da água. Sistemas com problemas de dimensionamento, manutenção e operação fornecem água às plantas de forma irregular, prejudicando a produtividade da cultura e provocando desperdícios de água, nutrientes e de energia.

Procedimentos para o dimensionamento agrônomo, operacional e hidráulico de sistemas de irrigação envolvem vários cálculos e procedimentos técnicos complexos, devendo ser realizado por profissionais especializados. Para evitar insucessos, o sistema deve ser dimensionado visando suprir a necessidade máxima de água da cultura, mesmo durante anos e períodos mais críticos.

Muitas vezes um sistema de irrigação dimensionado e instalado de forma adequada sofre modificações ou é transferido para outras áreas sem a devida orientação técnica, comprometendo seu desempenho. A eficiência de irrigação, inicialmente adequada, pode ser drasticamente reduzida, muitas vezes sem ser notada pelo usuário.

A manutenção preventiva e adequada de um sistema de irrigação tem por objetivo aumentar sua vida útil e mantê-lo irrigando eficientemente ano após ano. Bombas, motores e demais partes móveis do sistema devem ser mantidas conforme indicado pelo fabricante; aspersores devem funcionar em posição vertical e serem inspecionados periodicamente; tubulações, borrachas de vedação, registros, válvulas de derivação e outros acessórios devem ser substituídos quando apresentarem sinais de vazamentos. Vazamentos, mesmo que pequenos, provocam desperdício de água e de energia, diminuem a pressão de serviço do sistema e a lâmina de água aplicada.

Os cuidados mais importantes para com sistemas de irrigação pressurizados (aspersão e gotejamento) estão relacionados, sobretudo, à pressão de serviço. Pressão abaixo da recomendada prejudica a uniformidade de distribuição de água e, conseqüentemente, a produtividade da cultura. Pressão muito alta compromete a vida útil da tubulação e acarreta maior consumo de energia.

No caso da aspersão, por exemplo, pressão de serviço acima do indicado em projeto ocasiona a formação de gotas de água muito pequenas, favorecendo maior evaporação e deriva de água, principalmente em dias com alta temperatura, baixa umidade relativa do ar e vento forte. O problema de deriva de água é agravado quando se utiliza aspersores com maior raio de alcance e inclinação do bocal. Assim, não se deve irrigar em condições de vento acima do aceitável, pois as regas serão menos uniformes.

Existem no mercado empresas especializadas que prestam serviços para avaliação, especialmente de pivô central, e manutenção de sistemas de irrigação e para solucionar problemas de baixa eficiência. A avaliação deve ser realizada a cada dois anos, pelo menos, enquanto a manutenção deve ocorrer a cada safra.

Associação da irrigação com doenças

Irrigações em excesso, especialmente quando associado à alta temperatura, favorecem a disseminação, a multiplicação e o início do processo infeccioso de uma série de doenças, sobretudo as bacterioses. Doenças bacterianas, como queima bacteriana e podridão mole, causadas por *Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis* e *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, respectivamente, provocam danos à cultura do alho principalmente na região Sul. Mais recentemente, as bacterioses também têm sido problema em outras regiões produtoras, notadamente aquelas com ocorrência de orvalho e irrigação por aspersão, como em São Gotardo, Minas Gerais. Os maiores problemas fitossanitários da cultura do alho, no entanto, estão associados às doenças de etiologia fúngica.

Algumas doenças fúngicas de solo favorecidas por irrigações em excesso, sobretudo em áreas com drenagem inadequada, são: fusariose ou podridão

seca [*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (Hans.) Snyder & Hans], podridão branca (*Sclerotium cepivorum* Berkeley) e podridão de esclerócio (*Sclerotium rolfsii* Sacc). No caso da podridão branca, a água de irrigação, quando contaminada pelo fungo, pode atuar como meio de disseminação da doença.

A irrigação por aspersão, especialmente quando realizada em regime de alta frequência e em regiões com alta umidade relativa do ar, favorece a maioria das doenças fúngicas da parte aérea da cultura do alho, como a mancha púrpura [*Alternaria porri* (Ellis) Cif.], ferrugem [*Puccinia allii* (D.C.) Rud.] e mancha de estenfílio (*Stemphylium botryosum* Wallroth). Mesmo em condições com baixa umidade relativa do ar, a mancha púrpura tem sido a principal doença foliar na cultura do alho nobre vernalizado irrigado por pivô central na região do Cerrado.

Dentre os sistemas de irrigação, o por sulco é o que mais favorece doenças de solo, seguido do gotejamento. Mesmo irrigando por aspersão, o agricultor deve evitar a formação de pontos encharcados na área, os quais podem se transformar em focos de disseminação e multiplicação de doenças. As principais causas de encharcamento são: irrigação em excesso, vazamentos em tubulações, distribuição desuniforme de água, drenagem deficiente, depressões no solo e áreas compactadas por máquinas e implementos.

O manejo preventivo visando minimizar a incidência de doenças da parte aérea em lavouras de alho irrigadas por aspersão envolve três estratégias básicas: a) irrigar em horário que minimize a duração do tempo de molhamento foliar; b) adotar o maior turno de rega (intervalo entre irrigações) possível que não provoque deficiência de água às plantas; e c) aplicar a maior lâmina de irrigação que o solo possa reter na camada correspondente a profundidade das raízes da cultura.

Fungos e bactérias necessitam, em geral, de água livre na superfície vegetal para iniciar o processo infeccioso, sendo o tempo de molhamento foliar aspecto decisivo no estabelecimento do patógeno e no progresso da doença. Doenças da parte aérea são geralmente favorecidas por injúrias nas folhas, sejam mecânicas ou causadas por insetos-pragas,

como tripses (*Thrips tabaci* Lindeman), que na presença de água livre na folha servem de porta de entrada para os patógenos.

Na irrigação por aspersão, o tempo de molhamento foliar pode ir desde alguns minutos até horas, dependendo do horário e da duração da irrigação e, principalmente, das condições climáticas predominantes, especialmente velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar.

Dependendo da região e da época do ano, é comum a ocorrência de orvalho devido ao resfriamento da folhagem e à condensação do vapor de água atmosférico em noites claras. Folhas cobertas por gotas de água também podem ser observadas em noites nubladas e sem vento, resultante da condensação da água evaporada do solo. Assim, se a irrigação for coincidente com o período de orvalho durante a noite, não haverá o efeito aditivo do tempo de molhamento causado pela irrigação e pelo orvalho. Já se a irrigação for realizada no final da tarde ou logo no início da manhã, o tempo total de molhamento foliar será ainda maior.

Para condições em que a ocorrência de orvalho é desprezível ou quando é inviável que a irrigação seja realizada no período de orvalho, a recomendação geral é de se irrigar durante o período do dia em que a evaporação da água é maior (10h às 15h) e, por conseguinte, a secagem das folhas é mais rápida. Muitas vezes, não é possível irrigar toda a lavoura apenas durante horários específicos, pois os sistemas de irrigação são geralmente dimensionados para irrigar toda a área operando o máximo de horas possível por dia. Tal limitação ocorre com alguma frequência em lavouras irrigadas por pivô central, principalmente aquelas com pivôs centrais acima de 75 hectares instalados em regiões com alta demanda evaporativa. Uma opção seria cultivar apenas parte da área.

