

Fábio Alvares de Oliveira
César de Castro
Julio Cezar Franchini
Eleno Torres

Introdução

O manejo do solo é definido como o conjunto de operações necessárias para a exploração agrícola do solo e tem como objetivo propiciar condições favoráveis à semeadura, à emergência uniforme das plântulas e ao desenvolvimento radicular e da parte aérea de todas as espécies que compõem o sistema de produção, incluindo o girassol. Os sistemas de manejo do solo e das culturas afetam a suscetibilidade do solo à erosão e, deste modo, as perdas de solo e nutrientes, principalmente a matéria orgânica do solo (MOS), devido aos seus efeitos sobre a distribuição dos resíduos vegetais no perfil do solo, a dinâmica da água e a variação térmica do solo. A MOS é considerada o parâmetro determinante da produtividade em solos tropicais, devido às suas implicações em características químicas (capacidade de troca de cátions), físicas (estabilidade estrutural e porosidade) e biológicas (biomassa microbiana e diversidade biológica). A permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo no sistema de manejo denominado de semeadura direta diminui em 20% a taxa de decomposição dos resíduos vegetais, considerando a média de resíduos como trigo, soja, milho e aveia (Saraiva et al., 2003). Essa maior quantidade de resíduos na superfície determina condições de menor variação térmica e maior disponibilidade de água (Vieira, 1981; Sidiras et al., 1982; Sidiras et al., 1983), que favorecem o desenvolvimento e produtividade das culturas. Na semeadura direta, também se evidencia um aumento da MOS, em relação ao sistema de semeadura convencional (Corazza et al., 1999; Bayer et al., 2000; Sá et al., 2001; Amado et al., 2001), atingindo taxas médias de 500 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Desta forma, para a sustentabilidade da produção, do ponto de vista econômico, ambiental e social, atenção especial deve ser dispensada ao solo, pois o seu uso inadequado pode inviabilizar a atividade agrícola. Para evitar a degradação ambiental e atingir o desenvolvimento sustentável, é fundamental a adoção

de diversas práticas, dando-se prioridade ao uso dos sistemas de semeadura direta e rotação de culturas, visto que envolvem, simultaneamente, boas práticas conservacionistas. Contudo, em situações especificamente justificadas, poderão ser utilizadas práticas racionais de preparo do solo.

Escolha de área

O girassol é uma cultura que pode ser inserida em sistemas de rotação de culturas e também de integração lavoura-pecuária, apresentando como principal benefício seu grande potencial como planta recicladora de nutrientes, uma vez que apresenta bom desenvolvimento, boa produção de matéria seca tanto da parte aérea quanto do sistema radicular e baixa taxa de exportação de nutrientes. Assim, o girassol pode ser cultivado em solos utilizados para a produção das principais culturas de grãos, em geral mais tolerantes à acidez, apesar de apresentar melhor desenvolvimento em solos bem corrigidos, profundos, férteis, planos e bem drenados, sem limitações ao crescimento radicular.

Na ausência de limitação de ordem física ou química, o sistema radicular do girassol tem potencial para explorar um grande volume de solo, proporcionando maior resistência à seca e ao acamamento, maior absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, maior rendimento. As raízes podem alcançar profundidades maiores que 3,0 m (Aguirrezábal & Andrade, 2002). Esta característica tem grande importância para que a cultura apresente rendimentos favoráveis em situações de estresse hídrico (Unger, 1990).

Apesar do elevado potencial de desenvolvimento radicular, problemas como a compactação e a acidez, principalmente associada à presença de alumínio em níveis tóxicos, podem restringir o volume de solo explorado pelo sistema radicular (Torres & Saraiva, 1999). Assim, a cultura do girassol apresenta as mesmas exigências requeridas por culturas como a soja e o milho, ou seja, faz-se necessária a correção de problemas químicos e de compactação do solo para o rápido e uniforme estabelecimento da população de plantas.

Efeito da compactação no desenvolvimento das plantas

O girassol é uma planta que se caracteriza por possuir sistema radicular profundo, alcançando de 2,0 m (Bremner & Preston, 1990) até 2,7 m de

profundidade (Knowles, 1978). No início do desenvolvimento das plantas, numerosas raízes laterais originam-se da raiz principal, logo abaixo do colo, nos primeiros 10 a 15 cm de profundidade. As raízes laterais espalham-se lateralmente atingindo até 1,5 m comprimento e ocupando os primeiros 30 cm de solo (Knowles, 1978). Isso demonstra que o desenvolvimento do sistema radicular pode atuar como condicionador biológico da estrutura do solo. A taxa de crescimento concentrada e elevada no início do ciclo até os 30 DAE, é mais importante que o crescimento da parte aérea, acumulando de 20 a 30% da biomassa total da planta neste período. Com a evolução no desenvolvimento da parte aérea, a taxa de crescimento reduz para 15% (Merrien, 1992).

