Capítulo 2 - Solanáceas

José Usan Torres Brandão Filho
Rumy Goto
Renato de Souza Braga
Tiago Luan Hachmann

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

BRANDÃO FILHO, J.U.T., GOTO, R., BRAGA, R.S., and HACHMANN, T.L. Solanáceas. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. *Hortaliças-fruto* [online].

Maringá: EDUEM, 2018, pp. 37-70. ISBN: 978-65-86383-01-0.

<https://doi.org/10.7476/9786586383010.0004>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](#).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](#).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](#).

Solanáceas

José Usan Torres Brandão Filho, Romy Goto, Renato de Souza Braga e Tiago Luan Hachmann

1 Introdução

Com aproximadamente 150 gêneros e 3.000 espécies, a família Solanaceae está entre as mais diversificadas entre as angiospermas eudicotiledôneas, podendo ser encontradas em várias regiões do mundo, sendo a América do Sul considerada o maior centro de diversidade da família. No Brasil, há estudos que revelam a ocorrência de 28 a 32 gêneros e de 350 a 450 espécies.

Diversas espécies de hortaliças-fruto com importância econômica mundial fazem parte da família; dentre elas, destacam-se o tomate (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annum*) e a berinjela (*Solanum melongena*).

É importante destacar que, entre os principais fatores que podem dificultar ou comprometer o sucesso de cultivo das hortaliças-fruto dessa família, estão a necessidade de manejo correto, bem como o grande número de patógenos e de pragas que podem reduzir a produtividade e a qualidade pós-colheita desses frutos. Por isso, o conhecimento dos fatores fisiológicos, de suas interações, das influências climáticas e a identificação, a caracterização, o comportamento e o controle dos patógenos têm sido considerados de extrema importância para o progresso dessas culturas.

2 Tomate

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.), planta da família das solanáceas, tem como centro de origem a América do Sul, mais precisamente, a região andina (Peru, Bolívia e Chile) onde são encontradas numerosas espécies silvestres, em sua forma primitiva. A planta foi domesticada na América Central, mais especificamente na região do México.

Até a chegada dos conquistadores espanhóis, o tomate era conhecido somente na América. Após sua chegada e durante sua longa permanência, os espanhóis difundiram o fruto por outras partes conquistadas da América do Sul. Foi assim que foram realizados plantios nas ilhas caribenhas e nos territórios localizados ao sul do continente.

A planta foi introduzida na Europa pelos espanhóis, entre 1523 e 1554, porém, assim como outras plantas americanas, demorou muito tempo para incorporar-se à alimentação européia. Inicialmente era utilizado apenas como planta ornamental, devido à beleza de seus frutos amarelo intensos, vindo daí a denominação ‘Pomo d’oro’ (fruto dourado, em italiano).

Um dos motivos que dificultaram sua incorporação na alimentação foi a reputação de planta venenosa. Pietro Mattioli, um famoso médico e botânico italiano, disseminou a ideia de que a planta, por ser pertencente à mesma família da mandrágora, possuía efeitos alucinógenos e

venenosos. A influência do autor na época ajudou a propagar esta ideia errônea. Devido à sua suposta toxicidade, os botânicos lhe deram o nome de *Lycopersicum*, denominação que significa ‘pecado do lobo’.

Seu uso iniciou-se na Espanha e na Itália por volta do século XVII, quando começou a figurar nos tratados culinários, aparecendo, sobretudo, na culinária dos mosteiros, sem dúvida importado da América pelos frades. Na Espanha, no final do século XVII, o fruto começou a se incorporar à alimentação da população, provavelmente pela grande penúria alimentícia da época e pela expansão demográfica. Na Itália, o tomate teve mais êxito que na Espanha, entrando através de Nápoles, que era, na época, uma possessão espanhola. Na segunda metade do século XVI, já existiam relatos do uso do fruto para o preparo do famoso molho italiano.

A partir da Espanha e da Itália, o fruto se difundiu para outros países do mediterrâneo e, mais tarde, para o norte da Europa. O fruto retornou à América no século XIX, sendo introduzido no norte do continente pelos colonos que foram povoar os Estados Unidos. Durante o século XX, a progressão de seu cultivo foi tão expressiva que os Estados Unidos se converteram no segundo maior produtor mundial, superado apenas pela China.

Apesar de ser originário de regiões vizinhas, no Brasil o tomate foi introduzido pelos portugueses, embora somente com a chegada dos imigrantes, principalmente italianos e alemães, teve sua produção valorizada. Atualmente com uma área plantada em torno de 63 mil hectares por ano, gera mais de 300 mil empregos. Em 2017, obteve um faturamento de R\$14 bilhões, produzindo 4.0 milhões de toneladas anuais aproximadamente.

O Brasil vem se destacando ano a ano no cenário mundial, onde ocupa atualmente a 9.^a colocação como maior produtor, mas com produtividade de mais de 60 t/ha, muito acima da média mundial. Embora bem abaixo do consumo *per capita* de alguns países, como Itália e Turquia, o consumo do fruto no Brasil cresce a cada ano.

O tomate é plantado em praticamente todas as regiões do Brasil, mas destacam-se os estados de Goiás (com aproximadamente 30% da produção brasileira, principalmente tomate indústria), de São Paulo (25%) e de Minas Gerais (20%), onde se concentra a produção de tomate de mesa. Com custo de produção de R\$ 30.000,00 a R\$ 60.000,00 por hectare, o tomate é considerado uma cultura de alto risco, podendo, por várias razões, não alcançar a produtividade esperada. Isso justifica a necessidade de adequada assistência técnica, uma vez que é uma das (culturas hortícolas) hortaliças-fruto mais complexas.

2.1 Aspectos Botânicos

A planta de tomateiro é herbácea, com caule flexível e incapaz de suportar o próprio peso em posição vertical. Dois tipos de planta são atualmente cultivados. O tomate de crescimento determinado, conhecido como tomate de crescimento determinado ‘rasteiro’/indústria, e o tomate de crescimento indeterminado, conhecido como tomate de ‘mesa’.

No tomateiro de crescimento determinado, após a emissão de um determinado número de folhas e hastes, estabelecido por fatores genéticos, fisiológicos, climáticos e nutricionais, as hastes perdem a dominância apical e terminam em uma inflorescência.

Por serem de crescimento determinado, são conduzidos de forma rasteira, com os tratamentos culturais realizados mecanicamente. As plantas apresentam uma distribuição das inflorescências mais concentrada no tempo. Sendo assim, independentemente da posição na planta, os frutos apresentam tamanho e maturação muito semelhantes, o que permite que a colheita seja realizada em uma única operação, de forma mecanizada.

Nesse tipo de tomate, o surgimento das inflorescências ocorre com cerca de 50 dias após o transplante, dependendo das condições climáticas, genéticas e fisiológicas das plantas. A colheita é realizada em torno de 45 dias após o início do florescimento, completando o ciclo em torno de

90 a 110 dias. Normalmente os frutos possuem formato alongado a oblongo, de tamanho mediano, apresentam alta resistência ao transporte, coloração vermelha intensa e elevado teor de sólidos solúveis.

Atualmente, existem híbridos de crescimento determinado, para serem conduzidos à meia estaca, para o mercado de frutos *in natura*, o que tem reduzido o gasto com mão de obra (tratos culturais, de forma geral), fertilizantes e defensivos.

Figura 1- Aspecto geral do tomate rasteiro.

Fonte: Os autores.

As cultivares de hábito de crescimento indeterminado, largamente utilizadas para a produção de frutos ‘de mesa’, produzem folhas e inflorescências continuamente, durante toda sua vida. Como consequência, a produtividade é reflexo da forma como é conduzida a planta e de quantas pencas são produzidas.

As plantas apresentam hastes pouco lenhosas, muito flexíveis. Dessa forma, para melhorar a interceptação de radiação solar e facilitar os tratos culturais, as plantas devem ser tutoradas verticalmente. O caule ou ramo principal apresenta dominância apical, crescendo mais vigorosamente que os ramos laterais.

Fisiologicamente, as plantas são muito complexas, pois ocorrem simultaneamente o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo durante grande parte do período de desenvolvimento. No período imediatamente anterior à maturação dos frutos do primeiro e do segundo cachos, ocorre grande demanda de nutrientes e de carboidratos para o crescimento dos frutos, e a parte vegetativa paralisa o crescimento momentaneamente. Nessa fase, há maior exigência de água, nutrientes e condições adequadas de temperatura e luminosidade.

Figura 2 - Aspecto geral do tomate tutorado.

Fonte: Os autores.

As plantas emitem de seis a doze folhas antes do surgimento do primeiro racemo, sendo que, posteriormente, a emissão de um ramo floral ocorre a cada três folhas lançadas, constituindo as unidades de fonte e dreno. As folhas localizadas abaixo do primeiro ramo floral dirigem seus fotoassimilados para as raízes. As duas folhas localizadas na parte superior do cacho e a folha localizada logo abaixo do cacho dirigem seus fotoassimilados para o mesmo.

Figura 3 - Tomate indeterminado representando o número de folhas antes do primeiro racemo e a relação de três folhas/um racemo.

Fonte: Os autores.

O tomateiro apresenta folhas compostas, com seis a oito folíolos laterais e um folíolo terminal. Os folíolos são lobados, peciolados, com bordos dentados. Uma folha surge a cada 2-3 dias, dependendo das condições ambientais. As folhas apresentam-se distribuídas helicoidalmente no caule. Em cada axila foliar, existe uma gema que formará nova haste, semelhante à haste principal.

As flores do tomateiro são pequenas, amarelas, hermafroditas, autogâmicas, ocorrendo em inflorescência tipo racemo com número variado de flores, que são hermafroditas. A planta é geralmente autopolinizada, havendo baixa incidência de frutos originados de cruzamento (menos de 5%). A iniciação das flores ocorre cerca de 45 dias após o transplante, em condições de clima quente e alta luminosidade. Em condições de clima mais ameno, a iniciação floral ocorre entre 60-70 dias após a sementeira.

Os frutos são bagas carnosas, suculentas, com aspecto, tamanho e pesos variados, conforme o material genético (cultivar ou híbrido) e a posição do fruto na planta. Dependendo do material, os frutos podem ser bi, tri, tetra ou pluriloculares. A coloração dos frutos é geralmente vermelha quando maduro, mas as cultivares/híbridos do tipo 'salada' são rosadas. O peso dos frutos pode variar de 25 até mais de 400 gramas.

Após a fecundação, o desenvolvimento do ovário fecundado em um fruto maduro leva de 7 a 9 semanas, dependendo da posição do cacho na planta, da posição do fruto no cacho e das condições ambientais. Nas primeiras semanas, o crescimento é lento (de 2 a 3 semanas iniciais), ocorrendo principalmente a divisão celular. No período seguinte (de 3 a 5 semanas), ocorre o crescimento celular, que vai até o início da maturação. Com o início da maturação, diminui-se a importação de assimilados pelo fruto, ocorrendo pouco crescimento em peso, porém um aumento nas atividades metabólicas (de 1 a 2 semanas).

O tomateiro de crescimento indeterminado, conhecido como tomate saladinha ou de mesa, dependendo das características de formato, número de lóculos e tamanho do fruto, pode ser dividido em cinco grupos: santa cruz, caqui, saladinha, italiano e cereja.

2.2 Exigências ambientais

2.2.1 Luz

Por ser a fonte primária de energia para todo o cultivo, a luz é um dos mais importantes fatores ambientais para o crescimento das plantas. A disponibilidade de radiação solar para a cultura depende do seu índice de área foliar, da orientação do cultivo, da densidade de plantio, da idade, do arranjo das plantas, da época do ano e ainda da característica genética do material, das condições meteorológicas e de práticas de manejo da cultura.

A origem da luminosidade nos cultivos de tomate brasileiros é basicamente solar. A utilização de suplementação da radiação solar com luzes artificiais, como realizada em alguns cultivos no Continente Europeu e no Oriente Médio, é dificilmente realizada em escala comercial no Brasil, devido aos altos custos energéticos e à alta disponibilidade de radiação solar na maior parte do ano. Sendo assim, a tomada de decisões nos cultivos de tomate no Brasil deve ser realizada no sentido de otimizar a captação da radiação solar pela cultura.