A adoção do maior turno de rega que não provoque deficiência de água às plantas é possível aplicando-se lâminas de água suficientes para repor a umidade na camada de do solo correspondente à profundidade efetiva das raízes da cultura. Irrigações leves (lâminas pequenas) e frequentes devem ser evitadas, pois mantêm as folhas do alho úmidas por mais vezes seguidas, propiciando condições favoráveis para o estabelecimento da doença. Assim, o conhecimento da capacidade de

armazenamento de água do solo, da profundidade das raízes e da necessidade de água da cultura é fundamental para definir o turno de rega e a lâmina de irrigação, que podem variar em função do tipo de solo, condições climáticas e estágio de desenvolvimento da cultura.

De qualquer forma, deve-se considerar que doenças podem ocorrer mesmo em condições em que a irrigação é manejada de forma adequada. Caso tal fato ocorra, deve-se reavaliar o turno de rega que está sendo usado. No caso de incidência de doenças da parte aérea favorecidas pela irrigação por aspersão, por exemplo, deve-se aumentar o turno de rega entre 20% e 40%, desde que não cause déficit hídrico que possa afetar drasticamente a produção da cultura. Em se tratando de doenças de solo, por outro lado, deve-se manter o turno de rega adotado – desde que determinado corretamente –, e reduzir o tempo de irrigação entre 15% e 30%. Os maiores percentuais devem ser adotados quando a incidência da doença for alta e/ou ocorrer doenças para as quais não há agrotóxicos registrados ou eficientes. Em outras palavras, a redução na produtividade resultante da incidência severa de algumas bacterioses e de mancha-púrpura, por exemplo, pode ser maior do que a redução provocada pela aplicação de déficits hídricos moderados.

O excesso de água, associado a outros tratamentos culturais realizados de forma inadequada, faz com que a quantidade de inóculo aumente gradativamente, até o momento em que a doença passa a causar perdas significativas de produção. Assim, o manejo adequado da irrigação, evitando principalmente excessos, é uma eficiente medida de controle integrado de doenças que pode ser adotada na cultura do alho.

Necessidade de água da cultura

A necessidade total de água da cultura do alho varia de 400 mm a 850 mm, sendo função principal das condições climáticas e do ciclo da cultura. Em períodos sem ocorrência de chuvas, a lâmina total de água a ser aplicada via irrigação será ainda maior, pois os sistemas de irrigação têm eficiência inferior a 100%. De um modo geral, são necessários entre 300 L a 1.000 L de água para se produzir um quilograma de alho.

A duração do ciclo de desenvolvimento das principais cultivares de alho varia entre 100 dias e 170 dias. Algumas cultivares tardias, mais exigentes em fotoperíodo e frio, tem ciclo de até 210 dias. A necessidade de água das plantas, incluindo a transpiração das plantas e a evaporação do solo, que é variável ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, é denominada tecnicamente de evapotranspiração da cultura (ETc).

Principalmente por ter um sistema radicular fasciculado e superficial, a cultura do alho é bastante sensível à falta de água. Irrigações em excesso também podem prejudicar a produtividade e a qualidade do alho, notadamente em solos com problemas de drenagem. Assim, irrigar no momento correto e na quantidade adequada é decisivo para a obtenção de altas produtividades.

Estádios de desenvolvimento da cultura

Para fins de manejo da água de irrigação, o ciclo de desenvolvimento da cultura do alho pode ser subdividido em quatro estádios: inicial, vegetativo, crescimento de bulbos e maturação. A caracterização de cada estágio é apresentada a seguir.

Estádio inicial

O estágio inicial de desenvolvimento vai do plantio dos bulbilhos até o pleno estabelecimento das plantas (10% do crescimento vegetativo), com duração de 15 dias a 30 dias. Nesse período as plântulas dependem quase que exclusivamente das reservas do bulbilho, pois o sistema radicular encontra-se em desenvolvimento. Grande parte da necessidade de irrigação se refere à evaporação de água do solo, que será tanto maior quanto mais frequente forem realizadas as irrigações.

Um dos grandes desafios no cultivo do alho é a obtenção de adequada brotação e emergência das plântulas, sensivelmente dependentes da uniformidade e da disponibilidade de água no solo. O excesso de água favorece a multiplicação de vários patógenos de solo e prejudica a respiração dos bulbilhos, podendo causar apodrecimento do alho-semente. A deficiência de água, por outro lado, pode retardar a emergência das plântulas e provocar a desidratação de bulbilhos e a queima de brotos.

As regas devem ser leves e frequentes até a emergência das plântulas, procurando manter a umidade do solo próxima à condição capacidade de campo (70-100% da água disponível). Após, com o crescimento das plantas e raízes, deve-se aumentar ligeiramente o intervalo entre irrigações e a profundidade de umedecimento do solo.

Estádio vegetativo

Muito embora as plantas de alho continuem emitindo folhas novas e, portanto, a vegetar até próximo ao final do estágio de crescimento de bulbos, o estágio vegetativo, para fins de manejo de água, pode ser considerado como se estende até o início do processo de diferenciação de bulbilhos, quando desencadeia o crescimento de bulbos. O estágio, que tem duração entre 40 dias a 55 dias, é o mais sensível ao déficit hídrico.

A necessidade de água da cultura aumenta à medida que a parte aérea das plantas se desenvolve. Concomitantemente, ocorre um crescimento das raízes, tanto horizontalmente quando em profundidades, aumentando o volume de água disponível no solo para as plantas. Assim, ao invés de irrigar de forma mais frequente, deve-se aumentar a lâmina de água a ser aplicada por irrigação à medida que as raízes se aprofundam.

Cultivos irrigados apenas quando a tensão de água no solo atinge entre 50 kPa e 100 kPa (déficit hídrico leve) podem ter a produtividade reduzida entre 15% e 30% e a de bulbos graúdos reduzida entre 30% e 50%. Portanto, em condições de disponibilidade limitada de água, deve-se optar por maximizar a produção por unidade de área em detrimento do aumento da área cultivada.

Estádio de crescimento de bulbos

Com duração de 35 dias a 60 dias, o estágio de crescimento de bulbos se estende do início da diferenciação de bulbilhos até o início do amarelecimento das folhas. A necessidade diária de água e a profundidade radicular da cultura aumentam até meados do estágio de crescimento de bulbos.

Cultivos irrigados somente quando a tensão atingir entre 100 kPa e 200 kPa (déficit hídrico moderado)

podem ter uma redução entre 20% e 30% na produtividade total e dentre 35% e 55% na de bulbos graúdos.

Apesar de ser um estágio sensível à falta de água, a combinação de regas e adubações nitrogenadas em excesso, a partir da diferenciação de bulbilhos, proporcionam aumento de superbrotaamento em cultivares suscetíveis e prejudicam a conservação pós-colheita de bulbos.

Estádio de maturação

Durante o estágio de maturação, que tem duração de 20 dias a 35 dias, ocorre uma sensível redução no uso de água pelas plantas (25% a 35%), resultante do amarelecimento e secamento das folhas e da grande remobilização de reservas da parte aérea para os bulbos.

