

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

DINÂMICA DA AGREGAÇÃO INDUZIDA PELO USO DE PLANTAS DE INVERNO PARA COBERTURA DO SOLO⁽¹⁾

B. C. CAMPOS⁽²⁾, D. J. REINERT⁽³⁾, R. NICOLODI⁽⁴⁾ & L. C. CASSOL⁽⁵⁾

RESUMO

O impacto de plantas de inverno sobre a estabilidade estrutural do solo, antecedendo a cultura do milho sob plantio direto, foi avaliado em Podzólico Vermelho-Amarelo. O experimento foi realizado no campus da Universidade Federal de Santa Maria, de maio de 1991 a maio de 1992. Os tratamentos utilizados constaram de: chícharo (*Lathyrus sativus* L.), tremoço azul (*Lupinus angustifolius* L.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) e pousio invernal. Em cada parcela, foram coletadas mensalmente, desde a implantação das plantas de inverno até a colheita do milho, totalizando treze coletas, amostras de solo parcialmente deformadas e indeformadas para as determinações. Foram usadas duas subamostras na profundidade de 0-5 cm, com pá de corte, compondo uma amostra para análise de agregados e carbono orgânico e cinco subamostras, na mesma profundidade, com uso de cilindro volumétrico, compondo amostra para análise da atividade microbiana e umidade do solo. As plantas de cobertura induziram variação temporal da estabilidade dos agregados no período de estudo. A aveia preta atingiu maiores valores de estabilidade estrutural durante o ciclo das culturas de inverno, enquanto o tremoço azul maiores valores durante o ciclo do milho. Isso pode ser atribuído ao sistema radicular da gramínea e à taxa de decomposição da leguminosa, criando ambiente favorável à agregação, pela ação de raízes, cobertura do solo, fornecimento de material orgânico e conservação da umidade favoráveis à ação de microrganismos. Tais fatores, provavelmente, favoreceram a formação e conservação dos agregados do solo.

Termos de indexação: variabilidade temporal da agregação, *Lathyrus sativus*, *Lupinus angustifolius*, *Vicia sativa*, *Avena strigosa*, milho, plantio direto.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, em 1993. Recebido para publicação em abril de 1996 e aprovado em dezembro de 1998.

⁽²⁾ Pesquisador da FUNDACEP FECOTRIGO. Caixa Postal 10, CEP 98100-470 Cruz Alta (RS).

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos, UFSM. CEP 97105-900 Santa Maria (RS).

⁽⁴⁾ Engenheiro-Agrônomo da COTRIJUC. Caixa Postal 10, CEP 98130-000 Júlio de Castilhos (RS).

⁽⁵⁾ Professor do Curso de Agronomia do Centro Federal de Educação do Paraná, Unidade Centralizada de Pato Branco. Caixa Postal 571, CEP 85503-390 Pato Branco (PR).

SUMMARY: *AGGREGATION DYNAMICS INDUCED BY WINTER COVER CROPS*

The impact of winter cover crops prior to no-tillage corn on aggregate stability was evaluated throughout the agricultural year of May 1991 - May 1992, in a Hapludalf (Red-Yellow Podzolic). The experiment was carried out at the Federal University of Santa Maria-RS, using the following winter cover crops as treatments: Lathyrus (Lathyrus sativus L.); Lupine (Lupinus angustifolius L.); hairy vetch (Vicia sativa L.); black oat (Avena strigosa Schieb) and winter bare soil. Water aggregate stability, organic carbon, microbial activity, soil moisture and soil cover were measured monthly from the start of the winter cover crop seeding until corn harvesting. For each plot, composed samples at 0 to 5 cm depth were used in duplicate to measure aggregate stability and in five replications to measure microbial activity and soil moisture. The winter cover crops induced a temporal variation of aggregate stability throughout the measured period. Black oat induced higher aggregate stability throughout winter or cover crops growing season and lupine induced higher values during summer months or corn growing season. These were attributed to oat root system and to decomposition rate of lupine straw imposing favorable conditions for aggregation effected by roots, soil cover, organic carbon addition and conservation of soil moisture favoring soil microorganism action. These effects certainly induced formation and conservation of soil aggregates.

Index terms: temporal variation, legumes, gramineae, corn, no-tillage.

INTRODUÇÃO

Práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nas propriedades do solo, principalmente na sua estrutura, podendo ser tais alterações permanentes ou temporárias. A estabilidade das unidades estruturais, agregados, tem demonstrado variação cíclica estacional e ser dependente do tipo de manejo do solo e culturas.

