

Foto: Carlos Francisco Ragassi



Recomendações para manejo da compactação do solo no contexto da Produção Integrada do Pimentão no Distrito Federal

Carlos Francisco Ragassi¹

Raphael Augusto de Castro e Melo²

Importância

Os mercados, tanto nacional quanto internacional, demandam alimentos saudáveis, livres de resíduos de agrotóxicos. Além disso, exigem comprovação de que a produção tenha se dado com condições de trabalho adequadas, assim como cuidados com a higiene e a saúde dos envolvidos nos processos. Por outro lado, alguns nichos de mercado aceitam pagar um preço diferenciado por um produto que atenda os critérios de consumidores cada vez mais exigentes.

O Sistema Agropecuário de Produção Integrada (SAPI) é uma das ferramentas para se atender um mercado que exige produtos diferenciados. Ao condicionar a certificação, e portanto, o recebimento do selo da Marca Produção Integrada (PI), ao cumprimento de determinadas normas, o sistema direciona os agentes envolvidos na produção e na comercialização ao atendimento das exigências desse mercado. Como consequência, o produto ganha preferência e pode atingir preços superiores,

além de ter seu leque de consumidores ampliado, pois se torna possível o acesso ao mercado internacional.

A Marca PI é, portanto, algo altamente benéfico ao consumidor e a toda cadeia produtiva. Seus princípios básicos estão amparados, principalmente, na elaboração e desenvolvimento de normas e orientações de comum acordo entre os agentes da pesquisa, ensino e desenvolvimento, extensão rural e assistência técnica, associações de produtores, cadeia produtiva específica, empresários rurais, produtores e técnicos, por meio de um processo multidisciplinar (ANDRIGUETO et al., 2008). As normas estabelecidas, entretanto, às vezes exigem grandes mudanças no sistema produtivo. Todas elas são, sem exceção, baseadas em conhecimento técnico e representam a forma tecnicamente mais adequada de se produzir.

Um levantamento da ocorrência de compactação do solo foi realizado, durante os meses de julho e agosto de 2015, englobando as principais regiões

¹ Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

² Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

produtoras de pimentão do Distrito Federal (regiões denominadas Núcleo Rural Taquara e Núcleo Rural Pipiripau). Foram realizados 100 pontos de amostragem, em sete propriedades produtoras. Em 13% dos pontos amostrados, o solo apresentou compactação restritiva ao crescimento radicular em profundidade equivalente ou superior a 15 cm. Ao se considerar a profundidade de 25 cm, 46% dos pontos amostrados apresentaram compactação. Considerou-se, para essa avaliação, valores superiores a 1,5 MPa de resistência do solo à penetração, avaliados com uso de penetrômetro, como restritivos ao crescimento radicular (STALHAM et al., 2007).

O presente texto aborda a compactação de solo, um problema importante e frequentemente encontrado nas áreas de produção de pimentão no Distrito Federal. A realização de ações de prevenção e combate à compactação, tais como o preparo profundo de solo e a rotação/sucessão de culturas, estão sugeridas nas normas da Produção Integrada do Pimentão. O presente trabalho aborda conceitos científicos importantes para a compreensão da origem do problema, assim como das estratégias para seu manejo.

A cultura do pimentão no Brasil

O pimentão é uma das dez hortaliças mais importantes no Brasil, com valor total da produção estimado em R\$ 567 milhões (ABCSEM, 2012). Em 2009, estimativas referentes aos valores de comercialização de sementes dos diferentes tipos de híbridos e variedades (quadrado e cônico) estimavam que a área cultivada era próxima de 13 mil hectares (ABCSEM, 2009). Essa estimativa é corroborada por Marouelli e Silva (2012), que mencionam o mesmo valor de área cultivada anualmente no Brasil, com produção próxima a 290 mil toneladas de frutos. São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro são os principais estados produtores.

O pimentão pode ser cultivado em campo aberto, mas apresenta resultados muito promissores em cultivo protegido, devido ao melhor controle dos tratamentos culturais e das condições ambientais. Este sistema de cultivo é adotado em regiões com invernos frios, como a região Sul, e em áreas com períodos de chuvas intensas, como a região Norte e a Centro Oeste. No Distrito Federal, a cultura

do pimentão tem boas condições climáticas para se desenvolver durante a maior parte do ano. No entanto, apresenta problemas relacionados a doenças, tais como a antracnose nas chuvas e o oídio na seca, principalmente nos plantios de campo aberto.