Condições de clima seco, associada à redução das irrigações, favorecem a produção de bulbos de melhor qualidade. Irrigações em excesso ou chuvas próximas da colheita reduzem o teor de matéria seca e de sólidos solúveis, a pungência e a conservação dos bulbos.

Solos muito secos ou úmidos podem dificultar a colheita e depreciar a qualidade e a conservação pós-colheita dos bulbos. Logo, as irrigações devem ser suspensas, em época adequada, antes da colheita.

Evapotranspiração da cultura

Para fins de manejo da água de irrigação, a ET_c (mm/dia) pode ser determinada indiretamente por $ET_c = K_c \times ET_o$, onde K_c (adimensional) é o coeficiente de cultura e ET_o (mm/dia) a evapotranspiração de referência (mm/dia).

O coeficiente K_c é determinado experimentalmente para cada estágio de desenvolvimento da cultura do alho. Pode ser afetado por diferentes fatores, como sistema e frequência de irrigação, manejo da cultura e cultivar.

Para lavouras de alho sem qualquer tipo de estresse (hídrico, nutricional ou de sanidade), podem ser adotados os seguintes valores de K_c : 0,80 a 0,85 durante o estágio vegetativo; 1,00 a 1,05 durante o estágio de crescimento de bulbo; e 0,70 a 0,75

durante o estágio de maturação. O valor de K_c durante o estágio inicial é muito afetado pela frequência de molhamento da superfície do solo, podendo variar de 1,05 a 1,15 para regas diárias, 0,80 a 0,90 para regas em dias alternados e 0,55 a 0,70 para intervalos acima de 2 dias.

Os valores de K_c apresentados acima podem ser usados sem a necessidade de correção, na maioria das condições de cultivo, quando se irriga por aspersão, gotejamento ou sulco. Dentre outros fatores, isso ocorre em razão do molhamento da superfície do solo em lavouras irrigadas por gotejamento e sulco ser geralmente acima de 80%.

A ET_o , que expressa a lâmina de água evapotranspirada de uma superfície totalmente coberta por uma cultura hipotética (referência), em fase de crescimento ativo e sem qualquer tipo de restrição, pode ser determinada por métodos simples, com base somente em valores médios de temperatura do ar, até métodos mais complexos e precisos, baseados em modelos físicos.

A escolha do método a ser usado para determinação de ET_o depende da precisão desejada e da disponibilidade de dados climáticos. Por exemplo, para manejo de água em tempo real, o método combinado de Penman-Monteith, segundo parametrização da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), é o recomendado e tido como padrão internacional.

Manejo da água de irrigação

Para a obtenção de alta produtividade e bulbos de qualidade, a cultura do alho necessita de um suprimento controlado e frequente de água durante praticamente todo seu ciclo de desenvolvimento. O manejo adequado da água de irrigação é importante para evitar que excessos ou déficits de água ocorram e prejudiquem a atividade fisiológica das plantas.

Tem se verificado que a irrigação na cultura do alho é geralmente realizada de forma inadequada, mesmo em lavouras com elevado nível tecnológico. As regas são normalmente realizadas a partir de observações visuais da umidade na superfície do solo e/ou da aparência das plantas ou ainda de experiências adotadas em safras anteriores, mesmo de outras culturas. Mesmo sendo as irrigações

realizadas comumente em excesso, as plantas são, por vezes, submetidas a déficits moderados de água. Assim, é possível obter incrementos significativos de produtividade ao se irrigar com sistemas bem dimensionados, no momento que não cause estresse hídrico às plantas e com quantidade de água que possa ser armazenada pelo solo.

A reposição da água ao solo no momento oportuno e na quantidade correta envolve informações relacionadas à planta, ao solo e ao clima da região. Existem vários métodos para o manejo de irrigação, alguns simples e outros complexos.

Métodos simples de manejo, como o calendário de irrigação e o tato-aparência, são apresentados a seguir e podem ser usados com vantagens por produtores com pouca experiência em irrigação. Métodos mais precisos requerem avaliação em tempo real da tensão de água no solo e/ou da ETc, o que demanda equipamentos e pessoal treinado. Existem empresas e técnicos autônomos especializados que oferecem serviços de assessoramento para fins de manejo de irrigação. Dentre os diferentes métodos apresentados neste trabalho, destaca-se o que usa sensores Irrigas®, que possibilita um adequado manejo da água de irrigação e pode ser usado facilmente pelo próprio produtor.

Métodos com base em medidas na planta

Existem diversos indicadores baseados em avaliações da planta que podem ser usados, em teoria, para determinar o momento de se irrigar a cultura do alho, tais como aparência visual da planta, potencial de água e temperatura das folhas. Esses e alguns outros indicadores baseados na planta não possibilitam estimar a lâmina de água necessária a ser aplicada a cada irrigação e são geralmente pouco sensíveis e confiáveis para indicar o momento de se irrigar a cultura.

Alguns produtores tentam definir o momento de se irrigar com base na aparência visual de deficiência de água na planta. Ao contrário de outras espécies, as plantas de alho não murcham quando submetidas a condições de déficit hídrico. Sintomas de deficiência moderada são difíceis de serem visualizados. Deficiência severa geralmente

está associada a uma ligeira perda de turgidez (enrolamento das folhas), coloração verde-acinzentado e início de queima das pontas das folhas. Assim, irrigar apenas quando tais sintomas de estresse são visualizados pode provocar redução de produtividade acima de 50%.

Método do calendário de irrigação

O método do calendário de irrigação (turno de rega pré-calculado) consiste em determinar de forma antecipada turnos de regas (intervalo entre irrigações) e de lâminas de irrigação para cada estágio da cultura em função das condições climáticas históricas predominantes na região, tipo de solo e profundidade efetiva do sistema radicular, sem a necessidade do uso de equipamento e cálculos complicados para determinar quando e quanto irrigar.

Por utilizar valores históricos de evapotranspiração da cultura (ETc), o método é menos preciso que aqueles para manejo em tempo real. O método, que tem uma melhor precisão em regiões áridas e semiáridas ou durante estações secas, é indicado principalmente para pequenos produtores que não dispõem de recursos técnicos e financeiros para utilizar outros métodos.

Um procedimento simplificado para o manejo na cultura do alho, baseado no uso de tabelas (Tabelas 1 e 2), é apresentado passo a passo a seguir, podendo ser usado para irrigação por aspersão, superfície ou gotejamento.

Passo 1: Determinação da evapotranspiração da cultura (ETc).

Determinar, na Tabela 1, a ETc (mm/dia), para cada estágio de desenvolvimento, a partir de dados médios históricos de temperatura e umidade relativa do ar. Dados climáticos podem ser obtidos junto ao serviço de assistência técnica local ou estimados em mapas de normais climatológicas disponíveis no site do INMT (Instituto Nacional de Meteorologia).

Passo 2: Determinação da profundidade efetiva radicular.