Na Depressão Central do Rio Grande do Sul, existe grande área ocupada por solos com textura superficial média a arenosa, usados para culturas anuais de verão, os quais permanecem em pousio durante o inverno, com pequena cobertura de solo. Essa constatação, associada à pouca resistência desses tipos de solos à erosão, indica que grande parte dessa área encontra-se sujeita a processos acelerados de erosão. Já o uso de coberturas de solo no inverno com espécies vegetais pode reduzir, significativamente, o processo erosivo.

O impacto da implantação de leguminosas e gramíneas sobre a estabilidade dos agregados não tem sido suficientemente documentado. Também a variação da resistência do solo à erosão, durante os diferentes períodos do ano agrícola, tem sido pouco investigada.

O estado de agregação depende dos processos de formação e degradação dos agregados (Harris et al., 1966).

A estabilidade estrutural pode variar estacionalmente com processos físicos relacionados com o clima, com o crescimento de plantas, com o

preparo do solo e tráfego de maquinaria agrícola, com os quais novos planos de colapso são criados ou alguns existentes são enfraquecidos (Kay, 1990).

O crescimento de plantas poderá alterar o suprimento e distribuição de carbono no solo e organismos podem agir em novos metabólitos, formando material de estabilização (Kay, 1990; Dinell et al., 1991). A atividade microbiana é fortemente influenciada por variações de umidade e temperatura do solo durante a estação de crescimento das culturas (Kay, 1990).

A estabilidade varia com a umidade do solo no momento da amostragem (Perfect et al., 1990; Rasiyah et al., 1992), podendo também ser influenciada pelo conteúdo de água antes do reumedecimento (Caron et al., 1992) e pela taxa com que este ocorre.

A variação das propriedades estruturais do solo constitui fator importante na suscetibilidade do solo à erosão e deve estar relacionada com outras propriedades do ambiente agrícola (Ellsworth et al., 1991).

Segundo Harris et al. (1966), práticas de manejo, como o preparo do solo, adição de materiais orgânicos e histórico cultural, têm significativa influência sobre a agregação quando considerados longos períodos de tempo (anos). Informações sobre a taxa de mudanças da agregação dentro de diferentes sistemas de culturas (Reinert, 1990; Ellsworth et al., 1991), assim como a variação ocorrida entre sistemas de preparo do solo (Mulla et al., 1992), têm sido mostradas como parte da avaliação desses sistemas.

Flutuações em períodos curtos (meses) podem ser relativamente grandes quando comparadas às mudanças em tempos longos (anos) (Perfect et al., 1990).

Para Reinert (1990), a natureza cíclica da estabilidade de agregados e da forma estrutural tem sido observada. Porém, estudos sobre a estrutura do solo têm sido geralmente dirigidos para efeitos de longos períodos, sem consideração de variações de curtos períodos, ou têm limitada frequência de medições. Por esta razão, estudos sobre estrutura do solo muitas vezes não são conclusivos ou geram resultados de campo conflitantes com estudos similares. Assim, a quantificação da variação temporal da estabilidade estrutural, afetada pelo cultivo e histórico das culturas após um longo período de anos, é necessária para maior compreensão do efeito do manejo sobre a estrutura do solo.

A estabilidade estrutural medida em diferentes períodos do ano reflete uma integração de todos os processos (Kay, 1990). As flutuações estacionais na estabilidade são muitas vezes maiores que as mudanças devidas ao manejo do solo e podem ofuscar o efeito desse fator (Perfect et al., 1990).

Considerando o acima exposto e a relevância da cultura do milho para a região, o presente trabalho teve como objetivos: estudar o efeito de espécies de inverno, antecedendo a cultura de milho em plantio direto, sobre a estabilidade de agregados; analisar a variação temporal da estabilidade de agregados nos diferentes tratamentos; relacionar alguns fatores como carbono orgânico, atividade microbiana, umidade do solo e cobertura do solo com a agregação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em um experimento estabelecido em maio de 1990 em área experimental do Departamento de Solos, no Campus da

Universidade Federal de Santa Maria, município de Santa Maria, região da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul.

O solo apresenta características semelhantes às descritas em Brasil (1973) como Podzólico Vermelho-Amarelo textura média a arenosa no horizonte superficial, relevo ondulado, substrato arenito (Paleudalf). A caracterização física e química do solo na instalação do experimento (maio/90) e no momento da primeira amostragem (maio/91) encontra-se no quadro 1.

O clima da região, segundo a descrição de Moreno (1961), é subtropical Cfa 2, de acordo com a classificação de Köppen.