Por esta razão, o cultivo em ambiente protegido tem sido praticado nesta região, com uso de estufas com cobertura plástica, utilizadas prioritariamente no período chuvoso, ou até mesmo dos telados, utilizados prioritariamente no período seco para amenizar a queima de folhas e frutos além de abortamento das flores, causados pelo excesso de luminosidade e ventos secos, comuns nesse período. O Distrito Federal é o principal polo de produção de pimentão em cultivo protegido no país, com aproximadamente 50 ha de área cultivada anual. A produtividade do pimentão cultivado em campo é de 25-40 t ha⁻¹ e, em cultivo protegido, pode chegar a 180 t ha⁻¹. Somadas as áreas de cultivos a campo aberto e sob proteção de telas e estufas, cerca de 120 ha ano⁻¹ são cultivados com pimentão no Distrito Federal (HENZ et al., 2007). Destacadamente no Núcleo Rural Taquara, em Planaltina, o cultivo do pimentão ocupa 75 hectares (25 hectares em estufa e 50 hectares em campo aberto), com produtividade média de 120 toneladas por hectare em estufa e de 60 toneladas por hectare em campo aberto (EMATER-DF, 2016).

Exigências de solo para o pimentão

O pimentão é uma cultura altamente exigente quanto às características do solo para seu cultivo. Além de alta fertilidade química, teor de matéria orgânica em torno de 3% (massa/massa) e textura média (HENZ et al., 2007), a cultura exige que o solo seja profundo e bem drenado, características afetadas diretamente pela compactação do solo.

A compactação do solo é um fenômeno muito comum em áreas cultivadas, independente do tipo de solo, desde o mais arenoso até o mais argiloso. Ocorre, em especial, no cultivo de hortaliças, culturas que depositam relativamente pouca biomassa vegetal sobre e sob a superfície do solo.

Em um ecossistema tropical intacto, o solo recebe durante o ano inteiro, e por toda sua extensão, depósitos de folhas e outras partes dos vegetais sobre sua superfície. Além disso, raízes crescem

continuamente em diferentes faixas de profundidade e ocupam parte dos espaços porosos entre as partículas de solo, secretando substâncias que alimentam uma diversidade de microrganismos (RIZZO, 2000). As substâncias secretadas pelas raízes e pelos microrganismos, assim como a própria decomposição das raízes, dão estrutura aos poros do solo, analogamente ao que ocorre quando um túnel de concreto é construído. Nas condições descritas, os poros formados são “cimentados”, tornando-se estáveis e resistentes à água, além de contínuos, visto que todo esse processo ocorre ao longo das raízes, em toda ou grande parte de sua extensão.

A estruturação dos poros ocorre em decorrência da formação dos agregados de solo. Num primeiro estágio, os microagregados (diâmetro de 2 μm a 250 μm) são formados pela atração entre as partículas minerais microscópicas de solo, eletricamente carregadas devido à sua constituição mineralógica. Num segundo momento, os microagregados se aderem ao redor de núcleos orgânicos formando os macroagregados (diâmetro superior a 250 μm) (VEZZANI et al., 2008). Por depender da existência de um núcleo orgânico, a formação dos macroagregados é dependente do fornecimento constante de resíduos vegetais ao solo. Esses resíduos vegetais decompostos, envolvidos por hifas de fungos e bactérias benéficas, constituem o núcleo orgânico do macroagregado de solo. Após sua formação, os macroagregados são estabilizados (cimentados) pela ação de mucilagens, substâncias (exsudados) produzidas pelas raízes das plantas e pelo envolvimento de raízes finas e de hifas de fungos, especialmente as dos fungos micorrízicos vesiculares arbusculares (VEZZANI et al., 2008).

Os compostos mucilaginosos produzidos pela raiz tais como o ácido poligalacturônico, podem estabilizar os agregados por aumento da força de ligação entre as partículas e por redução da sua velocidade de umedecimento, o que evita que se desmanchem quando entram em contato com a água (BRONICK; LAL, 2005). Quanto maior a quantidade de macroagregados em um solo, mais avançado é o estado de sua estrutura e maior também é a sua capacidade produtiva (VEZZANI et al., 2008).

Por isso, na cultura do pimentão, o manejo de solo deve oferecer as condições mais próximas possíveis do natural. Se isso não ocorre, a matéria orgânica e os poros do solo são continuamente reduzidos, e

esse processo é ainda mais acelerado pelo trânsito de máquinas e pessoas sobre o solo excessivamente úmido (solo com umidade acima do ponto de friabilidade, em que os torrões se despedaçam com a pressão), assim como pela realização de preparo de solo repetidamente na mesma profundidade de solo (normalmente as operações de aração, gradeação e de enxada rotativa alcançam 20 cm). Essa redução dos poros do solo recebe o nome de compactação (BRONICK; LAL, 2005).