A profundidade efetiva do sistema radicular representa a camada de solo onde se concentram cerca de 80% das raízes da cultura. Deve ser

Tabela 1. Evapotranspiração da cultura do alho (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura média do ar e estágio de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
	Inicial⁽¹⁾										
40	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6
50	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4
60	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1
70	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
80	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5
90	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
	Vegetativo										
40	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3
50	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7
60	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2
70	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
80	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1
90	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	Crescimento de bulbos										
40	4,6	5,2	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,6	11,4
50	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,5
60	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6
70	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7
80	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
90	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
	Maturação										
40	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2
50	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8
60	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4
70	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1
80	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ETc durante o estágio inicial deverá ser aquela indicada para o estágio de crescimento de bulbos, enquanto para regas em dias alternados considerar a ETc indicada para o estágio vegetativo.

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

determinada para cada estágio de interesse e no local de cultivo, pois é altamente afetada pelas condições de solo e de manejo. A abertura de uma trincheira perpendicular às linhas de plantas permite avaliar visualmente a profundidade de raízes a ser considerada.

A profundidade efetiva, nas principais regiões de produção de alho no Brasil, geralmente varia de 10 cm a 20 cm durante o estágio vegetativo, de 15 cm a 35 cm durante o estágio de crescimento

de bulbos e de 25 cm a 35 cm durante o estágio de maturação. Estes valores são indicativos e não devem ser usados de forma indiscriminada.

Passo 3: Determinação da textura do solo.

Determinar a textura do solo a partir de sua classe textural, conforme a seguir:

- Textura fina: franco-argilo-siltoso, franco-argilo, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso.

- Textura média: franco, franco-siltoso, franco-argilo-arenoso, silte.
- Textura grossa: areia, areia franca, franco-arenoso.
- Solos de cerrado: mesmo aqueles classificados como de textura fina, devem ser considerados, para efeito dos cálculos de irrigação, como de textura média.

Passo 4: Determinação do turno de rega (TR).

Determinar, na Tabela 2, o TR (dias) em função da ETc, textura do solo e profundidade efetiva de raízes, para cada estágio da cultura.

Passo 5: Cálculo da lâmina de água real necessária por irrigação (LRN).

Determinar a LRN (mm) pela expressão:
 $LRN = TR \times ETc$. No caso de ocorrência de chuva, deve-se postergar a data da irrigação ou descontar a precipitação efetiva (parte da chuva que fica disponível no solo para as plantas).

Passo 6: Avaliação da eficiência de irrigação (aspersão e gotejamento).

A eficiência de irrigação deve ser medida em campo, pois é dependente do dimensionamento hidráulico, da manutenção e das condições de operação do sistema. Valores frequentemente

Tabela 2. Turno de rega (dia) para a cultura do alho, conforme o sistema de irrigação, evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo, e duração (dias) da paralisação das irrigações visando reduzir superbrotamento.

ETc (mm/ dia)	Profundidade efetiva									Paralisação ⁽¹⁾		
	10 cm			20 cm			30 cm			Textura		
	Textura ⁽²⁾			Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Aspersão												
2	1	2	2	2	3	5	3	5	7	20	35	50
4	2 x dia	1	1	1	2	3	1	3	4	10	18	25
6	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	2	1	2	2	7	12	17
8	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	1	1	2	5	9	13
10	--	--	--	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	4	7	10
Sulco												
2	--	3	4	--	5	8	--	8	12	--	35	50
4	--	1	2	--	3	4	--	4	6	--	18	25
6	--	1	1	--	2	3	--	3	4	--	12	17
8	--	1	1	--	1	2	--	2	3	--	9	13
10	--	--	--	--	1	1	--	1	2	--	7	10
Gotejamento												
2	1	1	2	2	3	4	3	4	6	15	30	40
4	2 x dia	2 x dia	1	1	1	2	1	2	3	7	14	20
6	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	1	1	2	5	10	14
8	4 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	4	7	10
10	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	3	6	8

⁽¹⁾ Paralisação das irrigações durante a fase de bulbificação para cultivares suscetíveis a superbrotamento.

⁽²⁾ Solos de cerrado de textura fina devem ser considerados como de textura média.

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008) e Marouelli et al. (2012).

encontrados no campo são geralmente menores que aqueles previstos em projetos.

Não dispondo de informações atuais da eficiência do sistema usado, sugere-se considerar de 55% a 65% para aspersão convencional portátil, 60% a 70% para convencional semiportátil, 65% a 80% para convencional fixo, 60% a 75% para autopropelido, 75% a 85% para pivô central e 75% a 90% para gotejamento.

As maiores eficiências são observadas em sistemas bem dimensionados, com manutenção adequada e operando em condições de vento fraco. Ademais, melhor eficiência é alcançada quanto maior o tempo de irrigação e a lâmina de água aplicada. Não é incomum encontrar sistemas operando com eficiências ainda inferiores às relatadas acima.

Passo 7: Cálculo da lâmina de água total necessária por irrigação (LTN).

A LTN (mm), para alho irrigado por aspersão e gotejamento, é calculada por: $LTN = 100 \times LRN/Ei$, em que Ei (%) é a eficiência de irrigação. Para irrigação por sulco não se faz necessário determinar a lâmina total.

Passo 8: Cálculo do tempo de irrigação (T_i).

Para sistemas de irrigação por aspersão convencional, T_i (min) é determinado por: $T_i = 60 \times LTN/I_a$, em que I_a é a intensidade de aplicação de água (mm/h). A intensidade de aplicação pode ser obtida no catálogo técnico do aspersor ou, preferencialmente, em testes de campo, pois o desgaste natural dos equipamentos ao longo do tempo afeta os dados originais de vazão dos aspersores.

Quando se irriga por pivô central, deve-se selecionar a velocidade de deslocamento capaz de aplicar a LTN. O tempo para completar a irrigação depende do tamanho da área e da velocidade de deslocamento do equipamento.

Na irrigação por gotejamento, T_i (min) pode ser determinado por: $T_i = 60 \times LTN \times S_L \times S_g/Q_g$, onde S_L é o espaçamento entre linhas laterais de gotejadores (m), S_g o espaçamento entre gotejadores na lateral (m) e Q_g a vazão do gotejador (L/h).

Na irrigação por sulco, o tempo de irrigação deve ser o suficiente para a água atingir o final do sulco mais o tempo (de oportunidade) para aplicar a LRN. O tempo de oportunidade (T_o , min) pode ser estimado por: $T_o = LRN/(Q_i - Q_f) \times L_s \times S_s$, onde Q_i é a vazão no início do sulco (L/min), Q_f a vazão no final do sulco (L/min), L_s o comprimento do sulco (m) e S_s o espaçamento entre sulcos (m).

Método do tato-aparência

Alguns produtores decidem o momento de se irrigar suas lavouras a partir da avaliação visual da umidade do solo, geralmente da camada superficial. Essa avaliação não fornece informação confiável sobre a real disponibilidade de água na zona radicular da cultura.

Uma precisão minimamente aceitável sobre a disponibilidade de água no solo para as plantas pode ser alcançada amostrando-se o solo entre 30% e 50% da profundidade efetiva das raízes. A amostragem deve ser realizada em uma das linhas de plantio centrais e em pelo menos três pontos representativos da área, utilizando-se, de preferência, um trado tipo meia-cana com diâmetro entre 20 mm e 25 mm (Figura 12).