O primeiro fator a ser observado a fim de melhorar a disponibilidade de luz para as plantas é escolher a melhor época de implantação da cultura. Considerando o nível trófico para a cultura do tomate de $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, que é a radiação solar necessária para a manutenção da cultura, é imprescindível que a radiação solar disponível esteja acima desse valor, para garantir acúmulo de matéria seca e crescimento da planta. A época de implantação deve ocorrer quando a radiação solar esteja acima do nível trófico. De maneira geral, observa-se que, na região sul do Brasil, nos meses de junho e julho, a radiação solar pode ficar situada abaixo do nível trófico em determinados

períodos, ocasionando uma paralisação temporária no crescimento. Dessa forma, é importante observar o tipo de polietileno a ser utilizado, se difusor de luz, comum etc.

Levando em consideração que o material de cobertura do ambiente protegido é um grande absorvedor de energia luminosa, devem-se realizar sua seleção e sua manutenção com muito critério. Devem ser utilizados materiais de cobertura com elevada transmissividade. A transmissividade dos materiais à base de polietileno situa-se em torno de 80%. Porém esse valor diminui com a idade do material, com a presença de impurezas e com a condensação do vapor d'água na superfície interna.

A cobertura plástica pode reduzir de 18% a 43% a luminosidade no interior da casa de vegetação. Dessa forma, ficam disponíveis para a planta de 57% a 82% da radiação que incide sobre a cobertura plástica. No verão, devido à alta intensidade luminosa, esse efeito muitas vezes é benéfico. O maior problema ocorre no inverno, quando a intensidade luminosa é menor e os dias são mais curtos. Nesse caso, ocorre maior gasto dos carboidratos para a respiração, levando à formação de órgãos florais defeituosos e abortamento de flores e frutos no estágio inicial de desenvolvimento. Além disso, sob condições de baixa luminosidade, não ocorre a adequada formação de pigmentos nos frutos.

A densidade de plantio também interfere diretamente na disponibilidade de radiação solar para as plantas. Em plantios mais adensados, ocorre maior autossombreamento das plantas, diminuindo a capacidade fotossintética das mesmas. Quando água e nutrientes são fornecidos adequadamente, a interceptação e a absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa tornam-se os fatores limitantes da produtividade.

Apesar da baixa incidência de radiação solar poder diminuir a produção da cultura, a radiação solar excessiva também pode ter efeitos prejudiciais. O excesso de luminosidade, conjuntamente com temperaturas elevadas, pode ocasionar prejuízos fisiológicos, como a fotorrespiração, a fotoinibição e a evapotranspiração acelerada. Além desses danos não visíveis, o excesso de radiação, aliado a temperaturas elevadas, pode ocasionar o amarelecimento dos frutos. Sendo assim, a utilização de telas de sombreamento é imprescindível em regiões de elevada luminosidade, principalmente nas horas de maior luminosidade do dia e quando a planta encontra-se na fase reprodutiva.

2.2.2 Temperatura

O tomateiro recebeu, com o passar do tempo, intenso melhoramento genético, sendo atualmente de cultivo cosmopolita, adaptando-se à diversidade de condições ambientais. Entretanto, condições de clima ameno e seco, com boa luminosidade, são ideais para o desenvolvimento da cultura.

O clima influencia em todas as fases de desenvolvimento da cultura (germinação, crescimento vegetativo, floração, desenvolvimento de frutos e maturação). Na germinação, a temperatura é o fator climático mais importante, quando situada entre 18°C e 24°C, favorece a germinação.

Durante o desenvolvimento vegetativo, a planta pode tolerar uma amplitude térmica de 10°C a 34°C, porém a temperatura média ideal no período de cultivo é de 21°C. Quando o cultivo é realizado sob cobertura plástica, a tolerância do cultivar a altas temperaturas é ainda mais importante, uma vez que, nesse tipo de ambiente a temperatura tende a ser mais elevada.

Temperaturas menores do que 10°C levam a um menor desenvolvimento da planta, com hastes mais grossas, mais quebradiças, menor número de folhas, entretanto maiores e de coloração verde intensa, tendendo para o azulado. No aspecto reprodutivo, ocorre maior abortamento de flores e de frutos pequenos, além de uma polinização deficiente.

Temperaturas mais elevadas levam à formação de plantas com hastes mais finas e de maior tamanho, maior emissão de folhas, porém com menor tamanho e de coloração verde-amareladas e maior abortamento floral. Portanto, além de observar as características de cada cultivar no momento de sua seleção para o local de cultivo, deve-se ter em mente a necessidade de estruturas projetadas para as exigências da cultura, com equipamentos para auxiliar no controle da temperatura.

No interior do ambiente protegido, a temperatura sempre é maior que no exterior. Em alguns momentos, como dias quentes e chuvosos, a temperatura interna pode superar em até 15 °C a temperatura externa, gerando vários distúrbios fisiológicos no tomateiro. Sob elevadas temperaturas, ocorre grande taxa de abortamento de flores e de frutos, maturação irregular e lóculo aberto.

Além da diferença entre as temperaturas internas e externas, há um gradiente de temperatura no interior do ambiente. Uma diferença próxima a 2°C pode ser encontrada entre as camadas localizadas a 2 m de altura e as camadas mais próximas do solo. Quanto mais próximo ao plástico da estufa, maiores são as temperaturas, o que justifica a maior incidência de frutos amarelados nos últimos cachos, conforme discutido anteriormente. Por isso, ultimamente os ambientes protegidos com plástico têm sido projetados com um pé direito (maior) mais alto, de maneira a proteger a planta dos ‘bolsões de calor’ localizados na parte superior do cultivo.

Todos esses fatores evidenciam a importância do planejamento de um sistema de ventilação no interior do ambiente, seja ele natural (através da instalação de janelas zenitas ou outro tipo de aberturas na estrutura e telas laterais que permitam uma boa movimentação da massa de ar) ou artificial (através de ventiladores e exaustores). Dessa forma, permite-se que a temperatura chegue próximo à temperatura externa, principalmente nas horas mais quentes do dia.

A diminuição da temperatura pode ser conseguida através de telas de sombreamento, aplicadas nas horas mais quentes do dia. Porém, considerando a importância da luminosidade, é interessante utilizar telas aluminizadas, que diminuem a temperatura no interior do ambiente, sem reduzir drasticamente a luminosidade.

A instalação de um sistema fogger também é de grande valia na redução da temperatura no interior do ambiente. Observa-se, de maneira geral, que o controle exato da temperatura é tarefa quase impossível, exceto quando ocorre um alto investimento energético. Dessa forma, o melhor manejo da temperatura é aquele obtido por meio do emprego de diversas técnicas, iniciando por aquelas que não envolvem o gasto de energia direta, através dos ventos (movimento passivo de energia) e, por último, aquelas que envolvem maior gasto energético (movimento ativo de energia).

Ainda com relação à temperatura, ressalta-se a importância da amplitude térmica, ou seja, o desenvolvimento é favorecido por uma diferença entre a temperatura diurna e a temperatura noturna (termoperiodicidade). Temperaturas diurnas em torno de 26 °C e temperaturas noturnas em torno de 17 °C a 20 °C, que permitem uma amplitude térmica de 6 °C a 10 °C, são ideais. Temperaturas noturnas mais baixas evitam a respiração excessiva dos tecidos, favorecendo que os carboidratos, ao invés de serem gastos na respiração, sejam direcionados à formação dos frutos. Além disso, com esse gradiente de temperatura, são reguladas as reações enzimáticas nos tecidos da planta.

Os efeitos da temperatura no índice de fixação de frutos serão discutidos no item ‘desordens fisiológicas’.

2.2.3 Umidade do solo

Por ser uma planta com alto potencial produtivo e o fruto ser composto por mais de 90% de água, percebe-se o alto grau de necessidade de água da planta. O sistema radicular é bastante agressivo, podendo chegar a profundidades de mais de 1,50 m quando semeados diretamente no solo. Atualmente, em quase a totalidade dos cultivos comerciais, a propagação é feita através do transplante de mudas e, nesse caso, o sistema radicular encontra-se nos primeiros 0,50 m de profundidade, estando a maioria das raízes nos primeiros 0,25 m de profundidade.

Figura 4 - Sistema radicular de tomate determinado.

Fonte: Os autores.

O déficit hídrico prolongado prejudica o crescimento da raiz e, como consequência, interfere no crescimento e no desenvolvimento da planta (provoca mau desenvolvimento da planta), tendo como resultado abortamento de flores e de frutos novos e surgimento de vários distúrbios fisiológicos nos frutos em formação. A ocorrência de déficit hídrico tem relação direta com a ocorrência da anomalia denominada ‘podridão apical do fruto’, assunto que será discutido posteriormente no item ‘desordens fisiológicas’.

Já o excesso de água pode provocar problemas tão ou mais sérios que a sua deficiência. Um solo encharcado, além de reduzir o desenvolvimento do sistema radicular devido à deficiência de oxigênio, propicia também ambiente favorável ao desenvolvimento de vários patógenos de solo. Além disso, quando o solo é irrigado em excesso, o sistema radicular tende a explorar uma pequena quantidade do solo, reduzindo a absorção de nutrientes.

A umidade do solo deve ser mantida o mais uniforme possível nos diferentes períodos do dia. Para isso, devem-se adicionar menores quantidades de água no solo em intervalos mais frequentes. A faixa ótima de disponibilidade hídrica para o tomateiro situa-se entre 0,2 e 0,8 bar, ou seja, o solo deve ser mantido entre 60% e 70% da capacidade de campo. A flutuação da umidade do solo, que ocorre quando as irrigações são pouco frequentes, pode ocasionar sérios problemas à cultura. Em mini tomates, frequentemente os frutos ‘estouram’ quando ocorre essa flutuação, uma vez que a casca do fruto é menos expansível que sua polpa. Nos demais frutos, ocorrem micro rachaduras na superfície, assunto que será discutido no item ‘desordens fisiológicas’.

2.2.4 Umidade relativa do ar

A umidade relativa ideal para a cultura do tomateiro deve estar situada entre 50% e 70%. Valores situados abaixo dessa faixa podem ocasionar diminuição no potencial hídrico foliar, levando ao fechamento estomático. Como a entrada de CO₂ para a câmara subestomática ocorre por difusão, com os estômatos fechados não ocorre entrada de CO₂ necessário para a fotossíntese, ocasionando prejuízos diretos à produção. A umidade relativa baixa também ocasiona desidratação dos tecidos, menor desenvolvimento vegetativo e queda de flores.

Porém não só a umidade relativa baixa tem efeitos adversos para a cultura. A umidade relativa elevada reduz a transpiração das plantas, podendo comprometer seu crescimento e desenvolvimento. Com menor transpiração, o fluxo no xilema é diminuído, reduzindo o transporte de nutrientes para a parte aérea, ocasionando, além de perdas no acúmulo de matéria seca, comprometimento da qualidade dos frutos e aumento na incidência de desordens fisiológicas. A polinização também é deficiente nesses casos, uma vez que o grão de pólen perde a viabilidade antes de ocorrer a fecundação.

Além do aspecto fisiológico, a umidade relativa tem importância direta no aspecto fitossanitário da cultura. Na parte aérea, a umidade relativa elevada ocasiona problemas fitossanitários de grande monta, levando ao aumento do custo de produção, à diminuição de qualidade, à redução da produtividade e até mesmo à inviabilidade da cultura. Diversas doenças são favorecidas por ambientes com elevada umidade relativa do ar e pelo molhamento da superfície foliar.

O problema da baixa umidade pode ser resolvido utilizando alguns manejos, por exemplo: a instalação de um sistema *fogger* é uma alternativa viável, uma vez que, além de aumentar a umidade relativa do ar, diminui a temperatura interna do ambiente. Além disso, não ocorre molhamento foliar, o que poderia comprometer o aspecto fitossanitário da cultura. Outra alternativa menos eficiente, mas que pode auxiliar no aumento da umidade relativa do ar, é realizar o molhamento dos corredores, evitando realizar o molhamento das folhas. Dessa forma, pode-se aumentar substancialmente a umidade relativa no interior do ambiente.