Dessa forma, a deposição constante de resíduos vegetais ao solo é fundamental para alimentar o processo dinâmico que mantém sua agregação. O baixo fornecimento desses resíduos, tal como ocorre na produção de pimentão sem a realização de rotação/sucessão de culturas, resulta em desagregação do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007), o que o torna mais suscetível à compactação.

Um solo compactado perde a capacidade de proporcionar bons índices de produtividade, pois a compactação afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento da planta. As modificações causadas pela compactação limitam o crescimento radicular e, ao mesmo tempo, diminuem a disponibilidade de água e oxigênio no solo, resultando na redução da produtividade, especialmente sob condições de excesso ou deficiência hídrica (TORRES; SARAIVA, 1999). Excluindo-se as fissuras que eventualmente ocorrem no solo, os macroporos, que são poros grandes, preferencialmente ocupados pelas raízes, e os poros biológicos (canais), os quais formam nichos para o crescimento das raízes, o alongamento radicular no solo só é possível quando a pressão radicular é maior que o impedimento mecânico (MÜLLER et al., 2001).

Os três principais fatores, causados pela compactação, e que provocam prejuízos ao pimentão são:

1. Resistência mecânica do solo à penetração das raízes. O crescimento das plantas é diretamente afetado pela resistência que o solo oferece ao crescimento das raízes. Essa resistência pode ser medida por meio de um equipamento chamado penetrômetro (Figura 1), que possui uma haste que é pressionada pelo operador contra o solo, e um medidor de peso (pressão), que permite registrar a força que foi necessária para que ocorresse a

Fotos: Carlos Francisco Ragassi



Figura 1. Penetrômetro, equipamento utilizado para detecção da compactação de solo.

penetração da haste no solo. O pimentão possui pouca capacidade de romper a resistência do solo à penetração e, por causa disso, frequentemente apresenta sistema radicular superficial (Figura 2). Estudos feitos com a cultura da batata, uma planta da mesma família que o pimentão, mostram que o crescimento radicular é máximo em solos com resistência à penetração inferior a 1,5 MPa. Solos em que esse valor é atingido apresentam crescimento radicular reduzido à metade (STALHAM et al., 2007).

2. Água disponível. A água é fundamental para o crescimento vegetal. Entretanto, mais importante que seu conteúdo, é a força com que está retida no solo, visto que é a mesma força necessária para que ela seja removida pelas raízes. Quanto menor forem os poros do solo, mais fortemente a água fica retida. Como o diâmetro, ou calibre, dos poros é reduzido durante o processo de compactação, um solo compactado apresenta pouca água disponível para a planta.

3. Oxigênio disponível para as raízes. Além da água, a raiz precisa de ar. Isso porque as raízes respiram, consumindo oxigênio e emitindo gás carbônico, necessitando, assim, que haja troca gasosa com a atmosfera, ou, em outras palavras, aeração do solo. A aeração é intimamente ligada à porosidade, assim como à continuidade desses poros no solo, visto que



Fotos: Carlos Francisco Ragassi

Figura 2. Crescimento da raiz de pimentão limitado à camada superficial do solo, devido efeito da compactação.

os poros precisam fazer a conexão entre o subsolo e a atmosfera. Os poros do solo são classificados em termos de diâmetro em macroporos, mesoporos e microporos. Em geral, a dimensão de 30 μm de raio é considerada como o limite entre a macro e a microporosidade (BREWER, 1976). A principal função dos macroporos é de aeração da matriz do solo e condução da água durante o processo de infiltração. Isso afeta, portanto, a aeração e a drenagem. Os mesoporos têm como função a condução da água durante o processo de redistribuição, quando, após a infiltração, os macroporos se esvaziam. Os microporos, também chamados de poros capilares, atuam no armazenamento da água. Nestes poros, a água se move, mas muito vagarosamente (KOOREVAR et al., 1983). Macroporosidade de 10% é o mínimo necessário para a difusão de O_2 até as raízes, de maneira que a redução no volume de macroporos reduz a difusão de O_2 no solo (XU et al., 1992).

Compactação: como resolver?

O manejo da compactação deve ser realizado por meio da associação de duas estratégias: a) descompactação mecânica do solo e b) rotação de culturas com plantas estruturadoras de solo.

Descompactação mecânica do solo

Quando há compactação, recomenda-se preparo profundo do solo, realizando-se uma operação mecânica com alcance equivalente ao final da

camada compactada (o que ocorre geralmente por volta de 50 cm a 60 cm de profundidade), e que pode ser avaliada com uso de um penetrômetro.