Um guia prático e interpretativo que possibilita ao usuário estimar a quantidade de água disponível no solo, e, conseqüentemente, a necessidade de irrigação, por meio de observações da consistência (tato) e da aparência visual do solo (Figura 13), é apresentado na Tabela 3.



Figura 12. Trado tipo meia-cana para a amostragem e avaliação da disponibilidade de água no solo pelo método do tato-aparência.

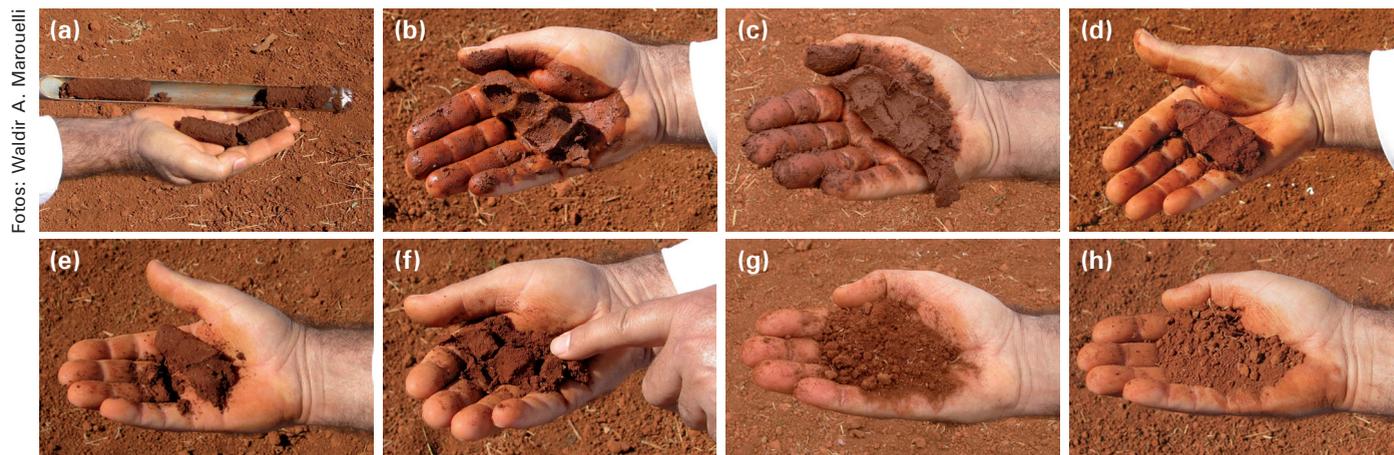


Figura 13. Avaliação da água disponível (AD) em um solo de textura média pelo método da consistência (tato) e aparência visual: a) coleta da amostra com trado; b) condição de saturação; c) 100% de AD (capacidade de campo); d) 75-50% de AD (úmido); e) 50-75% de AD (moderadamente úmido); f) 25-50% de AD (moderadamente seco); g) 0-25% de AD (seco); h) 0% de AD (ponto de murcha permanente).

Tabela 3. Guia prático para estimativa da água disponível no solo (AD), conforme a textura, consistência e aparência visual do solo.

AD (%)	Textura			
	Grossa	Moderadamente grossa	Média	Moderadamente fina e Fina
0 – 25	Seco, solto, escapa entre os dedos	Seco, solto, escapa entre os dedos	Seco, por vezes formando torrão que raramente se conserva	Duro, esturricado, às vezes com grânulos soltos na superfície
25 – 50	Seco, não forma torrão	Sinais de umidade, mas não forma torrão	Forma torrão, algo plástico, mas com grânulos	Maleável, formando torrão
50 – 75	Seco, não forma torrão	Tende a formar torrão que raramente se conserva	Forma torrão, algo plástico, que às vezes desliza entre os dedos ao ser comprimido	Forma torrão que desliza entre os dedos na forma de lâmina ao ser comprimido
75 – 100	Tende a se manter coeso; às vezes forma torrão que se rompe facilmente	Forma torrão que se rompe facilmente e não desliza entre os dedos	Forma torrão muito maleável que desliza facilmente entre os dedos	Ao ser comprimido desliza entre os dedos na forma de lâmina escorregadia
100 (CC ¹)	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão

⁽¹⁾ CC = capacidade de campo.

Obs.1: o torrão se forma comprimindo-se fortemente um punhado de solo com a mão.

Obs.2: o solo desliza entre os dedos polegar e indicador ao ser comprimido e ao ser esfregado entre os dedos.

Obs.3: a amostra de solo a ser avaliada deve ser retirada na camada de solo equivalente a 30% e 50% da profundidade radicular efetiva.

Fonte: adaptado de Irrigation... (1959) e Marouelli et al. (2011).

No caso da cultura do alho, sugere-se irrigar quando a *água disponível no solo* estiver entre 75% e 100% para irrigação por aspersão e gotejamento e entre 50% e 75% para irrigação por sulco.

Para usuários que não dispõem de informações sobre a capacidade de retenção de água do solo predominante em sua área de produção, nem mesmo de ordem prática, a lâmina de irrigação pode ser estimada por: $LTN = (A_{FD} \times Z \times f_{Am})/Ei$, em que A_{FD} é a quantidade de água facilmente disponível no solo (mm/cm), Z a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm) e f_{Am} a fração de área molhada do solo pelo sistema de irrigação (decimal). Valores de A_{FD} , em função da percentagem de *água disponível no solo* (AD), são apresentados na Tabela 4.

Método simplificado da tensão com o uso de Irrigas®

A tensão de água é uma característica do solo que indica a força com que a água está retida nas partículas do solo. Quanto maior a umidade do solo menor a tensão com que a água está retida e mais fácil de ser usada pelas plantas. A tensão-limite para uma determinada cultura depende de vários fatores, como do sistema de irrigação usado, estágio de desenvolvimento e tipo de solo.

Para maior produtividade deve-se irrigar a cultura do alho quando a tensão atingir entre 7 kPa a 12 kPa para solos arenosos e entre 15 kPa e 20 kPa para solos de textura média e fina, sendo os menores valores para os estádios vegetativo e de crescimento de bulbos. Para irrigação por sulco, considerar a faixa de tensão-limite entre 20 kPa e 40 kPa.

A medição da tensão de água no solo pode ser feita com diferentes tipos de sensores. Tensiômetros (Figura 14) são os sensores mais frequentemente



Foto: Waldir A. Marouelli

Figura 14. Tensiômetros instalados em duas profundidades para medição da tensão de água no solo com o uso de tensiômetro digital.

Tabela 4. Quantidade média de água facilmente disponível no solo (A_{FD}), conforme a textura, percentagem de água disponível (AD) e tensão de água no solo no momento da irrigação.