2.3 Fisiologia do desenvolvimento

Por se tratar de uma planta cujo valor comercial está no fruto, sabe-se a importância do que se convencionou chamar de relação fonte-dreno. Após o surgimento do fruto, este passa a ser o principal dreno, não admitindo falhas no processo de assimilação desses fotossintetatos. Por isso, autossombreamento excessivo, utilização de telas de sombreamento inadequadas, sujidades sobre o filme plástico do ambiente protegido ou mesmo a ocorrência de insetos desfolhadores podem comprometer seriamente a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, a produtividade final.

No tomateiro de crescimento indeterminado, conforme já mencionado, surgem de 6 a 12 folhas antes do aparecimento do primeiro racemo. Essas folhas são responsáveis por produzir fotoassimilados para o sistema radicular. Se um número pequeno de folhas é produzido antes da primeira inflorescência, a formação do sistema radicular pode ficar comprometida. Com um sistema radicular mal formado, toda a produção da planta fica comprometida, uma vez que a absorção de água e de nutrientes é dificultada.

Em casos de estresse ambiental, principalmente por temperatura elevada, mas também por estresse hídrico e nutricional, pode ocorrer a emissão do primeiro racemo precocemente, quando a planta apresenta ainda poucas folhas (de 4 a 6), o que é altamente prejudicial à cultura como um todo. Como os frutos são os principais drenos da planta, com o surgimento desse racemo de maneira antecipada, a planta passa a inverter seus fotoassimilados na formação dos frutos e não mais na formação das raízes. Sendo assim, em casos onde ocorra a emissão precoce

do racemo, o ideal é removê-lo, garantindo a possibilidade de formação de um sistema radicular vigoroso.

É importante ressaltar que, no tomateiro de crescimento indeterminado, as duas folhas localizadas imediatamente acima e a folha localizada imediatamente abaixo de cada cacho são as principais responsáveis pelo seu suprimento. No tomateiro de crescimento determinado, a unidade fonte corresponde à haste como um todo, ou seja, ao final de cada haste, existe uma inflorescência que é alimentada pelas folhas desta.

Figura 5 - Tomate indeterminado.

Fonte: Os autores.

Figura 6 - Tomate determinado.

Fonte: Os autores.

Durante o desenvolvimento vegetativo da planta, há uma forte competição entre o crescimento das folhas e o crescimento do meristema apical. Essa competição influencia diretamente na precocidade da colheita e na produtividade total. Uma alta disponibilidade de fotoassimilados promove o crescimento de ambos. Porém, quando as plantas sofrem uma limitação de fotoassimilados (sob altas temperaturas ou baixa luminosidade), o crescimento das folhas novas é favorecido às custas do desenvolvimento da região apical. Dessa forma, sob a ocorrência das referidas condições, o surgimento de inflorescências e, conseqüentemente, a colheita podem ser retardados.

Após o surgimento da inflorescência, uma série de fatores ambientais e o balanço hormonal vão influenciar no estabelecimento dos frutos. Embora a polinização seja facilitada pela estrutura da flor, o movimento dos racemos, seja pelo vento, por atividades culturais ou por meios artificiais, é necessário, principalmente no inverno. Nesse período do ano, os grãos de pólen tendem a ficar viscosos e muito agregados, possivelmente devido à alta umidade relativa do ar, à baixa intensidade luminosa e à temperatura.

A posição do racemo na planta e a sequência em que o fruto foi estabelecido no cacho são fatores críticos determinantes do tamanho final do fruto. Geralmente frutos que se desenvolvem na base do cacho são maiores que os que se desenvolvem na extremidade. Isso acontece uma vez que esses frutos se estabelecem primeiro e se tornam os drenos principais. Quando todos os frutos são estabelecidos ao mesmo tempo, tendem a apresentar quase o mesmo tamanho.

2.4 Desordens fisiológicas

2.4.1 Podridão apical do fruto

A podridão apical dos frutos aparece inicialmente como uma mancha acinzentada ou enegrecida na porção final do fruto. Conforme a mancha aumenta, o tecido vai secando e tornando-se mais rígido.

Há muito se sabe que a principal causa da podridão apical é a deficiência de cálcio ou o baixo teor de umidade no solo, ou excesso de adubação nitrogenada, fazendo que a planta cresça muito rapidamente. Porém pesquisas recentes demonstraram que a causa da anomalia é uma falta de coordenação entre o transporte de assimilados pelo floema e de cálcio pelo xilema durante o rápido crescimento da célula, além de uma falta de interação entre as taxas de crescimento do fruto e de aquisição do cálcio na porção distal do fruto.

Diversas são as razões para a baixa concentração de cálcio na porção distal do fruto. Independentemente das condições ambientais, a deposição de pectatos de cálcio e de fosfatos de cálcio é baixa na porção final do fruto. O número de feixes vasculares diminui da região proximal (onde o fruto está aderido ao pedúnculo) para a região distal do fruto. Quando a entrada de cálcio no fruto é reduzida por fatores externos, a exigência das membranas e das paredes celulares pelo elemento pode não ser suprida. O enfraquecimento das paredes celulares ou a perda da semipermeabilidade da membrana celular são as causas diretas do sintoma causado pela deficiência de cálcio.

A disponibilidade hídrica é muito importante, uma vez que o cálcio é transportado apenas por tecidos condutores de água (xilema). Quando a absorção de água é restringida, a absorção de cálcio é reduzida proporcionalmente. Além disso, a umidade do solo é importante, pois frutos e folhas competem por água. Baixa umidade do solo, especialmente quando acompanhada por temperatura e por luminosidade elevadas, aumenta a transpiração, fazendo que, proporcionalmente, mais cálcio seja enviado para as folhas do que para os frutos.

Temperaturas elevadas e altas luminosidades podem aumentar a incidência de frutos com podridão apical, uma vez que aumentam a taxa de crescimento dos frutos que, muitas vezes, não é acompanhada por aumento no suprimento de cálcio.

Sob condições salinas, a absorção de cálcio é dificultada, porque a absorção de água é restrita. O desenvolvimento do xilema dentro do fruto também é restringido pela salinidade, diminuindo a habilidade dos frutos em transportar cálcio para a porção distal. O fornecimento de nitrogênio na forma amoniacal ao invés da forma nítrica também aumenta a incidência de podridão apical dos frutos.

Controle

A concentração de cálcio na região do sistema radicular e a concentração de elementos que competem com o cálcio por sítios de absorção (magnésio e potássio) devem estar equilibradas. A água no solo deve estar disponível para a planta, evitando flutuações de umidade, bem como condições salinas, que restringem a absorção pela planta. A água deve ir para o fruto e não para as folhas. Para isso, deve ser diminuída a transpiração da planta, que é atingida ao diminuir a temperatura ambiental e a luminosidade excessiva, e aumentando a umidade relativa do ar. Além disso, é necessária a escolha adequada do material genético, visto que esse difere quanto à exigência de cálcio. Duas ou três aplicações foliares de cálcio utilizando nitrato de cálcio (4 g l^{-1}) auxiliam na prevenção da anomalia. Por fim, manter um crescimento constante e lento dos frutos é recomendável.

2.4.2 Abscisão floral

Sob condições de estresse, principalmente por temperaturas elevadas, os botões florais podem cair, antes mesmo da antese. Um indicador é o amarelecimento da área intumescida do pedúnculo floral, formando uma camada de abscisão que, posteriormente, levará à queda das flores. Mesmo após a fertilização, as flores podem falhar em desenvolver um fruto devido à competição com outros frutos ou a fatores estressantes. Uma vez que o fruto tenha iniciado seu desenvolvimento, geralmente ele continua seu crescimento, sem ser abortado.

As causas do abortamento de flores estão relacionadas a condições ambientais que dificultam o curso normal do grão de pólen, do óvulo ou do zigoto. As causas típicas para o baixo estabelecimento de frutos são temperaturas extremas, sejam elas altas ou baixas. Temperaturas diurnas acima de 32 °C e noturnas acima de 21 °C reduzem significativamente a fixação dos frutos. Dois dias sucessivos em que as plantas sejam expostas por aproximadamente três horas a uma temperatura de 40 °C podem aumentar significativamente o abortamento de flores. Além disso, baixa umidade relativa do ar (menos que 60%), baixos níveis de radiação solar e ventos fortes também são fatores importantes.

Essa falha está associada aos seguintes elementos: (i) reduzida quantidade e qualidade de pólen; (ii) degeneração do óvulo; (iii) má formação da flor; (iv) deficiência de carboidratos; (v) desbalanço nas substâncias reguladoras do crescimento.

Controle

O controle consiste basicamente em utilizar materiais genéticos resistentes às condições em que a cultura será conduzida. Isso envolve utilizar aqueles que tolerem temperaturas mais elevadas e que produzam carboidratos suficientes para a manutenção das flores e para a formação dos frutos nessas condições. Otimizar os fatores ambientais na fase de floração também é uma ação importante. Isso envolve um adequado manejo da temperatura, da umidade relativa do ar e da luminosidade.

A aplicação de alguns hormônios também pode ser realizada, porém sua eficiência muitas vezes fica aquém do desejado. Auxinas sintéticas são utilizadas para aumentar o estabelecimento de frutos e seu desenvolvimento em cultivos no sul da Espanha, onde as temperaturas são menores que 10 °C. Esse hormônio também pode ser usado quando as condições ambientais para o estabelecimento dos frutos não são favoráveis. Em condições de temperaturas extremas também podem ser utilizadas cultivares partenocárpicas. Esses produtos são eficientes quando as plantas estão em condições de estresse, portanto não se recomenda utilizar em plantas que estão em condições boas.

2.4.3 Falta de mucilagem na semente

A falta de mucilagem no entorno da semente pode deixar um espaço vazio entre o tecido placentário e a parede do lóculo. Externamente os frutos são angulares ao invés de redondos. As causas dessa desordem estão associadas à baixa luminosidade, sendo mais comum nos períodos de outono e inverno.

Controle

O manejo nutricional e ambiental é crucial para a redução da porcentagem de frutos sem mucilagem. Doses elevadas de nitrogênio podem elevar a incidência da desordem, enquanto doses elevadas de potássio a diminuem. A aplicação de citocinina nas inflorescências parece diminuir a incidência da anomalia.

2.4.4 Rachadura dos frutos

As rachaduras podem variar de tamanho e de profundidade. Em alguns frutos, as rachaduras podem ser pequenas, quase invisíveis ao olho nu, conferindo ao fruto um aspecto áspero. Resumidamente, a rachadura ocorre devido a um alto influxo de solutos e água para o fruto ao mesmo tempo em que a maturação ou outros fatores reduzem a força e a elasticidade da epiderme do fruto.

Em frutos maduros, o aumento na temperatura do fruto aumenta a pressão hidrostática da polpa na epiderme do fruto, resultando em rachaduras visíveis imediatamente. Em frutos verdes, essas rachaduras surgem e posteriormente crescem, tornando-se mais visíveis. Condições de luminosidade excessiva, especialmente em frutos não sombreados, são associadas à ocorrência da rachadura dos frutos. Elevadas intensidades luminosas aumentam a temperatura, o teor de sólidos solúveis e a taxa de crescimento dos frutos, fatores que são associados com o aumento da incidência de rachaduras em sua superfície.

Controle

Práticas culturais que promovam um crescimento uniforme e relativamente lento do fruto, além de umidade do solo equilibrada, previnem a ocorrência da rachadura dos frutos. A umidade do solo deve ser mantida na mesma quantidade ao longo do dia, sem flutuações, o que é conseguido com irrigações frequentes e em menor volume.

Em ambiente protegido, é mais fácil o controle da umidade do solo do que em cultivo a céu aberto, onde não é possível evitar a flutuação da umidade do solo. A ocorrência de elevados índices de pluviosidade após períodos elevados de seca pode promover o aumento na incidência de rachaduras. Uma das poucas práticas que podem ser utilizadas para prevenir a anomalia nesses casos é a manutenção da cobertura vegetal, visando proteger os frutos da incidência direta da radiação solar. A melhor prevenção para a anomalia é utilizar cultivares resistentes, além de colher os frutos no início da mudança de coloração.