Cox & Jolliff (1986), em estudo realizado em condições de campo, observaram que o girassol utilizou principalmente a água armazenada no solo entre 0,9 e 1,8 m de profundidade, que se constitui num grande reservatório de água, reduzindo os efeitos de estresse hídrico, mesmo na fase de maior exigência das plantas, que é o florescimento. O aprofundamento do sistema radicular do girassol é uma característica altamente favorável e contribui para o sucesso da cultura em condições de baixa disponibilidade hídrica (Unger, 1990), como aquelas do cultivo em safrinha no Brasil Central.

Contudo, as raízes do girassol são sensíveis a compactação e ao adensamento do solo (Gonçalves & Souza, 1985), que, associados à presença de formas tóxicas de alumínio, inibem o crescimento radicular, reduzindo o volume de solo explorado. A compactação do solo pode ser entendida, basicamente, como o aumento da densidade do solo e a redução de sua porosidade total. A compactação é o resultado de processos mecânicos, geralmente causado por implementos agrícolas, principalmente quando o manejo do solo é executado em condições de umidade elevada, continuamente na mesma profundidade e/ou quando o tráfego de máquinas agrícolas é intenso.

O solo é constituído por partículas minerais e orgânicas de diferentes granulometrias, organizadas numa estrutura que define a sua porosidade. O espaço poroso é dividido em macroporos responsáveis pela aeração e infiltração de água e microporos, responsáveis pela retenção de água. Com o adensamento do solo, ocorre redução da macroporosidade e comprometimento dos processos de infiltração de água e aeração do solo (Camargo & Alleoni, 1997). Nessa situação, o crescimento das raízes é dificultado pela menor aeração (Kochhann et al., 2000) e maior força para penetração das raízes em espaços menores que o seu diâmetro (Torres & Saraiva, 1999).

A compactação do solo também contribui para a limitação do crescimento radicular através da redução do espaço poroso, aumentando assim a densidade do solo e limitando a aeração (Fageria et al, 1999), a condutividade hidráulica, que afeta a movimentação de água no perfil, aumentando, também, a possibilidade de escoamento superficial de água, resultando em perdas de solo e nutrientes.

Rompimento da camada compactada

A compactação do solo pode ser facilmente constatada em plantas debilitadas, que são facilmente arrancadas do solo e apresentam encurvamento, deformação e crescimento horizontal da raiz pivotante. Com a utilização de pequenas trincheiras, determina-se a profundidade de ocorrência da compactação, analisando-se aspectos morfológicos como a estrutura e a consistência do solo, a distribuição das raízes no perfil ou a verificação da resistência à penetração (Kochhann et al., 2000).

De modo geral, no sistema de semeadura convencional, em função da profundidade de trabalho dos implementos utilizados no manejo do solo, a camada compactada situa-se entre 15 a 25 cm de profundidade. Já no sistema de semeadura direta a camada compactada é mais superficial, localizada entre 8 a 17 cm de profundidade. Assim, para evitar o gasto desnecessário de energia, o rompimento mecânico deve ser feito em profundidade imediatamente abaixo do limite inferior da camada compactada. Podem ser utilizados com eficiência o arado, o subsolador ou o escarificador, desde que respeitada a umidade de trabalho adequada. O uso do arado é indicado apenas quando há necessidade de incorporação de calcário; caso contrário, o uso do escarificador é preferível devido ao menor revolvimento e preservação da cobertura do solo e da MOS.

No caso do uso de arado (discos ou aivecas), a condição de umidade apropriada é aquela em que o solo apresenta-se friável (Torres et al., 1993). Em solos úmidos e muito úmidos, a consistência torna-se plástica e pegajosa, aumentando a sua aderência nos componentes ativos do arado e promovendo deformação e maior compactação do solo. Ao contrário, em solos secos, a penetração torna-se dificultada e o tamanho dos torrões aumenta, dificultando a uniformização da área. Para a utilização do subsolador e do escarificador, no entanto, a condição apropriada é de solo seco, pois quando a umidade é elevada ocorre a deformação do solo e o selamento dos poros, no fundo e nas laterais do sulco, tornando ineficiente a descom-

pactação. O espaçamento entre as hastes do equipamento deve ser regulado para 1,2 a 1,3 vezes a profundidade de trabalho, para garantir o rompimento da camada compactada (Kochhann et al., 2000; Manejo, 2004).