Equipamentos para o preparo de solo que trabalhem a essa profundidade estão disponíveis no mercado, tanto para o preparo de solo em campo aberto (arados de aiveca, subsoladores, escarificadores e enxadas rotativas) quanto para o preparo de solo em estufas (principalmente enxadas rotativas encanteiradoras que trabalham em alta profundidade). Existem, ainda, os equipamentos de ação extremamente profunda (profundidade superior a 80 cm), que são comercializados mais frequentemente para sistemas de produção florestais. Caso um equipamento com ação profunda não esteja disponível, recomenda-se a realização de uma subsolagem utilizando-se o subsolador comum em sua máxima regulação de profundidade (em torno de 40 cm). Pode-se, também, utilizar o arado de aivecas, com alcance de 45 cm de profundidade (Figura 3).

Apesar dos efeitos positivos da descompactação mecânica do solo, existem evidências de que esses efeitos são de curta duração. Por exemplo, Busscher et al. (2002) constataram que o efeito da subsolagem é temporário, uma vez que a reconsolidação do solo aumenta com o volume cumulativo de chuva. A aração e a escarificação para controlar a compactação foram avaliadas por vários trabalhos (TAVARES FILHO et al., 2006; SILVA et al., 2012). No entanto, o seu efeito residual nas propriedades do solo (inclusive resistência a penetração) desapareceram após alguns ciclos da cultura (DRESCHER et al., 2011), ou até em menos de 6 meses (SILVA et al., 2012).

Dessa forma, é essencial a associação dos métodos mecânicos ao cultivo de plantas benéficas ao solo (processo também conhecido por adubação verde), pois enquanto os métodos mecânicos promovem a quebra das camadas compactadas, a adubação verde envolve uma relação complexa entre as raízes e os microrganismos, consolidando os poros do solo (RIZZO, 2000). Além disso, plantas com sistemas radiculares profundos e agressivos complementam a ação mecânica do implemento, crescendo em camadas de solo compactadas (ABREU et al., 2004), o que é ainda mais evidente quando se utilizam gramíneas (RIZZO, 2000).

Rotação de culturas com plantas estruturadoras do solo

A realização de rotação de culturas com plantas altamente eficazes na produção de biomassa e caracterizadas por terem um sistema radicular abundante, profundo e agressivo, é uma estratégia para melhorar a qualidade física do solo (FRANCHINI et al., 2011), oferecendo ao solo condições próximas às de um ecossistema natural. Essa estratégia é muito adequada para os sistemas de produção de hortaliças, como o pimentão, que, por característica das próprias espécies, fornecem poucos restos vegetais ao solo.

Outro efeito benéfico associado à rotação de culturas envolve a ciclagem de nutrientes. O adequado planejamento da rotação de culturas permite a utilização de espécies vegetais caracterizadas por sistemas radiculares capazes de atingir diferentes profundidades, o que proporciona o aproveitamento de nutrientes armazenados em

Fotos: Carlos Francisco Ragassi



Figura 3. Arado de aivecas com alcance de 45 cm de profundidade, em operação.

diferentes camadas no perfil do solo. A rotação de culturas possibilita ainda a combinação e/ou alternância de plantas com diferentes exigências nutricionais e habilidades na absorção de nutrientes. Assim, nutrientes que não são absorvidos pela planta do pimentão, seja por sua localização em camadas abaixo da zona de ação do sistema radicular, seja pela baixa eficiência de absorção do pimentão, podem ser aproveitados por outras espécies vegetais e, a partir da decomposição da palhada, tornarem-se disponíveis (BORKERT et al., 2003).

As culturas componentes de um sistema de rotação de culturas devem atender ao maior número possível dos seguintes princípios: **a)** produzir quantidade suficiente de fitomassa da parte aérea e raízes visando ao aumento do teor de matéria orgânica do solo (MOS) e à formação de cobertura morta para controlar os processos erosivos, diminuir as oscilações de temperatura e reduzir as perdas de água por evaporação; **b)** promover condições favoráveis de solo que diminuam a suscetibilidade das plantas aos danos de pragas e doenças e/ou contribuam para a formação de um ambiente supressor às mesmas; **c)** apresentar exigências nutricionais e capacidade de aproveitamento de nutrientes diferentes das culturas (solanáceas x gramíneas, por exemplo); **d)** apresentar suscetibilidade a pragas e doenças diferentes, evitando as espécies que sejam hospedeiras de pragas e doenças de importância econômica para as culturas principais; **e)** permitir a diversificação de princípios ativos e mecanismos de ação de herbicidas, inseticidas e fungicidas, visando evitar a seleção de espécies/biótipos tolerantes/resistentes; **f)** reduzir o tempo em que a área permanece sem culturas vivas, contemplando a inclusão, em alguma fase, de culturas caracterizadas por alta produção de fitomassa e sistema radicular profundo, agressivo e abundante, visando melhorar a qualidade do solo e **g)** resultar em renda direta pela produção de grãos, sementes ou forragem ou indireta através de efeitos positivos sobre as culturas subsequentes (FRANCHINI et al., 2011).