Em ambiente protegido, além de evitar a flutuação no teor de umidade do solo, é importante também evitar a flutuação na condutividade elétrica.

2.5 Condução da cultura

2.5.1 Produção de mudas

A produção de mudas é uma das etapas mais importantes dos cultivos de hortaliças. É importante que as mudas tenham bom aspecto fitossanitário, sem a presença de pragas e de doenças, para evitar sua introdução no ambiente de cultivo.

Fisiologicamente, as mudas devem ter um bom equilíbrio entre raiz e parte aérea. Mudas com uma parte aérea exuberante, mas sem um sistema radicular que a suporte (pequena razão raiz:parte aérea) tendem a desidratar mais rápido quando transplantadas, fazendo que o estabelecimento inicial seja mais difícil.

Além desse aspecto, as mudas não devem apresentar sinais de estresse intenso. Um aspecto importante das mudas é que o sistema radicular não deve estar amarelado/amarronzado. As raízes devem estar esbranquiçadas e com aspecto saudável. As plântulas, ao passarem por algum tipo de estresse severo, seja ele por elevada temperatura, salinidade ou outros, tendem a apresentar seu sistema radicular mais lignificado, com aspecto amarelado. Além desses fatores estressantes, deixar a muda 'passar do ponto', ou seja, deixá-la permanecer na bandeja após ocupar todo o volume da célula, leva o sistema radicular a apresentar o mesmo aspecto. O sistema radicular, quando

apresenta essas características, tende a ter um crescimento mais lento e deficitário, retardando o estabelecimento das plântulas no campo.

Atualmente, muitos produtores têm optado por adquirir as mudas de viveiristas especializados. A grande dificuldade é que muitos viveiristas não comprometidos com a produção do produtor ou muitos produtores que visam à economia nessa fase da implantação utilizam mudas produzidas em bandejas de 200 e 288 células. Essas mudas tendem a apresentar um sistema radicular muito frágil, que demora para estabelecer-se no ambiente de cultivo. Dada a importância do sistema radicular em todo o ciclo da planta, por sua função de absorver água e nutrientes, é de se esperar que, com um sistema radicular menos desenvolvido, a disponibilidade desses fatores de crescimento para a planta seja limitada, retardando seu desenvolvimento. Portanto recomenda-se a produção de mudas de tomate em bandejas de poliestireno expandido, ou plástico de 128 células.

2.5.2 Enxertia

Nas últimas décadas, devido ao cultivo intensivo realizado na produção de hortaliças, têm aumentado os problemas com patógenos de solo. Considerando que o desenvolvimento de materiais genéticos resistentes é um processo lento e caro, a melhor alternativa é a produção em cultivo sem solo (vasos, slabs, canais etc.) ou a utilização de plantas enxertadas. A adoção de cada uma das técnicas depende das características e do capital de cada produtor.

A enxertia geralmente é a alternativa escolhida, uma vez que não necessita de modificações no sistema de cultivo para sua implantação. A enxertia funciona como uma alternativa de controle a curto prazo e, algumas vezes, com menores custos. Além de permitir a produção em solos infestados, a enxertia permite uma produção adequada em condições de temperaturas de solo inadequadas. Há ainda outras indicações da enxertia, que devem ser avaliadas caso a caso.

A enxertia pode ser realizada por diversas formas, mas a principal utilizada no tomateiro é a enxertia por garfagem.

2.5.3 Densidade de plantio

Um componente importante, de grande influência na distribuição da radiação solar no dossel da cultura, é a densidade de plantio. O aumento na densidade de plantio é uma técnica muito utilizada no cultivo do tomateiro em ambiente protegido, tendo em vista que esse tipo de cultivo deve aproveitar ao máximo a área disponível, devido aos altos custos de instalação das estruturas e ao alto nível tecnológico utilizado.

O número de plantas na área de cultivo determina a densidade de plantio. Essa densidade influencia diretamente nos tratos culturais realizados na cultura. Quando ocorre um aumento na densidade de plantas por unidade de área, a competição por fatores essenciais de crescimento, como nutrientes, luz e água também aumenta. A competição exercida não tem efeito apenas na produtividade, mas também na qualidade dos frutos.

Com o aumento na densidade de plantio, ocorre a redução da área foliar por planta e o aumento do autossombreamento. Como o total de assimilados de uma planta é diretamente proporcional à fotossíntese, a qual é uma função da radiação solar incidente, da disponibilidade hídrica, da concentração de CO₂ e da área foliar, é de se esperar que a massa fresca média de frutos diminua com o aumento da densidade de plantas, uma vez que ocorre maior competição por esses fatores.

Altas densidades produzem grande número de frutos por área, mas com tamanho, massa e teor de sólidos solúveis menores. Esse fato tem sido atribuído principalmente às pressões de competição intra e entre plantas. Quando a cultura é instalada sobre baixas densidades, ocorre o inverso, ou seja, ocorre uma produção total menor com maior número de frutos por planta, e com tamanho e massa mais elevada.

A densidade de plantio a ser adotada deve levar em consideração o mercado consumidor para o qual a produção será destinada. Plantios mais adensados devem ser realizados quando o principal retorno econômico ao produtor ocorre em função da quantidade de frutos. Porém em mercados diferenciados, onde ocorre a valorização da qualidade dos frutos, os plantios devem ser realizados em condições de maior espaçamento, visando garantir o atendimento à exigência das características qualitativas desses frutos (acidez, sólidos solúveis, vitamina C, licopeno etc.).

O espaçamento entre plantas adotado varia, podendo ser de 0,25 m – 0,35 m entre plantas (para cultivares menos vigorosas) a 0,45 m – 0,55 m (para cultivares muito vigorosas). Quando são conduzidas duas ou mais hastes por planta, o espaçamento deve ser aumentado, de forma a diminuir o autossombreamento.

Nos últimos anos, uma técnica de cultivo denominada de ‘tomate meia estaca’ tem sido utilizada por alguns produtores. Nesse tipo de cultivo, o espaçamento utilizado entre plantas é de 0,20 m a 0,30 m e as plantas são conduzidas até a quarta ou quinta penca. A principal vantagem desse tipo de cultivo é a precocidade de colheita e a economia de defensivos, pois que quando se inicia a fase de maior incidência de doenças no cultivo, a cultura se aproxima da época de colheita.

2.5.4 Número de hastes

Tradicionalmente a planta de tomate é conduzida com uma haste por planta, eliminando todas as brotações laterais à medida que surgem. Essas hastes são conduzidas até 2 m de altura, podendo ser rebaixadas posteriormente, fazendo que a planta possa possuir hastes de mais de 6 m de comprimento. Em cultivos com haste única, o plantio pode ser mais adensado, visando aproveitar mais a área.

Muitos produtores têm optado por conduzir a planta de tomate com duas hastes. A principal vantagem dessa técnica, conforme mencionado, é a economia de sementes; porém é importante considerar que há algumas desvantagens no método. A principal delas é que o manejo de irrigação e de adubação deve ser realizado com muito critério, uma vez que a planta demandará mais água e nutrientes do que a planta conduzida em haste única. Além disso, caso ocorra algum patógeno de solo, esse ocasionará a perda de uma quantidade mais expressiva da produção.

Usualmente, quando conduzidas duas hastes por planta, são mantidas a haste principal e a primeira haste abaixo do primeiro cacho, por apresentarem-se mais vigorosas. Na planta de tomateiro, a haste principal possui maior vigor em relação às demais, devido à dominância apical, regida por uma relação hormonal. As hastes localizadas imediatamente abaixo dos cachos possuem maior vigor do que as demais hastes secundárias, devido a uma estratégia da planta de tomateiro para maximizar a translocação de fotoassimilados para o crescimento dos frutos.

Quando conduzidas duas hastes por planta, estas também podem ser levadas a até 2 m de altura. É importante salientar que, à medida que se aumenta a quantidade de hastes por planta, também deve ser aumentado o espaçamento entre plantas.

2.5.5 Tutoramento

A planta de tomate possui hábito de crescimento prostrado, sendo essencial seu tutoramento para garantir maiores produtividades. Um dos sistemas de condução mais adotados no cultivo protegido é o sistema de tutoramento vertical. No método de tutoramento vertical, há melhor distribuição da radiação solar e ventilação ao longo do dossel das plantas, reduzindo o período de molhamento foliar e a severidade das doenças; além disso, a aplicação de defensivos é mais viável, já que o produto é aplicado de forma eficiente nos dois lados das plantas.

O tutoramento vertical com fitilhos plásticos é atualmente o método mais indicado para o tomateiro. Esse tipo de tutoramento substituiu o tutoramento com estacas de bambu, é mais barato,

rápido e evita a proliferação de doenças. A estrutura consiste de um fio de arame colocado ao longo do canteiro, a uma altura de aproximadamente 2 m. O fio de arame é suportado nas extremidades por postes de madeira ou concreto.

Ao longo da linha de cultivo, podem ser colocadas estacas de bambu ou madeira para auxiliar na sustentação das linhas. O fitilho plástico é amarrado na base da planta ou em outro fio de arame esticado à altura do solo. Conforme a planta vai crescendo, ela é enrolada no fitilho vertical, até atingir a altura de desponte.

Uma forma de tutoramento que tem sido utilizada, principalmente no cultivo de tomate ‘meia estaca’, é o tutoramento com fios paralelos. Fios de arame ou fitilhos plásticos são colocados horizontalmente, no sentido da linha, distantes 0,30 m um do outro, até a altura desejada do cultivo (1,50 m a 1,60 m de altura).

2.5.6 Desbrota, capação e raleio de frutos

A planta de tomate emite uma brotação em cada axila foliar. Essa brotação deve ser removida logo no início de seu desenvolvimento para que a cicatrização ocorra rapidamente. Caso a brotação seja removida de maneira tardia, pode ser facilitada a entrada de patógenos no ferimento. A remoção, quando executada no início, pode ser realizada manualmente, sem a necessidade de tesouras ou de outras ferramentas. Dessa forma, também se evita a transmissão cruzada de doenças. Quando houver a necessidade da utilização de ferramentas, essas devem ser desinfetadas frequentemente, para evitar a proliferação de doenças, utilizando para isso uma solução de hipoclorito.

A remoção do meristema apical, denominada de ‘capação’, é realizada entre a 9.^a e a 11.^a pencas. O que determina o ponto de remoção do meristema apical é o estado fitossanitário e nutricional das plantas. Plantas bem nutridas e sadias podem ser conduzidas com até 13 pencas ou mais. A remoção do meristema deve ser realizada com ferramenta afiada, para diminuir os danos aos tecidos.

Para alguns materiais genéticos e em algumas condições onde é necessária produção de frutos maiores, pode ser realizado o raleio dos frutos nos racemos. Com o raleio, diminui-se o número de drenos, permitindo que cada unidade de fruto cresça mais.

2.5.7 Remoção das folhas baixas

Juntamente com o tutoramento vertical, a remoção das folhas localizadas na parte basal da planta é uma prática recomendada. Com o desenvolvimento da planta, em certo momento as folhas baixas passam a não mais receber radiação, deixando de ser uma fonte e passando a ser um dreno.

Essas folhas tendem a ser importantes na formação dos primeiros cachos, sendo que sua remoção precoce pode afetar a produtividade final da planta. A remoção deve ser iniciada após a colheita do primeiro cacho. Após a retirada deste, as folhas perdem sua função como fonte de fotoassimilados para a planta.

Esse manejo tem o objetivo de aumentar o arejamento entre as plantas, melhorar o aproveitamento da luz solar e diminuir a incidência e a transmissão de doenças e de pragas. Em contato com o solo, essas folhas tendem a ser porta de entrada para patógenos, além de formarem um ambiente favorável ao seu desenvolvimento.

A remoção das folhas basais precocemente pode ocasionar uma diminuição no suprimento de fotoassimilados para o sistema radicular, limitando seu crescimento. Essa limitação pode ter aspectos na produção, uma vez que um sistema radicular bem desenvolvido permite maior absorção de água e de nutrientes, que são primordiais para produções elevadas.