A alternância de implementos de preparo do solo, que trabalham a diferentes profundidades e possuem diferentes mecanismos de corte, além da observância do teor adequado de umidade para a movimentação do solo, são relevantes para minimizar a sua degradação. Na semeadura direta, a compactação do solo pode ser manejada pelo uso de rotação de culturas com sistemas radiculares de diferentes tipos (pivotante ou fasciculado) e agressividade. Sistemas radiculares vigorosos penetram num volume maior de solo e produzem grande quantidade de massa, contribuindo para a redução da pressão de compactação das atividades de manejo subsequentes (Torres & Saraiva, 1999).

Preparo do solo

O preparo do solo é uma operação planejada de acordo com as características de cada solo, com o objetivo de fornecer as condições ideais para a germinação rápida e uniforme das sementes, permitindo às plântulas o melhor aproveitamento de água e nutrientes, reduzindo a competição com as plantas daninhas, além da maior resistência e tolerância aos períodos de seca.

O sistema de preparo da área depende das necessidades de correção de quaisquer impedimentos ao desenvolvimento das raízes ou manutenção de condições adequadas do solo, podendo ser empregado tanto o sistema convencional como o direto.

Preparo convencional

Apesar da semeadura direta ser a prática mais correta de manejo do solo, do ponto de vista conservacionista, é possível o cultivo do girassol pelo sistema de preparo convencional, desde que utilizado racionalmente, devido aos sérios riscos de degradação ambiental pelo processo erosivo possibilitado pela grande movimentação de solo.

O preparo primário do solo envolve a aração e/ou a escarificação, com o objetivo principal de romper a camada compactada, aumentar a aeração e a retenção de água do solo, além de promover o controle das plantas

daninhas e incorporação de restos culturais. Devido aos maiores riscos de compactação, pelo tráfego de máquinas mais intenso, deve-se adotar a rotação de implementos de preparo, o que possibilita diferentes condições e profundidade de trabalho e movimentação de solo. A escarificação, como alternativa de preparo, possibilita a permanência do máximo possível de resíduos culturais na superfície e substitui, com vantagens, a aração e a gradagem aradora, desde que se reduza o número de gradagens niveladoras.

As operações de preparo de solo requerem condições de umidade adequadas para minimizar a formação de camadas de compactação. Quando for utilizado o arado ou a grade, o solo deverá apresentar consistência friável e, portanto, umidade na faixa de 60% a 70% da capacidade de campo, para solos argilosos, e de 60% a 80%, para solos arenosos. Quando for usado o escarificador, a faixa ideal de umidade será de 30% a 40% da capacidade de campo, para solos argilosos (Torres & Saraiva, 1999).

Atenção especial deve ser dada ao preparo profundo do solo, principalmente no caso de solos distróficos e álicos. A movimentação profunda do solo poderá trazer para a superfície camadas não corrigidas, contendo alumínio em níveis tóxicos e com baixa disponibilidade de fósforo, podendo prejudicar o desenvolvimento das plantas. Nesse caso, é necessário conhecer a distribuição dos nutrientes e o pH no perfil do solo, para determinar a necessidade de manejo químico com corretivos de acidez.

O preparo secundário do solo com grade niveladora objetiva a uniformização do terreno e a incorporação de resíduos, possibilitando uma operação de semeadura mais eficiente. Devido aos riscos de compactação, esta operação deve ser limitada ao mínimo de passagens do implemento e realizada próximo da época de semeadura.

Semeadura direta

No passado, o sistema de produção de girassol, a exemplo de outras culturas de grãos, tinha como principal forma de preparo do solo o sistema convencional, com o uso de aração e gradagem, com os objetivos de reduzir as camadas de impedimento e uniformizar o terreno, facilitando a operação de semeadura e possibilitando o melhor desenvolvimento das raízes. Em contrapartida, ocorria a degradação da estrutura do solo, com a formação freqüente de camadas subsuperficiais compactadas, bem como encrostamento superficial e perdas de solo por erosão. Além disso, o número excessivo de operações promovia o atraso na semeadura, prejudi-

cando a cultura, principalmente nas condições de safrinha, em função do regime hídrico coincidindo com o final das chuvas.