Nesse contexto, deve-se, ainda, levar em consideração a maior capacidade de produção das plantas adaptadas ao clima tropical (WEBSTER; WILSON, 1980), tais como as gramíneas, o que certamente lhes confere maior capacidade de fornecer material vegetal para o solo.

O milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) é originário da África (SKERMAN; RIVEROS, 1989). As espécies desse gênero caracterizam-se pela alta resistência à seca (utiliza 282 g de água para produzir cada 1g de matéria seca, contra 370 e 590 para o milho e o trigo, respectivamente (BONAMIGO, 1995), adaptação a solos de baixa fertilidade, capacidade de ciclagem de nutrientes, ótima produção de resíduos vegetais para cobertura do solo (PITOL et al., 1996), além de crescimento inicial rápido e boa capacidade de perfilhamento (CHAVES; CALEGARI, 2001). O milho, entretanto, tem seu crescimento limitado em temperaturas inferiores a 18 °C e não resiste a geadas. Segundo Calegari (2004), o milho, em condições normais, pode atingir 1,50 m a 1,70 m de altura aos 50 a 60 dias após a semeadura, com uma produção de 4 t ha⁻¹ a 6 t ha⁻¹ de matéria seca. Entretanto, pode chegar aos 100 a 120 dias, e a produzir em torno de 10 t ha⁻¹ de matéria seca. É recomendada a utilização de população altamente adensada. A lanço, pode-se utilizar 40-50 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis (SCALÉA, 1995). A semeadura também pode ser feita em sulcos, após o cultivo principal, aproveitando-se o resíduo da adubação. Antes da instalação da cultura principal, no início da época chuvosa, o milho é manejado com uso de máquina trituradora (prefere-se a operação de trituração em vez de roçagem para facilitar as operações seguintes). Os resíduos são deixados sobre o solo para secagem por 30 dias e, entre 5 a 10 dias antes da implantação da cultura, a rebrota e o mato são manejados com uso de um herbicida dessecante, tal como o glifosato.

O milho (*Zea mays* L.) constitui-se em uma alternativa interessante de planta de cobertura, possibilitando ganho com a produção. O modelo de cultivo altamente tecnificado pode ser empregado, nesse cenário em que o milho seria uma das culturas principais. O cultivo do milho apenas para a produção de palhada pode ser realizado, mas, nesse cenário, estratégias para redução do custo devem ser adotadas, tais como a utilização de variedades de milho, com menor custo de obtenção de sementes, ou a utilização das chamadas “sementes de paiol”, ou seja, grãos produzidos em safra anterior guardados para utilização como sementes. Os resíduos vegetais do milho normalmente atingem 6 t ha⁻¹ a 7 t ha⁻¹ de matéria seca, com relação C/N ampla, de lenta decomposição.

A Mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* (Piper e Tracy) Merr) apresenta desenvolvimento vegetativo eficiente e acentuada rusticidade no Cerrado, adaptando-se bem às condições de deficiência hídrica e de temperaturas altas. Floresce e frutifica de maneira variável, porém não possui reação fotoperiódica (BURLE et al., 1988). Sua semeadura pode ser efetuada em diferentes períodos no verão, pois não possui reação ao fotoperíodo, portanto as fitomassas verde e seca produzidas não diminuem quando comparadas a outras plantas utilizadas para adubação verde (BURLE et al., 2006). A produtividade de matéria fresca da mucuna-preta em cultivo exclusivo pode atingir de 10 t ha⁻¹ a 40 t ha⁻¹ (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1988).

Como viabilizar a rotação de culturas em cultivo protegido?

Períodos longos de pousio, ou com culturas que não produzam comercialmente, como é o caso da maioria das culturas utilizadas para rotação/sucessão com o pimentão, não são viáveis no contexto do cultivo protegido, devido ao alto investimento financeiro realizado na estrutura, aliado ao alto custo fixo de sua manutenção (ex. substituição do plástico de cobertura, manutenção da estrutura metálica ou de madeira, manutenção do sistema de irrigação, etc). Existem, também, produtores que dispõem de apenas uma estufa, dependendo dessa única estrutura para obter renda.