Este trabalho foi desenvolvido de maio de 1991 a maio de 1992, no segundo ano de cultivo de inverno e verão do experimento. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela mediu 5,0 x 5,0 m.

Os tratamentos utilizados foram: chícharo (*Lathyrus sativus* L.)/milho; tremoço azul (*Lupinus angustifolius* L.)/milho; ervilhaca (*Vicia sativa* L.)/milho; aveia preta (*Avena strigosa* Schieb)/milho e pousio invernal/milho.

Na instalação do experimento, em maio de 1990 (Da Ros & Aita, 1996), o solo foi preparado pelo sistema convencional, com aração e gradagem, e correção da acidez. As espécies de inverno no primeiro ano foram semeadas a lanço, sem adubação, e incorporadas por uma gradagem. O milho foi semeado em sistema plantio direto desde o primeiro ano. Nos anos subsequentes, a implantação anual das espécies de inverno foi feita da mesma maneira. Antecedendo a semeadura do milho, as espécies de inverno foram manejadas por meio de uma gradagem, para provocar a interrupção de seu ciclo vegetativo, com mobilização mínima de solo. No tratamento pousio invernal, foi aplicado dessecante. O milho foi semeado no espaçamento de um metro

Quadro 1. Caracterização física e química do solo da área experimental na instalação do experimento, em maio de 1990 (Da Ros & Aita, 1996), na camada de 0-20 cm, e no momento da primeira amostragem, em maio de 1991, na camada de 0-5 cm, segundo método descrito por Tedesco et al., 1985

Característica	Época	
	Maio de 1990 (0-20 cm)	Maio de 1991 (0-5 cm)
Argila, g kg ⁻¹	150	85,8
pH em água	5,5	5,8
Teor de P, mg L ⁻¹	8,4	23,8
Teor de K, mg L ⁻¹	108	138
Teor de Al ³⁺ , mmol _c L ⁻¹	3,7	0
Teor de Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , mmol _c L ⁻¹	31,9	34,2
Teor de matéria orgânica, g kg ⁻¹	7,5	12,6

entre linhas, perfazendo uma população aproximada de 45.000 plantas ha⁻¹. A adubação de sementeira com N, P e K foi igual em todos os tratamentos.

Foram coletadas, em cada parcela, amostras de solo parcialmente deformadas e indeformadas para as determinações físicas, químicas e biológicas. Duas subamostras na profundidade de 0-5 cm, com pá de corte, compondo uma amostra para análise de agregados e carbono orgânico e cinco subamostras, na mesma profundidade, com uso de cilindro volumétrico, compondo amostra para análise da atividade microbiana e umidade do solo, foram coletadas mensalmente, desde a implantação das plantas de inverno até a colheita do milho, totalizando 13 coletas. Preferencialmente, as coletas eram feitas quando o solo se encontrava úmido, em estado friável.

A distribuição do tamanho de agregados estáveis em água foi feita pelo método descrito por Kemper & Chepil (1965) para avaliar o estado de agregação do solo. As determinações dos demais parâmetros avaliados, carbono orgânico, atividade microbiana, umidade do solo e cobertura vegetal, foram realizadas com o objetivo de verificar suas influências no estado de agregação do solo em cada momento.

A atividade microbiana foi estimada pela evolução de CO₂, usando método descrito por Stotzky (1965). Amostras de 300 g de solo, peneiradas em malha de 2,00 mm, foram colocadas em jarros de vidro de aproximadamente um litro, juntamente com um copo com NaOH para captação do CO₂. Os jarros foram hermeticamente fechados e colocados em estufa a ± 27°C, por um período de 10 dias. A seguir, foi feita a titulação do NaOH com HCl e determinada por diferença a quantidade de CO₂ evoluído.

Mediu-se o carbono orgânico seguindo método descrito por Nelson & Sommers (1982). Usou-se combustão úmida, com mistura de ácido sulfúrico com fosfórico e dicromato de sódio em bloco digestor para liberação do carbono do solo que foi captado por solução alcalina (NaOH 2N) em um pequeno tubo de ensaio colocado dentro do tubo de digestão que permanecia hermeticamente fechado. O carbono captado foi medido por titulação.

A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico, secando-se as amostras a 105-110°C até atingirem peso constante.