	Textura ⁽¹⁾		
	Grossa	Média	Fina
AD (%)		A_{FD} (mm/cm)	
75-100	0,10	0,15	0,25
50-75	0,20	0,45	0,75
25-50	0,35	0,75	1,25
0-25	0,45	1,25	1,75
Tensão (kPa)		A_{FD} (mm/cm)	
10	0,15	0,22	0,25
15	0,20	0,32	0,45
20	0,23	0,42	0,60
25	0,25	0,48	0,70
30	0,28	0,54	0,80
40	0,33	0,66	0,90
50	0,35	0,72	1,00

⁽¹⁾ Solos de textura fina de cerrado devem ser considerados, para efeito de retenção de água, como sendo de textura média. Solos arenosos podem ser considerados de textura grossa, enquanto os argilosos são de textura fina. Fonte: adaptado de Marouelli (2008), Marouelli & Calbo (2009) e Marouelli et al. (2011).

usados por produtores em todo o mundo para o manejo de água em várias culturas. Entretanto, apresentam custo elevado, requerem treinamento do usuário e apresentam problemas de funcionamento, mesmo quando adequadamente instalados e mantidos.

O Irrigas[®] (Figura 15), diferentemente do tensiômetro, é um sensor simples, de fácil operação pelo agricultor, que apresenta boa precisão e baixo custo (20% a 40% do valor do tensiômetro) e que praticamente não requer manutenção. O sensor foi desenvolvido pela Embrapa e está disponível comercialmente nas versões de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa.

A decisão sobre quando irrigar deve ser feita com base na leitura diária de sensores Irrigas[®] instalados entre 30% e 50% da profundidade radicular efetiva, em pelo menos três locais representativos da área (estações de controle de irrigação). Os sensores devem ser posicionados entre duas plantas de alho, ao longo de uma das linhas de plantio mais centrais do canteiro, e, caso se irrigue por gotejamento, de 10 cm a 20 cm do emissor.

Nas estações de controle devem-se instalar sensores Irrigas[®] com tensão de referência próxima da tensão-limite de água no solo recomendada para a cultura. Para lavouras de alho irrigadas por aspersão ou por gotejamento, por exemplo, recomenda-se utilizar Irrigas[®] de 15 kPa, independente do tipo de solo e do estágio de desenvolvimento da cultura. Já para lavouras irrigadas por sulco, sugere-se que o controle das irrigações seja com Irrigas[®] de 25 kPa.

A quantidade de água a ser aplicada a cada irrigação é função da capacidade de retenção de água pelo solo e da profundidade efetiva radicular das plantas. Para produtores que não dispõem de informações sobre a retenção de água do solo em sua propriedade, a lâmina de irrigação pode ser estimada a partir dos dados de água facilmente disponível (A_{FD}) apresentados na Tabela 4, utilizando-se da mesma equação apresentada no método anterior. Informações sobre as características de retenção de água no solo, que são específicos para cada tipo de solo, podem ser determinadas por laboratórios de análise física de solos.

Sensores Irrigas[®] de 25 kPa, instalados entre 100% e 120% da profundidade efetiva, possibilitam ao produtor ajustar, de forma interativa, a lâmina de água aplicada a cada irrigação. Devem ser instalados nas mesmas estações de controle dos sensores destinados a indicar o momento de se irrigar.

Maiores informações sobre manejo de água com sensores Irrigas[®] podem ser obtidas na Circular Técnica 69, publicada em 2009 pela Embrapa Hortaliças (www.cnpq.embrapa.br/paginas/bbeletronica/versaomodelo/html/2009/ct/ct_69.shtml).

Método do balanço de água no solo

O método do balanço de água no solo consiste na realização de um controle diário da ET_c , da precipitação, da lâmina de irrigação, da ascensão capilar da água, além das perdas de água por percolação profunda e por escoamento superficial. Sob condições de irrigação controlada, onde as perdas de água por percolação e por escoamento superficial são mínimas e o fluxo capilar ascendente desprezível, a determinação diária da ET_c e da precipitação efetiva permite definir quando e quanto irrigar, desde que se conheça a capacidade de armazenamento de água pelo solo.

A ET_c deve ser determinada em tempo real usando um método que permita o cálculo diário da ET_o , como o de Penman-Monteith-FAO. Para tal é imperativo que exista uma estação agrometeorológica (Figura 16) instalada próxima à área de cultivo. O tanque de evaporação USWB classe A (Figura 17), apesar de menos preciso,



Foto: Waldir A. Marouelli

Figura 15. Sensor tipo Irrigas[®] para avaliação da tensão de água no solo.

Foto: Waldir A. Marouelli



Figura 16. Estação agrometeorológica para medição das variáveis climáticas necessárias para a determinação da evapotranspiração de referência (ETo) pelo método de Penman-Monteith-FAO.

Foto: Waldir A. Marouelli



Figura 17. Tanque USWB classe A, com poço tranquilizador e micrometro de gancho, para medição da evaporação de água.

apresenta menor custo e também pode ser usado para a estimativa diária de ETo. Trata-se de um tanque aberto, com dimensões específicas, que pode ser instalado e operado pelo próprio produtor.

O fator de disponibilidade de água no solo (f) para alho irrigado por aspersão e gotejamento varia de 0,15 a 0,25, para solos de textura fina, até 0,30 a 0,40, para textura grossa. Para irrigação por sulco, considerar entre 0,40 e 0,55.

O intervalo entre irrigações, que deve ser preferencialmente variável devido a variabilidade da ETo, também pode ser prefixado. Nesse caso, o turno de rega pode ser estabelecido, por exemplo, a partir da relação entre a lâmina de água no solo facilmente disponível para as plantas e a ETo histórica para cada estágio da cultura.

Uma limitação do método está na precisão da estimativa da ETo, dependente da equação e da fidelidade dos valores de Kc usados. Como o valor Kc é influenciado por diversos fatores, como cultivar, incidência de doenças e manejo da cultura, mesmo o uso de coeficientes determinados regionalmente pode não ser totalmente preciso. Além disso, erros na estimativa da capacidade de retenção de água do solo e da precipitação efetiva podem ocorrer em diferentes níveis. Para se evitar erros cumulativos e, inclusive possibilitar ajustes nos valores de Kc, é recomendado realizar avaliações periódicas da disponibilidade de água no solo. Quando tais cuidados são tomados, o método do balanço de água no solo é provavelmente um dos mais recomendados.

O grande avanço tecnológico e a redução de custos nas áreas de informática e eletrônica, estações agrometeorológicas automáticas e transmissão de dados via satélite, rádio ou celular, tem permitido uma expansão da utilização de dados climáticos para fins de manejo utilizando-se o método do balanço de água no solo. Nesse sentido, existem atualmente no mercado brasileiro empresas especializadas que oferecem serviços e programas de computador para a realização do manejo em tempo real, pelo método do balanço diário de água no solo. O problema é que, por questões econômicas, algumas dessas empresas somente têm interesse quando a área irrigada ultrapassa 100 hectares. Todavia, em algumas regiões, já se pode encontrar técnicos autônomos ou pequenas empresas que prestam serviços de “aconselhamento” de irrigação em áreas menores.

Maiores informações sobre o presente método, incluindo procedimento para determinação da precipitação efetiva, podem ser obtidas no capítulo “Manejo da água de irrigação” do livro “Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças”, publicado pela Embrapa Informação Tecnológica em 2011.

Particularidades do manejo da água de irrigação

Independente do método a ser usado para determinar quando e quanto irrigar, existe uma série de especialidades que devem ser observadas e consideradas para que a irrigação da cultura do alho seja realizada de forma adequada ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento das plantas.