Atualmente, novo enfoque é dado ao sistema de cultivo do girassol. A semeadura direta apresenta-se como o sistema ideal de exploração agropecuária por vários aspectos: o número de operações é reduzido, tornando a sucessão de cultivos mais rápida; a mobilização de solo ocorre apenas na linha de semeadura, resultando na manutenção da estrutura do solo e da cobertura com resíduos vegetais, reduzindo as perdas de solo por erosão; aumenta o teor de matéria orgânica do solo, melhorando o potencial produtivo do solo; melhora a conservação da água no solo, aumentando a água disponível as culturas. Assim, é um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional de manejo, envolvendo o uso de técnicas específicas, preservando a qualidade ambiental. Contudo, apresenta alguns requisitos relativos aos recursos humanos, técnicos, e de infra-estrutura.

A semeadura direta fundamenta-se, basicamente, na ausência de preparo do solo e na cobertura permanente do terreno através da rotação de culturas (Hernani & Salton, 1998.; Santos & Reis, 2001).

É importante ressaltar que a semeadura direta não deve ser encarada como uma prática possível de ser aplicada em todos os tipos de solos. Solos degradados, compactados, ácidos e infestados de plantas daninhas, devem ser submetidos a práticas corretivas antes da adoção do sistema.

Além da compactação do solo, seja ela natural, pela ausência de revolvimento, ou induzida, pelo uso excessivo de implementos em condições inadequadas de umidade do solo, a acidez subsuperficial com presença de alumínio em níveis tóxicos (Blamey et al., 1987) e a possibilidade de infecção por fungos fitopatogênicos existentes na palhada do cultivo anterior (Leite, 1997), são as principais limitações observadas no sistema de semeadura direta, que podem restringir o desenvolvimento das plantas de girassol.

Assim sendo, a adoção do sistema de semeadura direta requer um planejamento, iniciado por um diagnóstico das áreas de cultivo, e um programa de correção das limitações físicas e químicas existentes. Para tanto, é necessário coletar e organizar informações referentes ao tipo de solo, à presença de camadas de compactação, à fertilidade e acidez em subsuperfície, à distribuição e número de espécies de plantas infestantes, à topografia, à ocorrência de erosão, às práticas conservacionistas existentes, à drenagem, aos córregos, aos açudes, entre outras.

No caso de solos compactados, o rompimento dessa camada pode ser efetuado, com eficiência, através do preparo convencional, com aração a maior profundidade, subsolagem, escarificação ou outro manejo mais adequado ao tipo de solo e a disponibilidade de implemento, devendo ser realizado até a profundidade imediatamente abaixo da camada de impedimento (Torres & Saraiva, 1999), no cultivo que antecede a semeadura do girassol. Nesse momento, também deve ser feito, caso necessário, a correção da acidez. A partir desse momento, a semeadura direta deve ser o manejo padrão do solo.

O girassol normalmente aproveita o manejo já adotado, uma vez que deve estar necessariamente integrado num sistema de rotação de culturas, podendo ser cultivado numa área máxima correspondente a 25% da área total da propriedade, por questões fitossanitárias (Seção 14 - Semeadura e Manejo da Cultura do Girassol).

O levantamento e o mapeamento da ocorrência de plantas infestantes é muito útil para definir o manejo adequado, principalmente pela sensibilidade do girassol a alguns herbicidas aplicados na cultura anterior ou a falta de registro de produtos para o girassol, impedindo a utilização de muitos princípios ativos de uso correntes em outras culturas e, também, no girassol em outros países (Seção 15 - Manejo de plantas daninhas no girassol).

Para o planejamento adequado, faz-se necessária a divisão da propriedade em talhões com características homogêneas, segundo a declividade, o tipo de solo, fertilidade, histórico de manejo químico e os cultivos anteriores. As atividades na propriedade são estabelecidas a partir de um cronograma organizado para cada talhão, desde as ações para a correção da acidez e fertilidade, descompactação, manejo de coberturas vegetais e controle fitossanitário, para posterior semeadura do girassol.