A cobertura vegetal morta e viva foi avaliada pelo método do ponto quadrado, semelhante ao usado por Spedding & Large (1957). Foi usado um quadro de 1,5 x 1,5 m com um "X" incluso contendo pontos referenciais a cada 10 cm, totalizando 40 pontos. Em cada ponto, foi descido um fio de prumo e verificado se interceptava área coberta ou descoberta de solo. A percentagem de cobertura foi baseada no número total de pontos referenciais. A cobertura total do solo foi composta pela palha de milho e espécies do ciclo

anterior, espécies de inverno implantadas nos diferentes tratamentos, resíduos dessas espécies durante o ciclo do milho e plantas de milho e inços encontrados na área durante os respectivos períodos de ocorrência.

Os resultados foram avaliados estatisticamente pela análise da variância, teste Duncan ($p < 0,05$) e teste t, para cada data de coleta de dados, utilizando-se o pacote estatístico SAS. A diferença mínima significativa (DMS) colocada nas figuras refere-se às obtidas no teste t, de comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito das culturas

A introdução das plantas de inverno para cobertura do solo, antecedendo a cultura do milho em plantio direto, resultou em melhoria da estabilidade estrutural do solo, quando comparada ao pousio invernal. Tal resultado foi observado quando o experimento estava no segundo ano de execução, com os tratamentos tendo seus efeitos acumulados.

A estabilidade da estrutura do solo, medida pelo diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados (Figura 1), mostra superioridade no tratamento com a gramínea aveia preta, durante o ciclo vegetativo das plantas de cobertura de inverno, de maio a outubro/91, chegando a ter DMG de 0,64 mm maior que a média dos demais tratamentos no mês de agosto.

Após a interrupção do ciclo vegetativo das plantas de inverno e sementeira do milho, houve um incremento na estabilidade do solo com a leguminosa tremoço azul, com destaque em novembro, dezembro e maio/92, com superioridade no DMG em relação aos demais tratamentos em 0,55, 0,68 e 0,79 mm, respectivamente.

Os tratamentos com as leguminosas chícharo e ervilhaca apresentaram valores intermediários de estabilidade estrutural, com menor variação temporal durante o período de avaliação. O DMG dos agregados variou de 1,09 a 1,62 mm para o chícharo e de 1,03 a 1,99 mm para ervilhaca.

A estabilidade estrutural no tratamento pousio invernal foi inferior à dos demais tratamentos até novembro. Após, apresentou incremento em relação aos demais, chegando a ser superior nos meses de janeiro e fevereiro. Esse incremento pode ser atribuído aos inços que incidiram na área, principalmente compostos por papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.), uma gramínea com sistema radicular fasciculado e abundante.

A maior eficiência da gramínea aveia preta na melhoria da estabilidade estrutural do solo concorda com grande parte da literatura (Harris et al., 1966; Tisdall & Oades, 1982; Kay, 1990; Paladini &

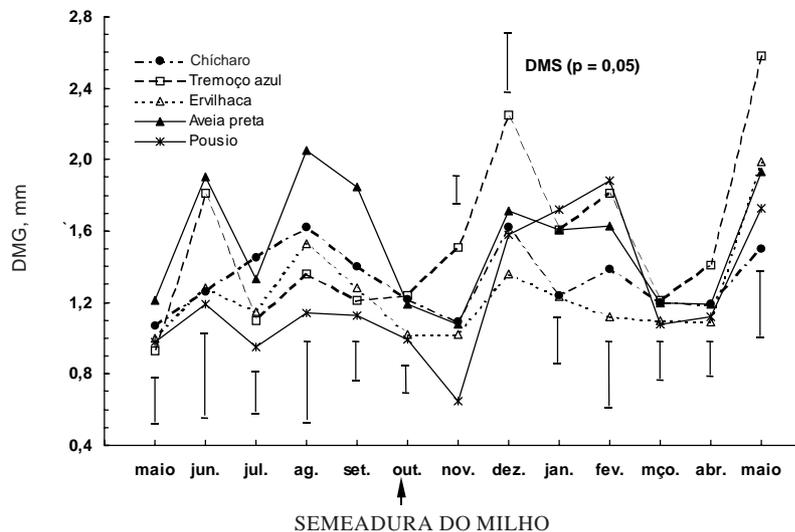


Figura 1. Variação temporal do diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados, na camada de 0-5 cm, sob diferentes plantas de cobertura do solo antecedendo a cultura do milho em plantio direto. Diferença mínima significativa (DMS) pelo teste t ($p = 0,05$).