Existem estratégias que devem ser levadas em consideração, por exemplo, no momento do plantio dos bulbilhos e no final do ciclo da cultura. Existem também estratégias de manejo de água que podem ser adotadas visando reduzir problemas de superbrotamento, em cultivares suscetíveis, minimizar problemas de salinidade do solo e da água de irrigação, principalmente em regiões semiáridas, ou para quando o cultivo é realizado em solo com cobertura morta.

Manejo de água por ocasião do plantio

O plantio do alho pode ser realizado com a umidade atual do solo, não sendo necessário irrigar antes. No caso de produtores que utilizam um sistema de rodas dentadas, acoplado ao encanteirador, para a marcação e abertura de pequenas covas no canteiro e posterior plantio manual de bulbilhos, é muitas vezes indicado a realização de uma irrigação leve antes do plantio, caso o solo esteja seco. A existência de umidade suficiente na camada superficial do solo facilita a abertura das covas e a manutenção das mesmas abertas até que o plantio seja realizado. Independentemente da umidade do solo, deve ser realizada uma irrigação logo após o plantio para que o solo entre em contato com os bulbilhos, eliminando bolsões de ar e o risco de desidratação de bulbilhos, e para que a brotação seja rápida e uniforme. Assim, os bulbilhos estarão menos sujeitos ao ataque de fungos, como *Penicillium* spp. e *Fusarium* spp., reduzindo falhas de estande.

A irrigação deve ser suficiente para elevar a umidade do solo até próximo à capacidade de campo na camada de solo até 30 cm. Dependendo da umidade inicial do solo, deve-se aplicar uma lâmina líquida de água de 15 mm a 25 mm para solos de textura grossa e de 25 mm a 60 mm para as demais texturas de solo.

Manejo de água para reduzir superbrotamento

O superbrotamento, também conhecido como pseudoperfilhamento, é uma anomalia genético-fisiológica caracterizada pelo desenvolvimento anormal das folhas de proteção dos bulbilhos, provocando abertura dos bulbos ("sorriso"). A anomalia influencia negativamente a cultura do alho,

pois reduz a produtividade, diminui a capacidade de conservação dos bulbos e deprecia a qualidade do produto final.

Vários fatores podem causar o superbrotamento em cultivares suscetíveis, como o excesso de água no solo, doses elevadas de nitrogênio, fotoperíodo, temperatura, vernalização dos bulbos, alho-semente miúdo e baixa densidade de plantio. O problema é mais comum em cultivares de alho nobre vernalizado.

Uma estratégia usada por alhicultores para diminuir a incidência de superbrotamento e aumentar a produtividade de bulbos comerciais, em cultivares suscetíveis, consiste em paralisar temporariamente as irrigações por ocasião ou ainda antes do início da diferenciação de bulbilhos, a fim de submeter às plantas a condições de déficit hídrico moderado. Existe, no entanto, muita carência de informações científicas sobre a amplitude do déficit hídrico que as plantas devem ser submetidas. Ademais, informações sobre a época da paralisação das irrigações e o número de dias que se deve ficar sem irrigar são dependentes das condições edafoclimáticas do local, da cultivar plantada e da época de plantio.

Quanto ao momento de se paralisar as irrigações, sugere-se que deva ocorrer entre a pré-diferenciação de bulbilhos e o início do estágio de crescimento de bulbos (35% a 45% do ciclo da cultura). Quanto à duração, as irrigações devem ser reestabelecidas entre 7 dias e 30 dias depois de paralisadas, sendo o maior valor para solos com maior capacidade de armazenamento de água e clima ameno (menor a temperatura e maior a umidade relativa do ar).

Cabe destacar que o déficit hídrico não se inicia imediatamente após as irrigações serem paralisadas, pois as plantas levam alguns dias para utilizar a água armazenada no solo. Quanto maior a capacidade de armazenamento de água pelo solo e menor a demanda evaporativa da atmosfera, maior será o número de dias em que a cultura deverá ficar sem ser irrigada. Assim, o máximo estresse de água ocorrerá apenas antes das irrigações serem restabelecidas, já mais por ocasião do final da diferenciação de bulbilhos.

O intervalo de dias que a cultura do alho deverá permanecer sem ser irrigada pode ser estimado na Tabela 2, conforme o tipo de solo e condições climáticas predominantes. Os intervalos de paralisação sugeridos devem ser usados com reserva, pois foram ajustados a partir de dados preliminares de pesquisa e da experiência em áreas de produção comercial de alho em diferentes regiões.

Para intervalos acima de 20 dias estimados na Tabela 2, as irrigações devem ser paralisadas logo no início da diferenciação de bulbilhos, ou até mesmo alguns dias antes, enquanto para intervalos menores que 10 dias, a paralisação deverá ocorrer mais próxima ao final do período de diferenciação. Para intervalos menores que 10 dias pode ser necessário realizar uma segunda paralisação após se irrigar, ou seja, após suspender as irrigações durante o número de dias indicado na Tabela 2, realizar uma irrigação e paralisar novamente pelo mesmo intervalo. Caso seja necessário realizar duas paralisações, realizar a primeira logo no início da diferenciação. A lâmina real de água necessária (LRN, mm) para a irrigação após a paralisação pode ser estimada por $LRN = 0,35 \times TR \times ETc$. A LRN, que deve ser suficiente para que o solo retorne à condição de capacidade de campo na camada correspondente à profundidade efetiva radicular, poderá ser determinada de forma mais precisa medindo-se sua umidade antes da irrigação.

Independente das sugestões apresentadas é primordial que pesquisas sejam realizadas com diferentes cultivares e em condições edafoclimáticas distintas visando determinar, de forma mais precisa, o momento de se iniciar, a intensidade e a duração do déficit hídrico que resulte em menor incidência de pseudoperfilhamento e maior produtividade. Diferentemente de outras regiões, redução satisfatória na taxa de superbrotamento em cultivares suscetíveis pode ser alcançada na região Nordeste apenas diminuindo a lâmina de água aplicada, sem a necessidade de se paralisar as irrigações por completo.

Manejo de água em solo com cobertura morta (mulch)

O uso de cobertura morta sobre o solo é prática ainda bastante usada na produção de alho em pequenas áreas, que tem ganhado novo

apelo principalmente para sistemas orgânicos de produção. Estima-se que a cobertura do solo com palha pode aumentar em até 30% a produtividade do alho, sobretudo em regiões mais quentes e em condições em que a irrigação não é realizada de forma adequada. Dentre as inúmeras vantagens dessa prática destacam-se a redução da temperatura do solo e a menor perda de água do solo por evaporação e, conseqüentemente, menor necessidade de irrigação.

A necessidade total de água em lavouras de alho conduzidas em solo coberto com palha é de 10% a 20% menor que em solo sem cobertura morta, podendo chegar a 25% quando a camada de palha é bem espessa. A economia de água, que reduz à medida que as plantas se desenvolvem, está relacionada ao fato da palha atuar como barreira contra a evaporação de água do solo. Assim, os valores de Kc , a serem usados para estimar a ETc , devem ser reduzidos para compensar a menor evaporação. A redução, que depende da quantidade de palha sobre o solo, deve ser maior no estágio inicial (25% a 30%) e menor durante o estágio de maturação (5% a 10%).