Considerando esses aspectos, as culturas a serem utilizadas em rotação/sucessão, no contexto do cultivo protegido, devem apresentar um ciclo mais curto, de 2 ou 3 meses, além de possibilitar, sempre que possível, retorno econômico direto advindo de sua produção (LEAL, 2005). Uma dessas culturas é o feijão-vagem, por ser uma cultura de ciclo curto, pouco exigente em tratamentos culturais e que aproveita a adubação residual do pimentão. Utilizam-se duas plantas de feijão-vagem em cada cova do pimentão, sem necessidade de realizar adubação. O produto pode ser comercializado, pois apresenta boa qualidade em decorrência do resíduo de adubação do pimentão. Além do feijão-vagem, a *Crotalaria juncea* é um adubo verde de grande rusticidade. Adiciona grande quantidade de matéria orgânica e nitrogênio ao solo. Seu plantio é realizado em sulcos, com duas linhas por canteiro e 30 sementes por metro linear. Não apresenta

possibilidade de retorno financeiro direto, mas seu corte pode ser realizado a partir do segundo mês de cultivo, onerando menos o produtor. A massa vegetal obtida pode ser incorporada ou deixada cobrindo a superfície do solo. Outra cultura recomendada é o milho, utilizando-se duas plantas em cada cova do pimentão. Mas como o objetivo no caso do cultivo protegido é apenas “descansar” o solo, o milho pode ser cortado também com dois meses de idade. Com características semelhantes ao milho, o milheto também pode ser cultivado e cortado aos 60 a 75 dias após a semeadura. Para sua implantação, as sementes são lançadas sobre o solo em área total e em alta densidade (10 g por m²), recomendando-se uma passagem de grade na regulagem mais leve (aberta) possível, apenas para cobrir as sementes com terra e evitar o ataque por pássaros.

Apesar de algumas culturas para uso em rotação/sucessão não proporcionarem retorno econômico direto por meio de sua produção, o retorno econômico advindo da melhoria das condições de solo para a cultura do pimentão deve ser considerado. O retorno econômico obtido com o aumento da produtividade e com a redução dos problemas relacionados à compactação, em decorrência da realização de rotação/sucessão de culturas, tem o potencial de compensar os custos de manutenção da estrutura de cultivo protegido durante o ciclo das culturas “restauradoras” do solo. Outro aspecto importante, com relação aos custos financeiros, é a possibilidade de se manter a estrutura de cultivo protegido em um mesmo lugar por período superior ao que se conseguiria sem a realização de rotação/sucessão de culturas, por causa da crescente incidência de problemas em decorrência do cultivo sucessivo de um mesmo tipo de hortaliça.

Sistemas conservacionistas de manejo do solo

Sistemas conservacionistas de manejo do solo, tais como o cultivo mínimo ou até mesmo o plantio direto, apresentam resultados altamente satisfatórios para o cultivo de hortaliças, mesmo em cultivo protegido.

As primeiras experiências com sistemas conservacionistas de manejo de solo para hortaliças

no Brasil, de forma mais sistematizada, foram em cebola, no Estado de Santa Catarina, ainda na década de 80. O cultivo mínimo em Santa Catarina foi empregado por médios e grandes produtores com o uso de máquinas com alta eficiência de trabalho, do tipo rotocultivador, ou por pequenos produtores pelo uso de microtratores adaptados com enxadas rotativas modificadas ou, ainda, pelo uso de rolos acamadores improvisados ao nível do produtor e ferramentas manuais. A área de cebola no Planalto Catarinense sob cultivo mínimo chegou a cerca de 40% do total em meados da década de 90 (MADEIRA, 2009).

Plantio direto é um sistema de manejo sustentável de solo que visa a otimizar a expressão do potencial genético das plantas cultivadas no longo prazo, compreendendo um complexo integrado de processos, fundamentado em três requisitos básicos: o revolvimento mínimo do solo, restrito à cova ou sulco de plantio; a diversificação de espécies pela rotação de culturas; e a cobertura do solo com resíduos vegetais utilizando culturas específicas para a formação de palhada (MADEIRA, 2009).

Dentre os benefícios do plantio direto, a grande redução no consumo de derivados de petróleo, pela redução no uso de maquinário, o que também contribui para a redução da emissão de gases de "efeito estufa"; a redução na evaporação pela cobertura da superfície do solo com palhada e, conseqüentemente, no consumo de água em culturas irrigadas entre 10% e 30%; a redução no escoamento superficial, minimizando processos erosivos; a redução nas perdas de solo e água pluvial por efeito da cobertura do solo com palhada (ABDUL-BAKI; TEASDALE, 1997); a maior ação biológica de raízes, minhocas e outros organismos, responsáveis por cerca de 80% da movimentação biológica do solo (GASSEN; GASSEN, 1996), entre outros.