Mielniczuk, 1991). A grande densidade de raízes das gramíneas tem sido associada a efeitos de secamento localizado, maior infecção por micorrizas, maior liberação de exsudatos, maior quantidade de raízes finas e maior deposição de matéria orgânica no solo, levando, por conseguinte, a um ambiente favorável à agregação (Reinert, 1993). Este fato ocorreu principalmente quando as raízes da gramínea estavam em plena atividade fisiológica, no período de maio a setembro/91.

O solo com a leguminosa tremoço azul destacou-se pela melhor agregação após o manejo das plantas de cobertura e semeadura do milho. Isto pode estar associado ao tipo de material orgânico liberado.

Houve significativa variação temporal induzida por diferenças entre as plantas. Essa constatação é importante e demonstra que, quando os experimentos são avaliados uma ou poucas vezes, as diferenças entre os tratamentos podem variar, levando a erros interpretativos (Ellsworth et al., 1991; Reinert, 1993). Tal variação concorda com resultados encontrados por Perfect et al. (1990), Reinert (1990) e Ellsworth et al. (1991), nos EUA, em condições de clima e tratamentos diferentes; e com os de Reinert (1993), em área próxima a este experimento.

Apesar das grandes variações temporais, comparando o mesmo período do ano, maio/91 e maio/92, pode-se dizer que houve incremento na estabilidade estrutural, pois o DMG dos agregados aumentou 1,87 vez, considerando todos os tratamentos, e um aumento de 2,77 vezes na leguminosa tremoço azul (Figura 1).

Os padrões temporais para o DMG foram cíclicos, variando em torno de 1,38 mm. A variação cíclica observada neste experimento pode estar associada

a condições climáticas e fatores impostos pelo sistema de cultivo deste solo. Dentre esses, destacam-se: o crescimento das plantas de inverno, a ação dos implementos na interrupção do ciclo vegetativo das plantas e semeadura do milho e o crescimento da cultura do milho e inços na área.

Efeito da matéria orgânica

O diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados foi pouco influenciado pelo carbono orgânico do solo fato verificado pelo baixo coeficiente de correlação, tanto para análise das épocas em conjunto ($r = 0,04$), quanto para a maioria das épocas. Tisdall & Oades (1982) relataram que esta correlação nem sempre é significativa.

A baixa correlação observada neste trabalho pode ter sido devida à pequena variação no conteúdo de carbono, de 5,9 a 7,8 g kg⁻¹ (Quadro 2), o qual não foi suficiente para influir significativamente na estabilidade dos agregados. Resultados de agregação onde há variação significativa de carbono orgânico mostram alta correlação entre estes (Campos et al., 1995).

Apesar da pequena variação no teor de carbono orgânico, no solo, o tremoço azul destacou-se dos demais, ficando os teores de carbono orgânico no solo em níveis superiores durante todo o período avaliado. Esses resultados podem estar relacionados com a maior quantidade de matéria seca produzida pela parte aérea do tremoço azul nos dois anos de avaliações (1990 e 1991) feitas, neste experimento, por Da Ros & Aita (1996). Os mesmos autores também encontraram alto rendimento de matéria seca produzida pelas raízes do tremoço azul, não diferindo da aveia preta e do chícharo.

Quadro 2. Variação temporal do teor de carbono orgânico do solo, na camada de 0-5 cm, sob diferentes plantas de cobertura do solo antecedendo a cultura do milho em plantio direto

Data	Chicharo	Tremoço azul	Ervilhaca	Aveia preta	Pousio	DMS
	g kg ⁻¹					
Maio/1991	6,3 c	7,2 a	6,3 c	6,8 b	6,8 b	0,03
Junho	7,5 a	7,6 a	7,4 a	7,4 a	7,6 a	0,08
Julho	6,3 c	7,6 a	6,8 b	6,1 cd	5,9 d	0,04
Agosto	6,0 b	7,0 a	6,7 a	6,0 b	6,6 ab	0,06
Setembro	6,2 b	7,2 a	6,3 b	7,0 a	6,3 b	0,04
Outubro	6,5 c	7,2 a	6,8 b	6,5 c	6,3 c	0,04
Novembro	6,9 a	7,0 a	6,9 a	6,7 a	6,7 a	0,04
Dezembro	6,1 c	7,3 a	6,2 bc	6,6 bc	6,7 b	0,05
Janeiro/1992	6,7 a	6,8 a	6,1 b	6,5 a	6,7 a	0,04
Fevereiro	7,4 a	7,8 a	6,8 b	7,5 a	7,3 ab	0,05
Março	7,1 bc	7,7 a	6,8 c	6,8 c	7,3 b	0,04
Abril	7,1 bc	7,7 a	6,9 c	7,1 bc	7,4 ab	0,04
Maio/1992	6,8 c	7,9 a	7,3 abc	7,6 ab	7,0 bc	0,06

Médias com a mesma letra, em cada data, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). DMS obtido pelo teste t.