Culturas de cobertura

A semeadura direta pressupõe a cobertura permanente do solo que, preferencialmente, deve ser de culturas comerciais como o milho, o sorgo, o girassol ou a soja, em sistemas de rotação com adubos verdes ou culturas de cobertura do solo. As espécies para adubação verde ou cobertura do solo devem apresentar adaptação regional, além das seguintes características: produção de grande quantidade de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, não infestar áreas, não servir como fonte de inóculo de

doenças, ser de fácil manejo, apresentar sistema radicular agressivo e profundo, ter elevada capacidade de ciclagem de nutrientes, ser de fácil produção de sementes, entre outras (Heckler & Hernani, 1998).

A escolha das culturas para compor um programa de rotação deve levar em conta vários fatores, mas deve identificar corretamente os objetivos principais do sistema de produção. Assim, para a cobertura do solo e/ou suprimento inicial de palha, a opção deve ser por espécies que produzam quantidades elevadas de massa seca com relação carbono/nitrogênio (C/N) elevada. Por outro lado, se o objetivo principal é a ciclagem de nutrientes, as culturas escolhidas devem apresentar uma relação C/N mais baixa, favorecendo o processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica.

Em condições de cerrado, com dificuldade de formação de palhada, o milheto destaca-se como uma das principais plantas de cobertura, devido ao seu rápido desenvolvimento vegetativo, pois atinge 5 a 8 t ha⁻¹ de matéria seca aos 45 a 60 dias após a semeadura, proporcionando excelente cobertura do solo quando cultivado no início das chuvas (Manejo, 2004). O milheto também pode ser produzido logo após a colheita da soja, podendo, neste caso, aumentar a cobertura do solo. Por outro lado, nesta condição, pode inviabilizar a semeadura da safrinha de girassol para produção de grãos.

O girassol também pode ser utilizado como planta de cobertura (Carvalho & Sodrê Filho, 2000) e adubação verde nos sistemas de rotação de culturas (Carvalho et al., 1999), devido a boa produção de matéria seca tanto da parte aérea quanto do sistema radicular e a maior resistência natural a condições de estresse hídrico. Nesse aspecto, o girassol é reconhecido por muitos agricultores e pela pesquisa como uma cultura melhoradora das condições físicas (Rotação, 2004), e também da capacidade produtiva do solo, porque promove a ciclagem de nutrientes.

De acordo com as quantidades de matéria seca produzidas, o girassol é considerado como cultura de média produção (Amado et al., 2002), com a vantagem de apresentar um crescimento rápido. Aos setenta DAE, no início do enchimento de aquênios, a quantidade de matéria seca representa 80% do total de acúmulo potencial, que é alcançado por volta dos 84 DAE, durante a segunda fase do enchimento de aquênios (Fig. 1).

Em condições de elevada disponibilidade hídrica e de fertilidade, a produção de matéria seca pelo girassol pode ser bastante elevada, superando 14 t ha⁻¹ (Cox & Jolliff, 1986; Guirado et al., 2003). Nos cultivos em safrinha, a produção de matéria seca pode variar, entre genótipos, de 4 a 8 t ha⁻¹ (Ungaro et al., 2000b). Contudo, considerando-se somente a produção de