No caso específico da Tabela 1, sugere-se reduzir os valores de ETc em 25% a 30% durante o estágio inicial, 15% a 20% durante o estágio vegetativo, 10% a 15% durante o estágio de crescimento de bulbo e 5% a 10% durante o estágio de maturação.

A lâmina de água a ser aplicada a cada irrigação independe do uso de qualquer tipo de cobertura sobre o solo. O que altera no manejo é o intervalo entre irrigações. Como a quantidade de água que o solo pode armazenar permanece praticamente inalterada, com o uso ou não de cobertura sobre o solo, e ocorre uma redução na ETc , a frequência de irrigação em lavouras cultivadas em solo com cobertura morta será menor que em solo sem cobertura.

Manejo de água visando minimizar problemas de salinidade

A água de irrigação, principalmente em regiões áridas e semiáridas, pode conter quantidades excessivas de sais e causar a salinização gradativa do solo e prejudicar o desenvolvimento e a produtividade da cultura do alho.

Na região de Boninal e Novo Horizonte, Bahia, por exemplo, a salinização tem inviabilizado a cultura do alho nobre obrigando os produtores a migrarem para novas áreas. Nas áreas salinizadas tem sido cultivado apenas cultivares de alho comum, como Cateto Roxo e Amaranthe.

Ainda que algumas cultivares de alho apresente tolerância moderada à salinidade durante o período de brotação de bulbilhos e crescimento inicial, a grande maioria pode ser classificada como sensível e moderadamente sensível à salinidade, principalmente durante o estágio de crescimento de bulbos.

A salinização do solo dificulta a absorção de água pelas raízes, devido ao aumento do valor absoluto do potencial osmótico do solo e, conseqüentemente, do potencial total de água. Além disso, a cultura do alho é muito sensível aos íons cloreto e ao boro, que causam toxidez às plantas, enquanto o excesso de sódio reduz o tamanho de bulbos.

Para condições com risco de salinidade – condutividade elétrica da água (CEa) acima de 0,8 dS/m – deve-se aplicar uma fração de água em adição à demanda hídrica das plantas, visando manter o balanço adequado de sais na zona radicular da cultura. A fração mínima de água para a lixiviação dos sais, permitindo-se uma redução máxima de 10% na produtividade de alho, pode ser estimada por $LR = CEa / (18,5 - CEa)$, para irrigação por aspersão e por sulco, ou por $LR = 0,05 \times CEa$, para gotejamento, onde LR é a fração de lixiviação mínima requerida (decimal) e CEa a condutividade elétrica da água de irrigação (dS/m).

Além de se aplicar uma fração adicional de água para lixiviar os sais, existem outras estratégias para prevenir ou minimizar problemas de salinidade, tais como: adoção de práticas que aumentem a infiltração e reduzam a evaporação de água do solo; implantação de sistema de drenagem artificial para retirada de sais da área; uso de sistema por gotejamento ou por sulco, em detrimento da aspersão; redução do intervalo entre irrigações, visando manter o solo mais úmido por mais tempo; e utilização de cultivares mais tolerantes à salinidade.

Manejo de água ao final do ciclo da cultura

Para reduzir a entrada de água no pseudocaule (irrigação por aspersão) e antecipar a maturação de bulbos, melhorando suas condições de cura e conservação, uma última irrigação deve ser feita quando ou pouco antes dos bulbos alcançarem tamanho máximo.

Como regra geral, realizar a última irrigação de uma a três semanas antes da colheita, sendo o maior valor para solos com alta retenção de água e condições de clima ameno. Tal estratégia não trará prejuízos à produtividade se as regas forem paralisadas em época adequada, pois a quantidade de água disponível no solo será suficiente para suprir as necessidades hídricas das plantas já em processo de senescência. Para facilitar o arranque das plantas e reduzir danos aos bulbos, em solo pesado e seco, pode ser recomendável realizar uma irrigação entre 2 dias e 4 dias antes da colheita.

Referências

- IRRIGATION on western farms. Washington, DC: Soil Conservation Service, 1959. 53 p. (Agricultural Information Bulletin, 199).
- LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro: IBGE, v. 26, n. 1. 2013.
- MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 15p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57).
- MARQUELLI, W. A.; MELO, W. F.; LUCINI, M. A. Irrigação na cultura do alho. **Nosso Alho**, Brasília, n. 14, p. 48-58, 2012.
- MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, Á. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 157-232.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150 p.

MARQUELLI, W. A.; CALBO, A. G. **Manejo de irrigação em hortaliças com sistema Irrigas®**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 16 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 69).

Literatura adicional recomendada

AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 167-176. 2002.

AYARS, J. E. Water requirement of irrigated garlic. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 51, n. 5, p. 1683-1688, 2008.

COSTA, T. M. P.; SOUZA, R. J.; SILVA, A. M. Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L. cv. Juréia). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 239-246, 1993.

FABEIRO, C.; MARTIN, S.; OLALLA, F.; LOPEZ-UREA, R. Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. **Agricultural Water Manage**, Amsterdam, v. 59, p. 155-167. 2003.

LUCINI, M. A. **Manual prático de produção de alho**. 2.ed. Curitiba, SC: Bayer CropScience, 2004. 141 p.

MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento e produtividade de alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, 2006.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação subsuperficial: uma opção para hortaliças em solos de várzea. **Hortinforme**, Brasília, n. 5, p. 4-5, 1991.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A.; SILVA, H. R. Produção e qualidade de alho sob regimes de água no solo e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 191-194. 2002.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Desenvolvimento de plantas, produção e qualidade de bulbos de alho sob condições de deficiência de água no solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 3, p. 470-473. 2002.

ROMEIRO, R. S. Doenças causadas por bactérias em alho e cebola. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. **Controle de doenças de plantas**. v. 1. Viçosa: Editora UFV, 2000. p. 43-81.

TRANI, P. E. Cultura do alho (*Allium sativum*): diagnóstico e recomendações para seu cultivo no estado de São Paulo. **Nosso Alho**, Brasília, n. 2, p. 32-38. 2009.

**Circular
Técnica, 136**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na
Embrapa Hortaliças
Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
C. Postal 218, CEP 70.351.970 – Brasília-DF
Fone: (61) 3385.9000
Fax: (61) 3556.5744
E-mail: sac@embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

**Comitê de
Publicações**

Presidente: Warley Marcos Nascimento
Editor Técnico: Ricardo Borges Pereira
Supervisor Editorial: George James
Secretária: Gislaíne Costa Neves
Membros: Mariane Carvalho Vidal, Jadir Borges
Pinheiro, Fábio Akiyoshi Suinaga, Ítalo
Moraes Rocha Guedes, Carlos Eduardo
Pacheco Lima, Marcelo Mikio Hanashiro,
Caroline Pinheiro Reyes, Daniel Basílio
Zandonadi

Expediente

Normalização bibliográfica: Antonia Veras
Editoração eletrônica: André L. Garcia