No caso específico da adoção de plantio direto em hortaliças, Madeira (2009) discute que as culturas olerícolas não proporcionam resíduos de palhada em quantidade adequada a sistemas de plantio direto, seja pela baixa relação C:N que apresentam, o que proporciona rápida decomposição, seja pela exportação do material vegetal por ser este o produto comercial de interesse, seja pela ocorrência de patógenos de difícil controle e conseqüente

necessidade de eliminação dos restos culturais. Isso pode ser contornado pelo manejo de plantas espontâneas, permitindo-se o seu desenvolvimento após o período crítico de competição com a cultura, e pela escolha adequada do esquema de rotação de culturas. Em hortaliças, o mais recomendado é a sucessão de plantio: hortaliça - planta de cobertura - hortaliça - planta de cobertura, e assim sucessivamente.

Recentemente, o transplântio diretamente na palha de mudas de tomate para processamento vem sendo empregado, especialmente em Goiás, maior produtor nacional de tomate para processamento, tendo por vantagens a melhor conservação do solo, a maior tolerância a estresses hídricos, o menor uso de máquinas na lavoura e o maior aproveitamento da produção em função da redução das perdas por podridões, em função do seu desenvolvimento sobre a palhada e ausência de contato direto com o solo, com conseqüente bonificação pela qualidade da matéria-prima. Tem-se usado como alternativas para produção de palha, o arroz e o milho, visando à produção de grãos, ou o milheto, visando apenas à produção de palha (MADEIRA, 2009).

Segundo Osterroht e Fortes (2000), o cultivo mínimo de tomate para mesa e de pimentão em casas de vegetação tornou o sistema radicular mais desenvolvido e a cultura mais resistente, havendo aumento na produtividade e longevidade da produção. A base da rotação de culturas é a adubação verde, com aveia-preta no inverno e milho no verão, efetuando-se a roçada no florescimento e o acamamento da palhada, transplantando-se o tomate e o pimentão sobre esta.

Considerações finais

As estratégias disponíveis para evitar a compactação do solo e ou para recuperar a estrutura produtiva de solos compactados variam desde a simples adoção de como realizar o preparo de solo até a realização de mudanças profundas no sistema de produção, tal como a migração do sistema de manejo do solo convencional para o sistema plantio direto. Toda ação no sentido de promover o desenvolvimento radicular na cultura do pimentão proporciona resultados muito notáveis, tanto no desenvolvimento da planta quanto na produtividade obtida.

Referências

- ABCSEM. **2º Levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil**. 2012. Disponível em <http://www.abcsem.com.br/imagens_noticias/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20completa%20dos%20dados%20da%20cadeia%20produtiva%20de%20hortali%C3%A7as%20-%202029MAIO2014.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- _____. **Pesquisa de mercado de sementes de hortaliças**. 2009. Disponível em: <<http://www.abcsem.com.br/dados-do-setor>> Acesso em: 10 jun. 2014.
- ABDUL-BAKI, A.; TEASDALE, J. R. **Sustainable production of fresh-market tomatoes and other summer vegetables with organic mulches**. Washington: USDA, 1997. 23 p. (Farmers' Bulletin, . 2279).
- ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 519-531, 2004.
- ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1988. 162 p.
- ANDRIGUETO, J. R.; NASSER, L. C. B.; TEIXEIRA, J. M. A. A produção integrada de frutas (PIF) e o Sistema Agropecuário de Produção Integrada (SAPI). In: SOBRINHO, R. B.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERAPO, D. **Produção integrada de melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical: Banco do Nordeste do Brasil, 2008. p. 17-28.
- BONAMIGO, L. A. Nova opção de cobertura e rotação. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, Edição Especial (Milho), p. 12-13, 1995.
- BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003.
- BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York: Robert E. Krieger, 1976. 482 p.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, n. 1/2, p. 3-22, 2005.
- BURLE, M. L.; BOWEN, W. T.; PEREIRA, J.; SUHET, A. R.; RESCK, D. V. S. **Identificação de leguminosas adubo verde tolerantes à seca nos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1988. 4 p. (Embrapa-CPAC. Pesquisa em Andamento, 22). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102124/1/pesq-22.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F., PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde: Mucuna-preta. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 116-121.
- BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; FREDERICK, J. R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 68, p. 49-57, 2002.
- CALEGARI, A. Alternativas de culturas para rotação em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.13, n. 80, p.62-70, 2004.
- CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, 2001.
- DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1713-1722, 2011.
- EMATER-DF. **Semana do pimentão em Planaltina começa amanhã**. 2016. Disponível em: <http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1662:semana-do-pimentao-em-planaltina-comeca-amanha&catid=47:noticias&Itemid=125>. Acesso em: 16 mar. 2017.
- GASSEN, D.; GASSEN, F. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.
- HENZ, G. P.; COSTA, C. S. R.; CARVALHO, S. I. C.; BANCI, C. A. Como cultivar pimentão. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 42, p. 1-7, 2007.
- FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Londrina, Embrapa Soja, 2011. 52p. (Embrapa Soja. Documentos, 327). Disponível em: <<http://ainfo>.

- cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42715/1/ID-32202.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2017.
- KOOREVAR, P.; MENELIK, G.; DIRKSEN, C. **Elements of soil physics**. Amsterdam: Elsevier, 1983. 230 p.
- LEAL, M. A. A. **Sistema PESAGRO RIO para produção de tomate orgânico**. Niterói: PESAGRO RIO, 2005. 22 p.
- MADEIRA, N. R. Inovações tecnológicas no cultivo de hortaliças em sistemas de plantio direto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. S4024-S4032, 2009. Suplemento.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, L. C. W. **Irrigação na cultura do pimentão**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 20 p. (Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 101). Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60150/1/10-33-CT-101-Prova-2012-03-12.pdf> >. Acesso em: 20 mar. 2017.
- MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 531-538, 2001.
- OSTERROHT, M. von; FORTES, L. O. Fazenda Santa Tereza: constante desenvolvimento para maior sustentabilidade. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 1, v. 5, p. 15-18, out/nov, 2000
- PITOL, C.; BORGES, E. P.; BROCH, D. L.; SIEDE, P. K.; ERBES, E. J. **Milheto: o milheto na integração agricultura-pecuária**. Maracaju: Fundação MS, 1996. 6 p.
- RIZZO, L. T. B. **Indicadores da resiliência do latossolo vermelho escuro cultivado com citros e eucalipto em Itapetininga-SP: recuperação de um solo degradado pela compactação**. 200 f. 2000. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- SCALÉA, M. J. A cultura do milheto e seu uso no Plantio Direto no cerrado. In: LANDERS, J. N. (Ed.) **Fascículo de experiências de plantio direto no Cerrado**. Goiânia: Associação de Plantio Direto no Cerrado, 1995. p. 246-254.
- SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. **Tropical grasses**. Roma: FAO, 1989. p. 596-603. (Production and Protection Series, 23)
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap.7, p.275-374.
- SILVA, S. G. C.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; SÁ, J. C. M. Temporary effect of chiseling on the compaction of a Rhodic Hapludox under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p. 547-555, 2012.
- STALHAM, M. A.; ALLEN, E. J.; ROSENFELD, A. B.; HERRY, F. X. Effects of soil compaction in potato (*Solanum tuberosum*) crops. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 145, p. 295-312. 2007.
- TAVARES FILHO, J. FONSECA, I. C. B., RIBON, A. A.; BARBOSA, G. M. C. Efeito da escarificação na condutividade hidráulica saturada de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 996-999, 2006.
- TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23). Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/17473/1/circTec23.pdf> > Acesso em: 20 mar. 2017.
- VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELO, N. A.; DIECKOW, J. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. cap. 25 p. 483-494.
- XU, X.; NIEBER, J. L. GUPTA, S. C. Compaction effects on the gas diffusion coefficients in soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 1743-1750, 1992.
- WEBSTER, C. C.; WILSON, P. N. **Agriculture in the tropics**. 2nd ed. London: Longman Group. 1980. 640p.

**Comunicado
Técnico, 115**

Embrapa Hortaliças
Endereço: Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis,
km 9, Caixa Postal 218, CEP 70275-970,
Brasília-DF,
Fone: (61) 3385-9000
Fax: (61) 3556-5744
SAC: www.embrapa.br/fale-conosco/sac
www.embrapa.br/hortalicas



1ª edição
1ª impressão (2017): 1.000 exemplares

**Comitê de
Publicações**

Presidente: Jadir Borges Pinheiro
Editora Técnica: Mariana Rodrigues Fontenelle
Secretária: Gislaíne Costa Neves
Membros: Carlos Eduardo Pacheco Lima
Raphael Augusto de Castro e Melo
Ailton Reis
Giovani Olegário da Silva
Iriani Rodrigues Maldonade
Alice Maria Quezado Duval
Jairo Vidal Vieira
Rita de Fátima Alves Luengo

Expediente

Supervisora Editorial: Caroline Pinheiro Reyes
Bibliotecária: Antônia Veras de Souza
Editoração eletrônica: André L. Garcia