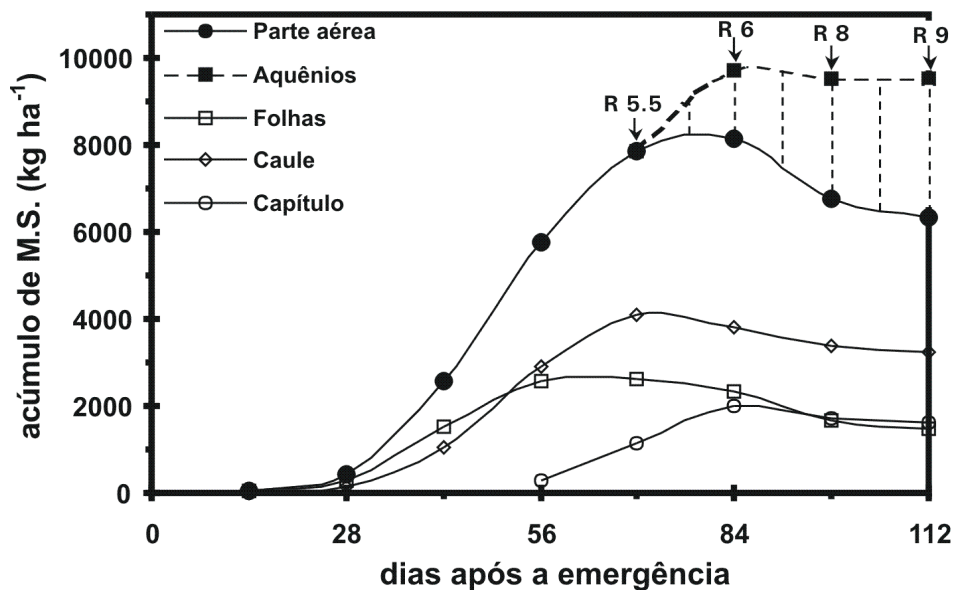


Fig. 1. Produção de matéria seca durante o desenvolvimento do híbrido de girassol Helio 251.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

resíduos (folhas, caules e capítulos) nos cultivos de alta produtividade no verão no Paraná, a produção pode atingir 6,3 a 8,0 t ha⁻¹. Mesmo com uma produção de palha elevada, o índice de colheita médio do girassol é relativamente baixo, variando em torno de 0,30 (Cox & Jolliff, 1986 e Barni et al., 1995) a valores menores que 0,20, em situações de deficiência hídrica (Ungaro et al., 2000 b), contribuindo para uma pequena taxa de exportação de nutrientes.

Manejo das plantas de cobertura

O manejo das plantas de cobertura e adubação verde deve ser realizado de modo a não dificultar a semeadura do girassol, que é uma operação delicada no pacote tecnológico da cultura. O manejo pode utilizar-se do controle mecânico com o uso de roçadeira, da segadora, do tarup, do rolo-faca ou do controle químico com herbicidas, durante a fase de florescimento. Embora o rolo-faca seja indicado, deve-se ter em mente que é um implemento que pode causar compactação, devendo ser utilizado somente quando a umidade do solo for baixa.

Em função das características climáticas de cada região, principalmente pelo déficit hídrico em condições de safrinha, o cultivo do girassol poderá ser uma atividade de risco. Assim, a opção pelo cultivo do girassol ou de espécies de cobertura para a proteção do solo também deve ser baseada na identificação do risco agroclimático para o girassol, característico para cada região e época de semeadura.

Por adaptar-se às condições de baixa pluviosidade do período de safrinha na região dos Cerrados, o girassol pode produzir quantidades de massa superiores às leguminosas utilizadas como adubos verdes (Sodré Filho et al., 2004), e com maiores teores de lignina e celulose, conferindo maior resistência à decomposição (Carvalho & Sodré Filho, 2000). Porém, a produção de massa não se traduz em cobertura do solo eficiente para reduzir os efeitos da temperatura, aumentar a infiltração de água e reduzir a suscetibilidade à erosão, pois os resíduos que apresentam decomposição mais lenta são constituídos predominantemente por hastes ou caules (Sodré Filho et al., 2004). A taxa de cobertura do solo pelo girassol é baixa porque os caules, que concentram 51% dos resíduos vegetais das plantas, permanecem semi-erectos após a colheita. No entanto, com o manejo adequado da colheita e, em alguns casos de pós-colheita, a fragmentação dos resíduos vegetais pode resultar em uma cobertura do solo eficiente (Fig. 2).



Fig. 2. Cobertura do solo pela palhada do girassol com colhedora regulada para a maior fragmentação dos resíduos.

As formas de manejo que fragmentam mais intensamente os resíduos vegetais produzidos e proporcionam maior contato com o solo resultam na decomposição mais rápida da palha. Nesse caso, a cobertura do solo será menos duradoura, porém a disponibilização dos nutrientes reciclados será antecipada, favorecendo imediatamente a próxima cultura. A escolha das espécies para compor um programa de rotação de culturas deve levar em conta que a cobertura do solo e/ou suprimento inicial de palha exigem espécies e cultivares que produzem quantidades elevadas de massa seca de relação C/N elevada e que permitem manejo que retarde a decomposição, aumentando a formação de palhada.

No florescimento, o girassol apresenta o maior acúmulo de nutrientes, com destaque para o potássio (Tabela 1), enquanto a produção de matéria seca atinge 80% da produção máxima, em torno de $7,9 \text{ t ha}^{-1}$, observados em cultivo no Paraná (Fig. 1). A ciclagem de nutrientes pelo girassol melhora a fertilidade da camada superficial do solo, uma vez que grande parte dos nutrientes são absorvidos numa profundidade superior à alcançada pela maioria das culturas. A ciclagem de nutrientes pelo girassol promove aumento da disponibilidade de fósforo na camada superficial e dos teores de potássio em todo o perfil do solo, beneficiando o desenvolvimento do milho e da soja cultivados em sucessão (Ungaro et al., 2000a). Também, em áreas de reforma de canavial, o cultivo do girassol tem possibilitado elevar as produtividades da cana-de-açúcar (Guirado et al., 2003).