3 Pimentão

O pimentão tem seu centro de origem nas Américas. Foi na região tropical e subtropical do continente americano, desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile, que a espécie encontrou um nicho ecológico muito favorável para seu desenvolvimento e domesticação. Há indícios também de que o centro de origem esteja restrito à região central do México, e secundariamente na região da Guatemala, não se descartando a possibilidade de ter sido levado para a América do Sul na época pré-colombiana.

Séculos antes da colonização pelos espanhóis, o pimentão e a pimenta já eram consumidos pelos indígenas. Estudos arqueológicos revelaram a utilização dos frutos, juntamente com o tomate, desde o período neolítico. Há evidências da utilização de uma espécie de almofariz e pistilo, denominada em espanhol de *molcajete*, para triturar os frutos, utilizando-os para o preparo de molhos. Por fim, o pimentão acabou se convertendo na única espécie importante que os exploradores espanhóis levaram do Novo Mundo.

Apesar de ter seu centro de origem nas Américas, foi nos cultivos na região do mediterrâneo que a cultura ganhou destaque. Em 1493, a cultura foi introduzida na Espanha, expandindo-se para outros países da Europa, da Ásia e da África. Apesar da introdução ter ocorrido no século XV, na Espanha sua ascensão iniciou entre os séculos XVII e XVIII, chamando a atenção dos estrangeiros que passavam pelo país. Na Itália, mesmo sem ter o êxito que teve o tomate, o fruto passou a ser apreciado, principalmente pela sua utilização na preparação da *peperonata*. Apesar da boa aceitação mundial, é curioso saber que, em alguns países, como Alemanha, sua utilização só se popularizou em meados do século XX. No Brasil, sua introdução ocorreu em 1920, na região de Mogi das Cruzes, expandindo-se posteriormente para todo o território nacional.

Devido à sua versatilidade de uso, a cultura apresenta uma expansão anual. Atualmente, os maiores produtores mundiais são Índia, China, México, Turquia, Estados Unidos, Nigéria, Indonésia, Egito, Coreia e Itália.

3.1 Exigências ambientais e fisiologia

3.1.1 Temperatura

O pimentão é uma cultura muito exigente em temperatura, requerendo, para um desenvolvimento ótimo, temperaturas entre 18°C e 23°C. Para um crescimento ótimo durante o período vegetativo, temperaturas próximas a 23°C são mais adequadas. Para o período de desenvolvimento dos frutos, temperaturas mais próximas a 21°C são mais indicadas. Sob temperaturas inferiores a 18°C o crescimento da cultura diminui e pode inclusive paralisar.

Sob temperaturas elevadas durante o período vegetativo, a planta pode vegetar em excesso, diminuindo a produção. Além disso, no período reprodutivo, temperaturas elevadas podem ocasionar abortamento de flores e de frutos pequenos. É muito comum a ocorrência de temperaturas próximas a 50°C durante algumas horas do dia na maioria dos ambientes protegidos. Dessa forma, a ventilação eficiente da massa de ar presente no ambiente é muito importante, evidenciando a importância de estruturas que permitam a entrada e a saída de ar no ambiente. A planta é capaz de tolerar altas temperaturas, contanto que a umidade do ambiente também o seja, porém há perda na produção, aumento na proporção de frutos pequenos, coloração deficiente e aparição de podridão apical. Outro fator importante é a amplitude térmica entre o dia e a noite, que deve ser mantida entre 7°C e 9°C.

Atualmente, uma prática comum, mas controversa entre os produtores, é a remoção das primeiras flores formadas, permitindo que a planta cresça adequadamente, uma vez que são retirados possíveis drenos de fotoassimilados. Nesse caso, a condução da cultura sob temperaturas

mais elevadas durante o período vegetativo é favorável, aumentando o crescimento da planta e diminuindo a necessidade de mão de obra para a remoção das flores.

3.1.2 Luz

A planta de pimentão não é muito exigente em luminosidade durante todo seu ciclo, mas esta não pode ser muito baixa, principalmente durante o período de floração. Quando a radiação solar é muito baixa, como consequência de um sombreamento excessivo do cultivo ou da ocorrência de dias consecutivos de tempo nublado, há um significativo aumento na taxa de abortamento de flores, piorando ainda mais com a ocorrência simultânea de temperaturas elevadas.

Em condições de muito baixa luminosidade, ocorre o estiolamento da planta, aumentando a distância entre os entrenós e produzindo ramos finos, que muitas vezes são fracos para suportar a produção. Além disso, o número de flores diminui, além de produzir flores debilitadas, afetando a quantidade e a qualidade da colheita. Caso os frutos não recebam a quantidade de radiação apropriada durante seu desenvolvimento, tendem a não ter a coloração adequada quando maduros, diminuindo seu valor comercial.

Por outro lado, radiações excessivas também podem causar grandes prejuízos à produção. Sob condições de luminosidade excessiva, a produção total pode ser reduzida em 19% se comparada a plantas adequadamente sombreadas desde o transplante, e a produção comercial pode ser reduzida em 50%. A interceptação da radiação direta excessiva com telas de sombreamento e plásticos difusores reduz a incidência de escaldadura nos frutos e aumenta o seu tamanho, como um resultado do aumento do número de sementes por fruto. Além disso, é importante a manutenção das folhas na planta, através de um adequado manejo fitossanitário, uma vez que pragas e doenças podem reduzir a presença de folhas, as quais têm a função de sombrear o fruto.

3.1.3 Umidade relativa do ar

Para adequado desenvolvimento da planta, não são necessárias umidades muito elevadas, sendo ideal manter o ambiente com umidade entre 60% e 70%. Valores elevados de umidade (superiores a 80%), associados a uma vegetação exuberante, favorecem a ocorrência de doenças dentro do ambiente protegido. Uma grande variedade de bactérias e de fungos necessita de umidade elevada ou de água livre na folha para se estabelecerem e/ou se desenvolverem; assim o adequado manejo da umidade é um importante aliado na redução da necessidade de aplicação de agroquímicos.

Umidades baixas, por outro lado, causam a formação de frutos deformados e pequenos, e quando associadas a temperaturas elevadas, provocam a queda de flores e de frutos pequenos. Sob condições de baixa umidade, ocorre a desidratação do grão de pólen, tornando-o inviável e fazendo que a flor não forme um novo fruto. Também ocorre o ressecamento do estigma não permitindo a perfeita conexão grão de pólen/estigma, o que prejudica a formação do tubo polínico. Ainda com relação ao grão de pólen, umidades elevadas levam o grão de pólen a absorver umidade do ambiente e se romper, impedindo também a fecundação. Portanto, na época de floração e de frutificação, em especial, é importante um adequado manejo desse fator.

3.1.4 Água

A cultura do pimentão é sensível tanto ao déficit quanto ao excesso hídrico. A cultura é especialmente exigente em aeração, uma vez que é muito sensível à asfixia radicular. Portanto deve-se evitar o encharcamento e procurar controlar ao máximo o fornecimento de água, mantendo a umidade do solo uniforme durante todo o ciclo.

Um estresse hídrico leve, no início do desenvolvimento, imposto logo após o transplante, tem a vantagem de promover maior desenvolvimento radicular, em detrimento do desenvolvimento da parte aérea. Dessa forma, é prática recomendada após o transplante irrigar as mudas uma ou duas vezes, para garantir a fixação das raízes. Uma vez verificada a mesma, a irrigação é suspensa, até serem visualizados sintomas de déficit hídrico, quando então se retoma a irrigação, conforme a demanda da cultura.

É importante salientar que a imposição do déficit hídrico deve ser feita apenas no período inicial de desenvolvimento. Durante o estágio de desenvolvimento da planta, apesar de a cultura ser moderadamente resistente ao déficit hídrico, pequenos estresses podem reduzir o desenvolvimento das folhas, reduzindo a área foliar, com reflexos diretos na produtividade, posteriormente. Em condições de campo, inadequado fornecimento de água à cultura afeta negativamente o crescimento e a produtividade do pimentão.

O período mais crítico com relação à demanda hídrica é durante a floração e o desenvolvimento dos frutos. A imposição de um estresse, mesmo que curto, nesse período resulta em um período vegetativo da planta mais longo, com o consequente atraso na colheita. A abscisão de flores e de frutos decorrente de um estresse hídrico é acentuada quando o estresse é associado a altas temperaturas.

Oscilações hídricas, mesmo que não ocorra déficit hídrico, podem resultar em rompimento da parede externa do fruto, causando pequenas rachaduras. Dessa forma, deve-se manter a umidade do solo o mais uniforme possível, através de irrigações frequentes e em pequenas quantidades.

3.2 Aspectos fisiológicos da cultura

3.2.1 Germinação de sementes

A germinação das sementes é lenta à temperatura ambiente, sendo retardada por temperaturas baixas. A uma temperatura de 25°C as sementes requerem 3,5 dias para a emergência da radícula; enquanto sob uma temperatura de 15°C a germinação pode demorar até 9 dias.

É comum o processo de germinação ser precedido por um período de dormência. A dormência pode ser superada armazenando as sementes por duas a três semanas a uma temperatura de 24°C. A velocidade de germinação também pode ser aumentada ao retardar a retirada das sementes dos frutos em 10 dias, após o fruto apresentar-se completamente maduro.

3.2.2 Crescimento vegetativo

Além da velocidade de germinação de sementes ser lenta, a velocidade de crescimento das plântulas é menor do que em outras espécies hortícolas. Estima-se, por exemplo, que o crescimento do pimentão seja 25% mais lento que o crescimento do tomate. Esse reduzido crescimento não é devido à baixa assimilação de CO₂, mas sim à baixa produção de área foliar. Plântulas de pimentão têm folhas mais espessas que o tomate, indicando maior tempo para atingir a mesma quantidade de área foliar. Em condições tropicais, a utilização de telas de sombreamento (de 25% a 50%) durante o período de desenvolvimento das mudas é recomendado, por aumentar a produção de área foliar, uma vez que, sob condições de sombreamento, as folhas tendem a ser mais finas. Dessa forma, permite-se aumentar a produtividade da cultura.

Além da radiação solar, o crescimento é fortemente influenciado pela temperatura do ambiente, que afeta tanto a taxa de produção de matéria seca, quanto o particionamento da matéria seca para as folhas. A massa seca total da planta e a área foliar são ótimas a uma temperatura de 20°C a 22°C. Temperaturas diurnas menores que as temperaturas noturnas também são cruciais para o crescimento vegetativo. Baixas temperaturas durante o período de crescimento comprometem

a produtividade por aumentar a espessura das folhas e reduzir a taxa de área foliar com relação à massa total da planta.

O crescimento das raízes é muito influenciado pelo meio de cultivo e pela técnica de propagação. Quando realizada semeadura direta, dependendo das condições do solo, o sistema radicular pode atingir até três metros de profundidade. Porém, quando a propagação é feita por meio de mudas, aproximadamente 80% do sistema radicular encontram-se nos primeiros 75 cm de profundidade.

3.2.3 Floração

A produção de flores de pimentão é pouco influenciada pelo comprimento do dia. O número de nós formados antes da iniciação floral parece ser pouco influenciado pelo fotoperíodo. Na maioria das condições de cultivo, as cultivares produzem uma flor terminal após formar oito a dez folhas no caule principal. Normalmente, dois ramos surgem nesse ponto, dando origem aos ramos produtivos. Esses ramos vão terminar novamente em uma flor, ramificando-se mais uma vez.

O número de nós até a ocorrência da primeira flor é alterado principalmente pelas temperaturas noturnas. Quando a planta é submetida a temperaturas noturnas de 10°C, acontece um aumento de uma a duas folhas no caule principal. Apesar da influência da temperatura, não ocorre influência do status nutricional. Mesmo sob severo estresse nutricional, o número de nós não é alterado, embora se dê um retardo na emissão das flores.