Assim, pode-se dizer que outros fatores, neste ambiente, foram diretamente mais importantes do que a matéria orgânica nos efeitos sobre a estabilidade dos agregados.

Efeito da atividade microbiana

Não houve correlação significativa entre o DMG e a atividade microbiana. Os tratamentos com plantas de cobertura tiveram maior evolução de CO₂ em relação ao solo em pousio, com destaque para o tratamento com resteva de tremoço azul durante o ciclo do milho (Figura 2).

A maior agregação do solo no tratamento com tremoço azul pode estar ligada à maior liberação de material orgânico de fácil aproveitamento pelos microrganismos, decorrente da menor relação C/N, levando a um aumento na atividade microbiana e, conseqüentemente, à maior liberação de compostos orgânicos cimentantes.

Alguns trabalhos têm evidenciado o aumento da infecção micorrízica em áreas que anteriormente foram cultivadas com plantas de alta infecção por fungos MVA. Neste caso, o tremoço azul poderia ter atuado no aumento de inóculo para a cultura do milho.

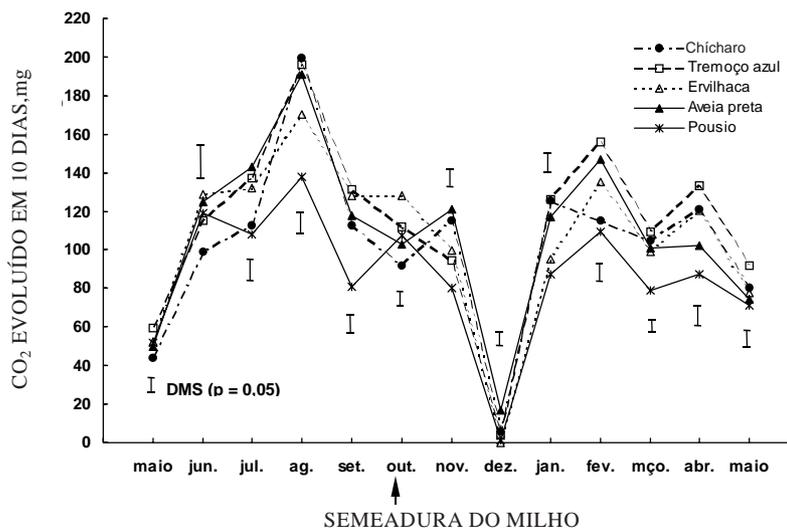


Figura 2. Variação temporal da evolução de CO₂ no solo, na camada de 0-5 cm, sob diferentes plantas de cobertura do solo antecedendo a cultura do milho em plantio direto. Diferença mínima significativa (DMS) pelo teste t ($p = 0,05$).

Entretanto, segundo Sieverding (1991) as espécies do gênero *Lupinus* spp nunca são infectadas em circunstâncias normais. Segundo a descrição de Siqueira & Franco (1988), o milho é uma planta dependente de infecção micorrízica. Dessa forma, entende-se que o tremoço pode não ter atuado no aumento de inóculo, mas na formação de um ambiente benéfico ao desenvolvimento micorrízico na cultura do milho, pelo tipo de material orgânico liberado ao solo, criando, conseqüentemente, melhores condições para uma agregação melhor do solo. Por outro lado, Scarton et al. (1994) mostraram que um solo que recebeu tremoço no inverno apresentou quantidade de hifas de fungos associados (*Rizoctonia* e outros) superior à de solos que receberam ervilhaca, chícharo, aveia e pousio.

Reinert (1993) também encontrou maior atividade microbiana associada a solo com tremoço azul e ervilhaca, em relação ao pousio invernal. Segundo o autor, esta maior atividade está, provavelmente, associada a três fatores: maior liberação de exsudatos, com conseqüente efeito na atividade microbiana; maior infecção por fungos MVA nas raízes; tipo de material orgânico fornecido pela espécie. Na época reportada, ainda não se conheciam os resultados de Scarton et al. (1994). Prasad & Power (1991) citaram que, durante a decomposição de resíduos com baixa relação C/N, como o de leguminosas, a estabilização de agregados pelas hifas de fungos micorrízicos é mais importante que a estabilização pelos resíduos orgânicos da decomposição. A ação desses microrganismos na formação e estabilização de agregados requer maiores estudos.