A relação C/N média do girassol aumenta com o ciclo de desenvolvimento de 21 para 39 (Tabela 2), valores esses considerados relativamente baixos. No entanto, a análise da taxa de decomposição ou de manutenção da cobertura vegetal pela palhada deve considerar a variação existente entre as partes componentes da planta. A ciclagem de nutrientes, que beneficia as culturas em sucessão, deve-se às taxas de decomposição elevadas de alguns componentes da planta, como as folhas e os capítulos, que apresentam relação C/N reduzida. Na fase R 9, estes resíduos representam, respectivamente, 23% e 26% do total de matéria seca produzida que é rapidamente decomposta. Por outro lado, o caule que pode representar até 51% da massa total, apresenta relação C/N média ao final do ciclo de 82 e, portanto, uma decomposição mais lenta, contribuindo para a cobertura do solo por maior período de tempo. Assim, o girassol apresenta duas características interessantes para o cultivo em sistemas de rotação em semeadura direta, que são a formação de palhada e o favorecimento das culturas em sucessão pela rápida disponibilização de nutrientes.

Na integração dos sistemas de rotação de culturas em semeadura direta, o girassol também pode se beneficiar das culturas principais. Quando culti-

Tabela 1. Quantidades de nutrientes acumuladas na parte aérea do girassol Helio 251, no período de florescimento - fase de desenvolvimento R 5.5, para uma produção de 7,9 t ha⁻¹ de matéria seca.

Partes da planta	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹						
	C	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folha	680	73	10	141	72	7	3	190	90	398	1117	202
Caulo	1277	15	7	244	36	3	8	130	42	235	295	212
Capítulo	358	21	6	42	17	5	3	96	34	96	132	72
Resíduos ¹	2315	109	23	427	125	35	24	416	166	729	1544	486

¹Quantidades de nutrientes acumuladas nas folhas, caules e capítulos.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

Tabela 2. Relação C/N dos componentes dos resíduos culturais do girassol Helio 251, em quatro fases de desenvolvimento.

Partes da planta	Relação C/N			
	Fase R 5.5	Fase R 7	Fase R 8	Fase R 9
Folha	9,3	10,8	12,5	21,7
Caulo	83,3	77,5	81,9	82,4
Capítulo	16,9	29,0	29,0	26,6
Resíduos ¹	21,1	25,4	29,7	38,6

¹Relação das quantidades totais de carbono e de nitrogênio acumuladas nas folhas, caules e capítulos.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

vado em sucessão à soja, existe a possibilidade de aproveitamento do nitrogênio fixado que é retornado ao solo e também da adubação residual aplicada na soja, reduzindo os custos da cultura, assim como ocorre com o trigo (Lantmann et al., 1985).

Quando o girassol sucede ao milho, o benefício está relacionado com a proteção e cobertura do solo pelos resíduos da gramínea, reduzindo a perda de água por evaporação. Contudo, a operação de semeadura pode ser menos uniforme, pela presença dos colmos que podem promover embuchamento ou simplesmente dificultar a ação dos discos de corte. Assim, a utilização da soja, do milho e de culturas de cobertura na composição de um sistema de rotação com o girassol combina as vantagens e minimiza as desvantagens de cada cultura tornando, o sistema mais apropriado.

Considerações finais

A compactação do solo e a presença de níveis tóxicos de alumínio em subsuperfície são os grandes problemas para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, em especial do girassol, reduzindo o volume de solo explorado, afetando a disponibilidade de água e nutrientes e, conseqüentemente, seu potencial produtivo.

O manejo adequado do solo permite o melhor desenvolvimento do sistema radicular da cultura, permitindo a absorção de água e nutrientes em camadas de solo não exploradas por outras culturas, estabelecendo um importante papel da cultura na ciclagem de nutrientes, em sistemas de rotação de culturas.

O girassol é uma cultura com características de múltipla aptidão, podendo ser utilizada para a produção de grãos e óleo, como planta de cobertura e adubação verde e como opção nos sistemas de rotação de culturas para a promoção da ciclagem de nutrientes, aumentando a eficiência no uso de insumos e beneficiando as culturas em sucessão.