3.2.4 Estabelecimento dos frutos

As flores de pimentão são consideradas autopolinizadoras, embora, ao contrário do tomate, as anteras e o estigma não se toquem. No campo, a presença de insetos polinizadores auxilia na transferência do pólen, aumentando o número de frutos estabelecidos. O movimento das plantas pelo vento também auxilia na transferência do pólen para o estigma. Em ambiente protegido, devido à ausência de ventos, a liberação de abelhas, em ambientes que não usam o plástico difusor, pode aumentar o estabelecimento de frutos, o número de sementes e aumentar o tamanho dos frutos produzidos.

Uma característica dos frutos de pimentão é a possibilidade dos mesmos serem estabelecidos partenocarpicamente, principalmente sob temperaturas baixas (temperaturas noturnas de 12°C a 15°C). A não formação de sementes se deve, em parte, à formação de pólen não viável, ou por ocorrência de ambiente desfavorável à fecundação do grão de pólen, como em casos de umidade relativa muito baixa. Apesar disso, o mecanismo pelo qual os frutos se desenvolvem na planta ainda não é conhecido.

3.2.5 Crescimento do fruto e maturação

O crescimento do fruto tem início com a formação do ovário, nos primeiros estádios de diferenciação da flor. É no período anterior à antese que a estrutura básica do ovário é formada, inclusive o número de carpelos a ser encontrado no fruto. A formação dos frutos de pimentão difere do tomate, por exemplo, no sentido de que o formato inicial do ovário indica pouco o formato final do fruto. De um ovário globular, pode surgir um fruto quadrado, ou um alongado.

A temperatura em que a planta está crescendo durante a pré-antese pode influenciar o formato do fruto. Plântulas que crescem a temperaturas próximas a 35°C tendem a produzir frutos com maior número de lóculos, sem aumentar o tamanho do fruto. Plantas que crescem sob temperaturas noturnas baixas (8°C– 10°C) apresentam flores com ovários maiores do que plantas que crescem sob temperaturas noturnas elevadas (18°C– 20°C). Mesmo assim, os frutos desenvolvidos a partir desses ovários não serão, necessariamente, maiores. De fato, o que acontece é que o desenvolvimento do

grão de pólen é reduzido a temperaturas mais baixas, resultando em frutos menores ou até mesmo sem sementes, decorrentes da inviabilidade do grão de pólen.

As condições ambientais após a antese também são determinantes no desenvolvimento do fruto. Existe uma relação linear positiva entre o número de sementes e o tamanho final do fruto. Condições que, de forma geral, limitam o crescimento da planta também reduzem o crescimento final do fruto.

Com o aumento do número de frutos por planta, o tamanho individual dos frutos tende a ser menor. Por outro lado, a limitação do número de frutos por planta faz que os frutos estabelecidos sejam maiores. Há também uma diferença na produção dos frutos que são comercializados imaturos e os que são comercializados maduros. No primeiro tipo, como o período em que o fruto fica ligado à planta é menor, permite-se à planta produzir um maior número de frutos, aumentando, consequentemente, a produtividade.

Os frutos de pimentão são considerados não climatéricos, devendo ser mantidos na planta até adquirirem sua coloração característica (cerca de 50%). Dessa forma, quando a produção é voltada para frutos maduros, sejam eles amarelos, alaranjados, vermelhos ou de outras cores disponíveis atualmente, a produtividade tende a ser menor. Nesse tipo de fruto, o tempo de permanência na planta é maior, atuando como dreno principal e diminuindo a translocação de assimilados para frutos novos que, muitas vezes, são abortados, ou tem seu desenvolvimento retardado em detrimento do desenvolvimento dos frutos maiores.

Assim como a maioria das plantas em estágio reprodutivo, o órgão de crescimento mais ativo nas plantas de pimentão são os frutos. A principal diferença do pimentão para outras hortaliças-fruto é que a atividade fotossintética nas folhas é mantida até o final do desenvolvimento dos frutos. No campo, caso as condições ambientais permitam, ocorrem 'fluxos' vegetativos e reprodutivos, de tempos em tempos.

O sinal mais claro de competição entre os órgãos da planta é a abscisão de flores e de frutos pequenos durante o período mais ativo de crescimento do fruto. Prevenir o crescimento de estruturas reprodutivas através da remoção das flores permite um crescimento mais rápido da parte vegetativa, formando uma planta adequada para uma boa produção.

3.3 Anomalias fisiológicas

3.3.1 Abscisão de flores

A abscisão floral é um dos principais problemas na produção do pimentão. Essa anomalia está associada à ocorrência de altas temperaturas, baixos níveis de luminosidade, estresse hídrico, presença de frutos em pleno crescimento na planta e alguns agentes bióticos, como vírus e algumas pragas. Em condições de estresse severo, ocorre o abortamento de praticamente todas as flores, levando a planta a permanecer no período vegetativo por mais tempo. Nesse caso, várias semanas são necessárias para retomar a produção de flores e, consequentemente, dos frutos.

O fator mais comumente associado ao abortamento de flores é a ocorrência de altas temperaturas. As temperaturas noturnas são mais importantes do que as diurnas nesse aspecto. A cultura exige temperaturas noturnas amenas para garantir a manutenção das flores na planta. Quando altas temperaturas noturnas são associadas com estresse hídrico, o abortamento de flores é aumentado, embora apenas o estresse hídrico não tenha tamanho potencial de causar o abortamento de flores. A ocorrência de períodos de baixa luminosidade também ocasiona o abortamento de um grande número de flores no cultivo de pimentão.

A aplicação de doses elevadas de nitrogênio também tem sido associada à ocorrência de abortamento de flores. Embora o mecanismo não esteja completamente elucidado, acredita-se que o nutriente aplicado em excesso promova um aumento na salinidade do solo, ou do sistema de cultivo, aumentando, de forma geral e desequilibrada, o crescimento da planta. Além disso, em sistemas com

adubação nitrogenada elevada, o principal resultado é o crescimento excessivo da parte vegetativa da planta, reduzindo o estabelecimento de flores, conforme discutido anteriormente.

A presença de frutos em pleno crescimento também pode aumentar o abortamento de flores e de frutos novos. A floração e o estabelecimento de frutos geralmente se concentram quando o fruto atinge seu tamanho final, passando a ser um dreno minoritário, ocorrendo em ciclos de estabelecimento e abscisão de frutos.

O principal método de controle do abortamento de flores é através da escolha de cultivares menos susceptíveis ao estresse. Ações secundárias que podem ser tomadas refletem no controle das principais causas do abortamento: altas temperaturas e baixa luminosidade. Para controle de altas temperaturas, uma ação importante é a utilização de microaspersão frequente no cultivo. Para o controle de baixa luminosidade, economicamente mais viável que o emprego de luminosidade sintética, é a aplicação de CO₂. Além disso, a aplicação de inibidores da ação do etileno apresenta eficiência comprovada na manutenção das flores e dos frutos jovens na planta.

3.3.2 Escaldadura

Quando frutos de pimentão são expostos à luz solar excessiva, uma vez que tenham atingido seu máximo crescimento, pode ocorrer o aparecimento de manchas esbranquiçadas, denominadas de escaldadura dos frutos. Esse dano fisiológico é causado por uma combinação de luz e de calor. Quando os tecidos atingem uma temperatura de 50°C, uma exposição à luz solar por apenas dez minutos é suficiente para causar o dano ao fruto. A uma temperatura de 38°C– 40°C são necessárias ao menos doze horas de exposição à radiação para originar o dano. A desordem prevalece em ambientes muito luminosos ou em ambientes protegidos com plástico comum (não difusor) e pode afetar seriamente a produção.

Em condições de altas temperaturas, porém sem luminosidade excessiva, ocorre o amolecimento do fruto, entretanto não ocorre o aparecimento das manchas de escaldadura. O dano é originado por uma combinação do aquecimento do tecido do fruto em ambientes com temperatura elevada, com a geração de radicais do ânion superóxido, que ocorre como um reflexo da ação da luz na clorofila sob altas temperaturas.

A fase em que os frutos são mais suscetíveis é quando apresentam o completo desenvolvimento e iniciam a mudança na coloração de verde para vermelho, ou outra cor característica. Frutos verdes em desenvolvimento são menos susceptíveis à desordem e frutos completamente maduros são pouco suscetíveis. É necessário que a clorofila esteja presente no pericarpo para que o dano ocorra com maior intensidade. A presença da enzima superóxido dismutase no tecido do fruto pode prevenir a ocorrência da escaldadura, uma vez que a enzima catalisa a formação de peróxido de hidrogênio e oxigênio.

Uma forma de prevenir o dano é condicionar o fruto à ocorrência simultânea de altas temperaturas e luminosidade. Para isso, os frutos devem ser submetidos a um estresse por temperatura em condições de baixa luminosidade. Uma das hipóteses é de que esse tratamento aumenta significativamente a atividade da enzima superóxido dismutase.

A utilização de telas de sombreamento nas horas mais quentes do dia é uma técnica plausível de utilização. Através dessas telas, é possível interceptar parte da radiação solar, diminuindo a possibilidade da ocorrência do binômio ‘temperatura elevada x radiação solar excessiva’. A utilização de plásticos difusores também pode reduzir a desordem por diminuir a luz direta.

A manutenção das folhas na planta tem importância direta na redução da ocorrência dessa anomalia fisiológica. Um adequado tratamento fitossanitário juntamente com podas bem planejadas e executadas garantem que as folhas assumam o papel de sombrear os frutos nos períodos de maior insolação. A principal dificuldade ocorre em cultivares que apresentam frutos demasiado grandes, em que o sombreamento completo do fruto é dificultado.

Melhoristas têm trabalhado no sentido de selecionar plantas que sejam menos suscetíveis ao dano. Os trabalhos voltam-separa a seleção de plantas com adequada produção de área foliar. Além disso, melhoristas, visando evitar a ocorrência desse dano, têm-se empenhado na seleção de cultivares que apresentam os frutos com colorações diferentes do verde quando imaturos. Atualmente existem materiais genéticos com frutos amarelos, creme e roxos enquanto imaturos, que não são suscetíveis à ocorrência desse dano.

3.3.3 Podridão apical

A podridão apical em frutos de pimentão aparece como uma mancha circular negra, principalmente no ápice do fruto, ocorrendo na fase do fruto verde (com seu crescimento completo) até o início da maturação. Apesar de o nome sugerir que esse colapso do tecido ocorra somente na região apical, também pode ser identificado nas paredes laterais do fruto.

Assim como na cultura do tomateiro, a podridão apical em frutos de pimentão ocorre em decorrência de uma deficiência de cálcio. Na maioria das vezes, essa deficiência é causada por uma falta de cálcio no sistema radicular. Porém, dada a imobilidade natural desse elemento e a dificuldade de transportá-lo de um órgão para outro na planta, a podridão apical pode ocorrer mesmo com adequados suprimentos de cálcio no solo.

Como o cálcio é transportado apenas pelo vaso condutor de água na planta, o xilema, quando a absorção de água é reduzida, o mesmo ocorre com a absorção de cálcio. Por isso, o fornecimento de quantidades adequadas de água, além de evitar a oscilação na disponibilidade hídrica, auxilia muito na redução da incidência dessa anomalia. A umidade do ambiente também tem papel importante. Baixa umidade relativa no ambiente de cultivo, associada com alta luminosidade e temperatura aumentam a transpiração das folhas, levando mais cálcio para as folhas do que para os frutos.

Algumas estratégias têm sido utilizadas para remediar a podridão apical. A principal é garantir que existam níveis adequados de cálcio no solo, além de garantir que não haja níveis elevados de nutrientes que possam competir pelo sítio de absorção. Altos níveis de magnésio e potássio são associados à ocorrência de podridão apical. Além disso, elevados níveis de nitrogênio, principalmente quando aplicado na forma de nitrogênio amoniacal, também pode aumentar a incidência da desordem.

Além disso, cuidado especial deve ser tomado na prática da fertirrigação, porque as fórmulas utilizadas para o fornecimento de cálcio são, na maioria das vezes, incompatíveis com outros adubos solúveis, ocasionando a precipitação de alguns sais. Na prática, verifica-se que, muitas vezes, as adubações com cálcio e com os demais elementos são realizadas em momentos muito próximos, fazendo que a imobilização ocorra na solução do solo. Dessa forma, por mais que o elemento esteja sendo aplicado, ele não se encontra disponível para a planta.