Efeito da umidade do solo

Houve variação temporal da umidade do solo, na camada superficial, em conseqüência dos ciclos de umedecimento e secagem, resultantes de eventos de

chuva e estiagem (Figura 3). O tratamento com aveia preta apresentou os maiores teores de umidade durante o período de avaliação, enquanto os do pousio invernal foram sempre inferiores aos demais. Tais resultados estão ligados às diferentes coberturas do solo impostas pelos tratamentos.

Houve um decréscimo acentuado na umidade durante as amostragens de dezembro/91 e maio/92 e aumento em março, tendo reflexo inverso sobre o DMG (Figura 1). A umidade do solo apresentou coeficiente de correlação negativo e significativo ($r = -0,32$, $p < 0,01$) com o DMG dos agregados, quando feita a análise de todas as épocas.

Com o secamento do solo ocorre uma contração dos colóides e desidratação dos cimentantes orgânicos, que levaram a um incremento da agregação (Harris et al., 1966). Segundo o mesmo autor, o efeito dessa desidratação pode ser irreversível. Kay (1990) citou que o secamento resulta em um estresse efetivo na pressão de contato intergranular. Allinson (1968) afirmou que o secamento causa a aproximação das partículas, aumentando a agregação. Entretanto, no processo de umedecimento, com o aumento do conteúdo de umidade ocorrem a dispersão do material cimentante e a diminuição da coesão. Muitas substâncias cimentantes tornam-se fracas, mais flexíveis ou elásticas, chegando, em alguns casos, a se dissolverem.

A correlação significativa concorda com dados obtidos por Perfect et al. (1990) e Angers (1992). Entretanto, Reinert (1993), trabalhando com as mesmas plantas de cobertura na avaliação da recuperação da estrutura do solo, em área próxima deste experimento, não encontrou correlação significativa, atribuindo à forma de coleta feita, preferencialmente com solo úmido, e que não refletiu a umidade ocorrente no período.

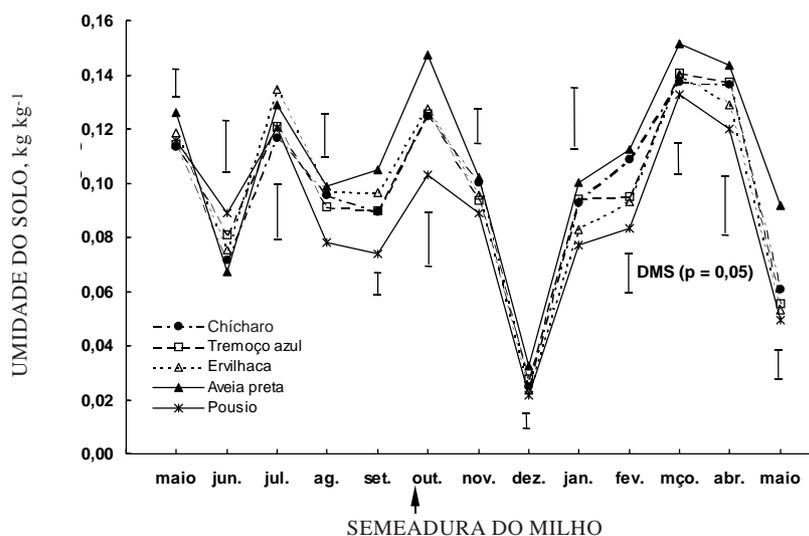


Figura 3. Variação temporal da umidade do solo, na camada de 0-5 cm, sob diferentes plantas de cobertura do solo antecedendo a cultura do milho em plantio direto. Diferença mínima significativa (DMS) pelo teste t ($p = 0,05$).

Efeito da cobertura do solo

As plantas de cobertura aveia preta, chícharo e ervilhaca foram as mais eficientes no incremento da cobertura vegetal do solo (Figura 4).

No entanto, após o manejo das plantas de cobertura, em setembro de 1991, o efeito da aveia preta, uma gramínea, foi significativamente diferenciado do das outras plantas de cobertura, permanecendo mais tempo na superfície do solo e sendo, portanto, mais eficiente como cobertura morta do solo. Esses dados revelam a superioridade da gramínea em relação às leguminosas, que apresentam menor taxa de crescimento inicial e menor relação carbono/nitrogênio. Essa menor relação leva à mais rápida decomposição das leguminosas por microrganismos.

O chícharo teve ação inferior à aveia preta, mas foi a segunda planta na eficiência de aumento da cobertura vegetal e permanência na superfície do solo como cobertura morta.