Referências

AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; ANDRADE, F.H. Ecofisiologia. In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2002, p.27-50.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo na semeadura direta e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.189-197, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.241-248, 2002.

BARNI, N.A.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H.; RIBOLDI, J. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: II. produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.1, n.2, p.201-216, 1995.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.54, p.101-109, 2000.

BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. **Nutritional disorders of sunflower**. Queensland: University of Queensland, Department of Agriculture, 1987. 72p.

BREMNER, P.M.; PRESTON, G.K. A field comparison of sunflower (*Helianthus annuus*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) in a long drying cycle. II Plant water relations, growth and yield. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.41, p.463-478, 1990.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: 1997. 132p.

CARVALHO, A.M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 20p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 11).

CARVALHO, A.M. de; CARNEIRO, R.G.; AMABILE, R.F.; SPERA, S.T.; DAMASO, F.H.M. **Adubos verdes**: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 20p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 7).

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, p.425-432, 1999.

COX, W.J.; JOLLIFF, G.D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.226-230, 1986.

FAGERIA, N.K.; STONE L.F.; SANTO, A.B. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294p.

GONÇALVES, J.L.C.; SOUZA, J.F. Adubação e correção do solo. In: **Girassol**: indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, 1985. 49p.

GUIRADO, N.; AMBROSANO, E.J.; ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; MENDES, P.C.D.; ROSSI, F.; MARTINELLI, F.; LANZONI, A.C.; AMBROSANO, G.M.B.; SAKAI, R.H.; SILVA, P.H.; BRÉFERE, F.A.T.; GODOY, A.P.; BELIZÁRIO, A. Aumento da produtividade da cana-de-açúcar cultivada em sistema de rotação com leguminosas em Piracicaba, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Solo**: alicerce dos sistemas de produção. Ribeirão Preto: SBCS; UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto**. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa SPI: Dourados: Embrapa CPAO, 1998. p.37-49.

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C. Conceitos. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto**. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa SPI: Dourados: Embrapa CPAO, 1998. p. 15-20.

KNOWLES, P.E. Morphology and anatomy. In: CARTER, J. F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.55-88.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; BERTON, A.L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 20p. (Embrapa Trigo. Documentos, 19).

LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; CAMPO, R.J.; BORKERT, C.M. Efeitos residuais da adubação aplicada para a soja na produção do girassol. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1985**. Londrina, 1985. p.41-42. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 16).

LEITE, R.M.V.B.C. **Doenças do girassol**. Londrina: EMBRAPA – CNPSO, 1997. p.61. (EMBRAPA – CNPSO. Curricular Técnica, 19).

MANEJO do solo. In: **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2005**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional: 2004. 41 – 55p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropoliains, 1992. 65p.

ROTAÇÃO de cultura. In: **Tecnologias de Produção de soja** – região central do Brasil 2005. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional: 2004. 36-39p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, A.; LAL, R.; VENSKE-FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.65, p.1486-1499, 2001.

SANTOS, H.P.; REIS, H.M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212p.

SARAIVA, O.F.; TORRES, E.; LONI, D.A.; PIRES, M.S. 2003. Manejo dos resíduos da colheita condicionado por sistemas de preparo do solo. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da embrapa soja, 2002**: manejo do solo, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p.29-37. (Embrapa Soja. Documentos, 214).

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em latossolo roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.7, p.103-106, 1983.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an oxisol. **Journal of Agronomy and Crop Science**. Berlin, v.151, p.137-148, 1982.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M.de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.4, p.327-334, abr. 2004.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimentos mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).

TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GALERANI, P.R. **Manejo do solo para a cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1993. 71p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 12).

UNGARO, M.R.G.; DECHEN, S.C.F.; QUAGGIO, J.A.; NNABUDE.; GALLO, P.B. Effects of crop rotation on soil chemical conditions and sunflower, soybean and maize production. **Helia**, Novi Sad, v.32, p.1-18, 2000a.

UNGARO, M.R.G.; NOGUEIRA, S.S.S.; NAGAI, V. Parâmetros fisiológicos, produção de aquênios e fitomassa de girassol em diferentes épocas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.205-211, 2000b.

UNGER, P.W. Sunflower. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**, Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.775-794, (Agronomy, 30).

VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, (Ed.). **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p.19-32.