A aplicação de adubos que forneçam cálcio na parte aérea da planta, principalmente direcionada às flores, é uma técnica que pode ser utilizada, apesar de que deve ser empregada em conjunto com o controle do ambiente. Três a quatro aplicações de soluções de cloreto de cálcio e nitrato de cálcio (4 g L^{-1}), iniciando próximo à floração, têm sido suficientes para reduzir a incidência da podridão apical.

Discussões mais detalhadas a respeito dos aspectos fisiológicos da podridão apical são exploradas no capítulo referente à cultura do tomate.

3.3.4 Formato anormal do fruto

O formato do fruto é influenciado por temperaturas durante a formação do ovário ou pela ausência de sementes. A ausência de sementes, conforme discutido anteriormente, pode ser ocasionada por temperaturas baixas durante a fecundação. Esses frutos sem semente são menores,

com um pericarpo mais fino e formato irregular. Esses frutos se desenvolvem até o final e, embora tenham características organolépticas semelhantes a frutos normais, seu formato e/ou tamanho se encontram fora dos padrões comerciais.

3.4 Materiais genéticos - híbridos

Existe atualmente, no mercado, uma diversidade de híbridos de pimentão. Há um número variado de colorações e de formatos do fruto e a escolha do material utilizado deve ser baseada no mercado consumidor.

Além da demanda pelo mercado consumidor, a escolha da mesma deve levar em consideração o ambiente de cultivo. Os híbridos ou os materiais genéticos diferem quanto à adaptação ao cultivo em ambiente protegido e a céu aberto. No primeiro caso, quando é possível ter maior controle sobre as condições ambientais, podem ser utilizados materiais ou híbridos mais sensíveis. Quando o cultivo é realizado a céu aberto, híbridos ou materiais genéticos mais resistentes devem ser empregados, principalmente devido à sensibilidade da planta a condições extremas de temperatura e de umidade, que podem gerar um alto índice de abortamento de flores, comprometendo a produção.

Devido ao alto valor agregado, em ambiente protegido geralmente são implantados híbridos com frutos coloridos. Tradicionalmente, os mais empregados para produção de frutos maduros são os de coloração vermelha, alaranjada e amarela. É importante considerar aspectos discutidos anteriormente na seção ‘Crescimento do fruto e maturação’ quando da produção desse tipo de fruto. Como nesse tipo de produção os frutos permanecem mais tempo na planta, eles atuam como o dreno principal, ocasionando abortamento de flores e de frutos novos, ou quando esses permanecem na planta, ocasionam um retardo em seu desenvolvimento. Levando em consideração que o rendimento desse tipo de cultivo é menor, justifica-se o maior valor obtido no cultivo de frutos maduros.

Atualmente, com o advento do melhoramento genético, existem frutos que apresentam coloração distinta da verde enquanto imaturos. Frutos de coloração creme, marfim e roxa estão disponíveis para a comercialização, apesar de ainda serem pouco expressivos frente à produção de frutos vermelhos, amarelos e alaranjados. A vantagem do cultivo desse tipo de fruto que é colorido, porém colhido imaturo, é que fisiologicamente a planta apresenta um ‘comportamento fisiológico’ semelhante ao verificado em plantas utilizadas para produção de frutos verdes. Como não é necessário aguardar a maturação do fruto na planta, os fluxos de produção são mais frequentes, uma vez que o fruto permanece menos tempo na planta. Dessa forma, o abortamento de flores e de frutos novos é menor, garantindo uma produção maior do que a obtida para frutos maduros. Além da vantagem da maior produção, uma característica é que, nesse tipo de produção, ainda existe o valor agregado devido ao fato de o fruto ser colorido, garantindo maior rentabilidade ao produtor.

Com relação ao formato, basicamente existem três tipos de fruto: o cônico, o quadrado e o retangular. O formato cônico tradicional continua sendo o mais cultivado, porém atualmente há um apelo do mercado por frutos de formato quadrado e retangular. Esses frutos são utilizados principalmente no preparo de pratos mais elaborados, em que o fruto é utilizado inteiro, com o mínimo de processamento, o que garante maior valor agregado aos frutos, principalmente do formato quadrado.

3.5 Produção de mudas

A produção de mudas, independentemente do cultivo, é uma das etapas mais importantes do cultivo. É através da implantação do cultivo por mudas de qualidade que se garante um stand ideal de plantas, o que permite um estabelecimento rápido, isento de pragas e de doenças, tendo reflexos diretos na produção final.

Nas últimas décadas, muitos produtores têm terceirizado a produção de mudas. A aquisição de mudas provenientes de viveiristas idôneos, que realizam a produção de mudas de acordo com a legislação existente, permite ao produtor investir esforços em outras etapas importantes do cultivo. A necessidade da utilização de mudas enxertadas foi um dos fatores que contribuiu para a grande expansão da produção de mudas por viveiristas especializados, visto que o controle do ambiente, nesses casos, é muito importante. Além disso, na produção por viveiristas, é mais fácil o controle de pragas, principalmente aquelas transmissoras de viroses.

A produção de mudas segue os mesmos procedimentos descritos no capítulo referente ao assunto. No que concerne à cultura do pimentão, alguns cuidados especiais são necessários. A escolha do tamanho das células deve levar em consideração a precocidade desejada, além das condições ambientais às quais as mudas serão submetidas. Quando a produção de mudas é realizada em células de volume pequeno, as mesmas vão para o campo com um menor tamanho. Consequentemente, o tempo necessário para o estabelecimento é maior. Já quando o cultivo é implantado com mudas maiores, o tempo para estabelecimento é menor, fazendo que as plantas tenham maior arranque inicial. Dessa forma, a produção tende a ser mais precoce; portanto, quando o produtor obtém um valor maior devido ao fato de a produção ser precoce, a implantação deve ser realizada com mudas produzidas em células de maior volume. É importante destacar que, apesar de a produção inicial ser maior, não necessariamente a produtividade final também o será. O que acontece na prática é que a produção final tende a se equiparar, independentemente do tamanho da célula.

A escolha do tamanho da célula é importante, uma vez que mudas que se desenvolvem em altas densidades (com volume de célula pequeno) tendem a tornar-se estioladas. Em ambiente protegido, a alta umidade relativa e a ausência de movimento do ar podem contribuir para o problema. Além disso, mesmo que as plantas não se apresentem estioladas, elas tendem a ser demasiado tenras no momento do transplantio. Quando essas plantas tenras são transplantadas, elas são extremamente suscetíveis a danos mecânicos e aos altos níveis de estresse verificados no ambiente de cultivo.

Algumas técnicas podem ser utilizadas para realizar o que se denomina de ‘rustificação’ das mudas. A ausência de movimento das plântulas é um dos motivos pelo qual as plantas se apresentam pouco lignificadas. Assim, a agitação das mudas por ar forçado dentro das estufas pode ser uma forma de rustificar as mudas por vento. Também podem ser utilizados para rustificar as mudas aplicação de hormônios, de defensivos e adubação rica em fósforo e potássio.

Cuidados relacionados à adubação também devem ser tomados. Adubações abundantes em nitrogênio fazem que o crescimento da parte aérea seja exuberante, e o crescimento do sistema radicular não o acompanhe, levando a planta a ter menor relação raiz/parte aérea.

A exposição das plantas a condições mais estressantes de luz também ajuda a rustificá-las. Para isso, em viveiros que utilizam tela de sombreamento, essa deve ser retirada por mais tempo e colocada apenas nos horários de máximo estresse da planta, geralmente entre 11h e 15h. Além disso, uma técnica muito utilizada é a suspensão da irrigação por alguns períodos, o que auxilia na formação de folhas mais grossas e mais resistentes. Além disso, sob condições de estresse hídrico, a plântula tende a investir mais no sistema radicular, em detrimento da parte aérea, produzindo plantas com uma relação raiz/parte aérea mais elevada.

3.6 Transplante

Independentemente do método de cultivo adotado, alguns aspectos fisiológicos referentes ao transplante são importantes. Por mais cuidado que se tome, o transplantio causa um efeito negativo no status hídrico da planta. A dimensão desse efeito depende do estado de hidratação da planta antes do transplante, da quantia de raízes danificadas pelo processo, das condições climáticas após o transplante. O pimentão é uma espécie classificada como moderadamente tolerante ao transplante. É menos resistente que espécies como repolho, couve-flor, alface e tomate, que são extremamente tolerantes, possuindo uma taxa de sobrevivência extremamente elevada após colocadas no campo. Além disso, a cultura, assim como berinjela e cebola, é mais resistente ao transplante do que

espécies como feijão-vagem, abóbora e melão, as quais integram um grupo extremamente sensível ao transplante.

As relações hídricas das plântulas após o transplante são extremamente importantes para garantir uma alta taxa de sobrevivência. A planta é um sistema complexo, porém, com relação ao seu status hídrico, pode-se reduzir seu funcionamento à relação entre as entradas e as saídas. Portanto, para garantir o adequado turgor da planta, ações podem ser tomadas no sentido de aumentar a entrada de água ou de diminuir as saídas. As ações que visam diminuir as saídas, que envolvem o uso de transpirantes foliares ou de ácido abscísico (hormônio responsável pelo fechamento estomático), têm mostrado resultados importantes, porém sua recomendação carece de mais estudos. A remoção de folhas, uma técnica muito utilizada na propagação de plantas ornamentais, tem sua eficiência questionada. Apesar da remoção de folhas inicialmente reduzir a transpiração foliar, também vai reduzir a formação de novas raízes, o que posteriormente terá muita importância no suprimento hídrico.

Assim, a maioria das ações deve visar ao aumento das entradas de água na planta. O primeiro passo para aumentar a entrada é aumentar o volume de solo ocupado pelas raízes. Dessa forma, garante-se que as raízes tenham capacidade de absorver mais água e, conseqüentemente, suprir os processos fisiológicos da planta, resultando em maior taxa de crescimento. Conforme mencionado no item 'produção de mudas', deve-se garantir, no início do desenvolvimento, uma elevada relação raiz/parte aérea.

Após o transplante, são recomendadas irrigações com grande volume de água, porém menos frequentes. Logo após o transplante, deve ser realizada uma irrigação 'pesada', para garantir que um grande perfil do solo seja mantido na capacidade de campo. Posteriormente, deve-se aguardar um período mais longo para realizar uma próxima irrigação. Dessa forma, as plantas tendem a investir mais no crescimento do sistema radicular, ao invés de investir na parte aérea. Quando as irrigações são frequentes, o crescimento do sistema radicular é menor, se comparado ao crescimento da parte aérea. Dessa forma, a planta apresentaria uma área de perda de água grande e uma área de captação pequena, diminuindo as chances de fixação das raízes. É importante salientar que o aumento da relação raiz/parte aérea não significa, necessariamente, aumentar o crescimento de raízes. O que acontece é que o crescimento da parte aérea cai em proporções superiores ao crescimento do sistema radicular.

Figura 7- Pimentão em início de condução.

Fonte: Os autores.

Quando as plântulas são transplantadas, elas geralmente apresentam uma murcha temporária. Um mecanismo hormonal ajuda na recuperação da planta. Esse mecanismo faz que o transporte de fotoassimilados para a parte aérea seja mais inibido do que o transporte de fotoassimilados para o sistema radicular.

3.7 Implantação

A cultura do pimentão, assim como a maioria das hortaliças, adapta-se à diversidade de tipos de cultivo. Tradicionalmente, o cultivo é realizado a campo, sem nenhum tipo de proteção. Esse tipo de cultivo é utilizado até hoje, principalmente para a produção de frutos verdes. Com o surgimento dos híbridos coloridos, que são mais exigentes quanto ao controle das condições climáticas, o cultivo passou a ser realizado em ambiente protegido. Dentro do ambiente protegido, o cultivo pode ser realizado tanto no solo, como no chamado ‘cultivo sem solo’. Cada uma das formas de cultivo apresenta suas peculiaridades, que devem ser levadas em consideração. Levando-se em consideração a complexidade de cada um dos sistemas, buscamos elencar as principais características de cada um deles.

3.7.1 Cultivo a céu aberto

O cultivo a céu aberto traz a vantagem de apresentar menor custo de implantação, porque não são utilizadas estruturas que encarecem o cultivo. É importante, nesse tipo de cultivo, a escolha de materiais genéticos mais adequados. Mesmo que a maioria dos utilizados nesse tipo de cultivo sejam para colheita de frutos verdes, uma característica importante é que elas devem ser tolerantes às condições ambientais extremas e à oscilação de temperatura e umidade, uma vez que a espécie é altamente suscetível ao abortamento de flores e de frutos pequenos. A dificuldade no controle dos fatores ambientais talvez seja a maior dificuldade encontrada nesse tipo de cultivo.

Outra característica nesse tipo de cultivo é que o controle fitossanitário, muitas vezes, é dificultado, caso ocorram longos períodos de chuva, o que pode favorecer a incidência de doenças, ou mesmo dificultar a aplicação de produtos para o tratamento fitossanitário.

3.8 Tutoramento

Devido ao hábito de crescimento arbustivo da planta, aliado às altas produtividades verificadas nos híbridos modernos, é necessário fornecer algum tipo de suporte para a planta. O tutoramento tem duas funções básicas. A primeira é auxiliar a planta a suportar a produção, uma vez que os híbridos modernos possuem uma carga produtiva muito alta. A segunda função é melhorar a disposição dos ramos no sentido de assegurar maior ventilação e a incidência de radiação solar nos frutos, fator importante para garantir a coloração característica do fruto. Basicamente são utilizados três tipos de tutoramento na cultura do pimentão: tipo ‘holandês’ ou sistema vertical, espaldeira simples e espaldeira dupla.

Figura 8 - Condução do pimentão.

Fonte: Os autores.

3.8.1 Tutoramento vertical ou tipo holandês

Esse sistema de tutoramento é muito semelhante ao utilizado para tutorar a cultura do tomate em ambiente protegido. Consiste em tutorar cada ramo individualmente com o uso de fitilho plástico, suportado por um arame situado na parte superior da linha de cultivo.

Nesse sistema, são deixados de dois a seis ramos na planta, podendo-se todos os demais que aparecerem. À medida que o ramo cresce, é enrolado a um fitilho vertical, que serve de suporte e que está amarrado a um ramo situado na parte superior da linha de cultivo, normalmente sujeito à estrutura do ambiente protegido. Para dar suporte ao arame, são colocadas estacas de bambu a cada

dois metros, para garantir que o peso das plantas não arrebente o arame ou danifique a estrutura do ambiente de cultivo.

Em geral, observa-se que frutos de maior calibre são obtidos com esse tipo de condução, principalmente quando são deixados apenas três ramos por planta. Isso demonstra que o pimentão responde aos incrementos de radiação solar promovidos pelo tutoramento e remoção dos ramos excessivos. Além disso, os frutos produzidos por esse tipo de tutoramento possuem paredes mais grossas e mais firmes, o que melhora sua aptidão ao transporte.

Apesar de se esperar, com esse tipo de condução, obter valor mais elevado de sólidos solúveis (graus brix) nos frutos, o que acontece, na prática, é que esse valor é menor nesse caso do que o obtido por frutos provenientes de plantas conduzidas em espaldeira. Isso acontece porque os frutos provenientes da produção em espaldeira, os frutos demoram mais tempo para atingir a coloração para colheita, visto que estão menos iluminados. Sendo assim, os frutos permanecem mais tempo na planta, levando ao possível acúmulo de sólidos solúveis.

Com esse tipo de tutoramento, também é possível aumentar a qualidade dos frutos, uma vez que melhora a aeração e a iluminação da planta e dos frutos. Também se facilitam a colheita e os tratamentos fitossanitários, devido à menor densidade dos ramos. O principal aspecto negativo é o gasto envolvido com mão de obra. Além disso, devido às podas frequentes, aumenta-se a chance de transmissão de doenças de uma planta para outra. Portanto é necessário que o produtor conheça a relação existente entre a colheita de frutos de maior qualidade e o maior gasto com mão de obra e risco de transmissão de doenças.

3.8.2 Espaldeira simples ou tutoramento horizontal

Esse tipo de tutoramento geralmente é o mais utilizado devido à facilidade de manejo. Consiste em sujeitar as plantas utilizando fitilhos plásticos situados um de cada lado da planta. A primeira fileira de fitilhos horizontais deve ser colocada a 0,20 m acima da bifurcação dos ramos e as demais a cada 0,25 m – 0,30 m, conforme a planta vai crescendo. Essas linhas paralelas, situadas uma de cada lado da planta, podem ser fixadas entre si, dando maior estabilidade aos fitilhos. Para amarrá-las entre si, pode-se utilizar arame ou até mesmo um pedaço de fitilho plástico. A cada 2 m – 3 m, devem ser colocadas estacas de bambu, ou fitilhos verticais, para que os fitilhos horizontais possam ser amarrados, conferindo maior estabilidade ao sistema.

Outra forma de melhorar é passar o fitilho horizontal em ‘zigue-zague’. Para isso, a cada 2 m – 3 m, deve ser colocada uma estaca de bambu. O fitilho é colocado de um lado das plantas e, ao chegar ao bambu, é passado para o outro lado da planta, enrolando-se o fitilho no bambu.

Independentemente da forma utilizada para dispor os fitilhos horizontais, na extremidade de cada linha, devem ser colocados palanques de madeira ou de concreto, devidamente fixados ao solo, garantindo que as linhas não se rompam.

O principal aspecto negativo desse sistema de tutoramento é a pouca ventilação, levando à maior dificuldade no manejo fitossanitário. Para auxiliar na ventilação, podem ser realizadas algumas podas nas plantas, principalmente abaixo da primeira bifurcação, garantindo melhor ventilação do sistema.

3.8.3 Espaldeira dupla

Nesse método de tutoramento, o princípio utilizado é o mesmo da espaldeira simples. A principal diferença consiste no fato de que, nesse caso, são colocadas duas fileiras de plantas sobre o canteiro, espaçadas entre 0,50 m – 0,60 m. Dessa forma, o fitilho é colocado na lateral de cada fileira dupla, ficando a parte interna do canteiro sem sujeição.

O principal inconveniente, nesse caso, é que diminui ainda mais a ventilação das plantas; portanto sua adoção deve ser evitada em regiões com períodos frequentes de alta umidade relativa do ar, ou quando o cultivo é realizado a céu aberto, em regiões com chuvas frequentes durante o período de cultivo. A principal vantagem é que há considerável economia de material e de mão de obra.

3.9 Podas e desbrotas

Na primeira bifurcação da planta, podem surgir de duas a três hastes. Os brotos que se formam abaixo da primeira bifurcação devem ser eliminados de 2 a 4 semanas após o transplante das mudas. A retirada dos brotos deve ser realizada no início de seu desenvolvimento para evitar a necessidade de utilizar lâminas cortantes, que podem ser transmissoras de doenças de uma planta para outra.

As duas ou três hastes emitirão, a cada internódio, um broto (denominado de dicotomia), uma flor e uma folha. Nesse momento, é importante a tomada de decisão sobre a retirada de brotos, que darão origem a uma nova haste. Quanto maior o número de hastes deixadas na planta, menor o tamanho dos frutos e mais retardada é a colheita.

Quando o tutoramento é realizado através de espaldeira, geralmente são deixados os brotos localizados na parte externa da planta e são retirados os brotos localizados na parte interna, garantindo assim que a planta não tenha uma densidade de hastes muito alta.

Conforme mencionado anteriormente, frutos de maior calibre são obtidos em plantas tutoradas de maneira vertical, mantendo, no máximo, três hastes por planta. Nesse caso, é necessário remover as brotações que surgem em cada internódio. Levando em consideração que, em cada internódio surge apenas uma flor, reduz-se assim o número de frutos por planta. Porém, devido ao menor número de drenos e à maior interceptação de radiação solar, os frutos tendem a ser maiores, permitindo ao produtor obter maiores valores por sua produção.

A primeira flor que surge na bifurcação deve ser removida. Dessa forma, permite-se que a planta tenha um adequado crescimento da parte aérea, uma vez que, ao manter essa flor, ela se torna o dreno principal na planta e ocorre o crescimento do fruto em detrimento do crescimento da parte aérea. Essa adequada formação da parte aérea é importante para suprir os próximos frutos formados.

Às vezes, é necessária a remoção de alguns frutos, devido à alta densidade de ramos; pois um fruto pode pressionar o outro contra os ramos, causando sua deformação. Dessa forma, é importante a remoção de um dos frutos, de modo a evitar o desenvolvimento defeituoso.

Após o início da colheita, a remoção das folhas baixas da planta é importante e deve ser realizada na taxa de 1 a 2 folhas por planta por semana. No entanto, há que se tomar cuidado para não ser drástico demais, podendo acarretar em prejuízos na produção. A retirada dessas folhas permite maior ventilação no cultivo e reduz a presença de possíveis inóculos de doenças. Além disso, com o desenvolvimento da parte aérea, as folhas situadas na parte basal passam a ser sombreadas, diminuindo sua importância como fonte de fotoassimilados para a planta.

3.10 Colheita

A frequência com que se realiza a colheita depende principalmente dos preços e das condições climáticas que favorecem o desenvolvimento do fruto. Desde o transplante até a colheita, decorrem de três a quatro meses. Desde a antese até o início da maturação fisiológica, decorrem de duas a três semanas, sendo necessárias mais de quatro semanas para a colheita dos frutos maduros.

Figura 9 - Frutos em ponto de colheita.

Fonte: Os autores.

Figura 10 - Frutos para comercialização.

Fonte: Os autores.

A colheita de frutos verdes ou maduros depende do mercado para o qual a produção é destinada. Devido à dificuldade em se determinar o ponto de colheita visualmente, pode ser adotada a medida do teor de sólidos solúveis para o ponto de colheita. Frutos verdes devem apresentar valores superiores a 4,8 °brix, e frutos coloridos, valores superiores a 6,5 °brix. Porém, na ausência de um refratômetro para realização da leitura, é possível executar a colheita quando os frutos apresentarem mais de 50% de sua superfície com a coloração característica da cultivar. O ideal é que a colheita ocorra quando o fruto exibir 90% de sua coloração característica.

É recomendado realizar a primeira colheita com os frutos verdes, para diminuir a força de seu dreno e permitir um novo período de crescimento da parte aérea. Além disso, devido à pequena área foliar existente, é aumentado o risco da ocorrência de escaldadura, caso os frutos sejam submetidos à radiação solar excessiva.

A colheita deve ser realizada deixando o pedúnculo aderido ao fruto, para conferir maior durabilidade ao mesmo. O corte deve ser realizado com uma tesoura de poda ou uma faca afiada junto ao nó em que o fruto está inserido na planta. Dessa forma, a cicatrização do ferimento é mais rápida, além de diminuir os riscos de danos aos frutos.

4 Referências

AGRIANUAL: Anuário da Agricultura Brasileira. Campo Grande: FNP Consultoria e Comércio, 2017.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: Editora UFV, 2007.

_____. **Solanáceas**: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: UFLA, 2003.

KINET, J. M.; PEET, M. M. Tomato. In: WIEN, H. C. (Org.). **The physiology of vegetable crops**. New York: Cabi Publishing, 2002. p. 207-259.

LOPES, M. C.; STRIPARI, P. C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundação Editora Unesp, 1998. p. 257-319.

PUIATTI, M. et al. Fisiologia do desenvolvimento do tomateiro. In: Espírito Santo (Estado). Secretaria da Agricultura, Abastecimento. Aquicultura e Pesca. **Tomate**. Vitória, ES: Incaper, 2010. p. 85-119.

RAIJ, B. V. et al. (Org.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo** 2. ed. rev. Campinas: IAC, 1997. (Boletim técnico, 100).

SHIRAHIGE, F. H. et al. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n.3, p. 292-298, 2010.

WIEN, H. C. Transplanting. In: WIEN, H. C. (Org.). **The physiology of vegetable crops**. New York: Cabi Publishing, 2002. p. 37-68.