A diferença de cobertura do solo entre os tratamentos com plantas de inverno e o pousio invernal pode explicar, em parte, o fato de o pousio invernal ter apresentado DMG dos agregados inferior ao dos demais tratamentos até dezembro (Figura 1). A partir desse período, ocorre um incremento acentuado na cobertura do solo deste tratamento, ligado ao desenvolvimento das plantas de milho e inços, tanto em parte aérea como também em sistema radicular, fatos que devem ter contribuído para o aumento do DMG dos agregados.

Tais resultados reforçam a grande importância da cobertura do solo sobre a estabilidade da

estrutura, impedindo a ação direta das gotas de chuva, além de diminuir a amplitude térmica e manter a umidade do solo, as quais irão favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e a atividade microbiana e, conseqüentemente, a formação de ambiente benéfico à agregação do solo.

CONCLUSÕES

1. As plantas de inverno para cobertura do solo - aveia preta, tremoço azul, chícharo e ervilhaca - levaram à variação temporal da estabilidade dos agregados.

2. A aveia preta produziu maiores valores de estabilidade estrutural durante o ciclo das plantas de inverno, chegando a um aumento de 47,6% (0,60 mm) em relação ao DMG médio dos demais tratamentos, enquanto o tremoço azul levou a maiores valores durante o ciclo do milho, com um aumento de até 43,6% (0,68 mm).

3. A umidade e a cobertura do solo tiveram estreita associação com a agregação.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Celso Aita, pelas sugestões e cedência do experimento. Ao laboratorista Flávio Fontinelli e ao bolsista João Alfredo Braida, pelo auxílio na condução do trabalho.

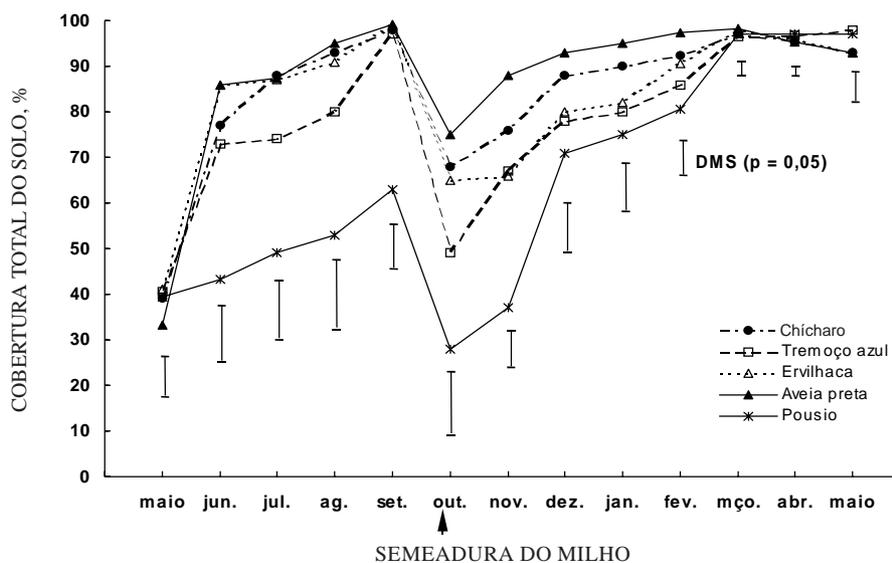


Figura 4. Variação temporal da cobertura total do solo por plantas de inverno, pousio invernal e cultura do milho. Diferença mínima significativa (DMS) pelo teste t ($p = 0,05$).

LITERATURA CITADA

- ALLINSON, F.E. Soil aggregation - Some facts and fallacies as seen by a microbiologist. *Soil Sci.*, 106:136-143, 1968.
- ANGERS, D.A. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfafa. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1244-1249, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife. 1973. 431p. (Boletim técnico, 30)
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLodi, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:133-139, 1995.
- CARON, J.; KAY, B.D.; STONE, J.A. & KACHANOSKI, R.G. Modeling temporal changes in structural stability of a clay loam soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1597-1604, 1992.
- DA ROS, C.O. & AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:135-140, 1996.
- DINEL, H.; MEHUY, G.R. & LÉVESQUE, M. Influence of humic and fibric materials on the aggregation and aggregate stability of a lacustrine silty clay. *Soil Sci.*, 151:146-155, 1991.
- ELLSWORTH, T.R.; CLAPP, C.E. & BLAKE, G.R. Temporal variations in soil structural properties under corn and soybean cropping. *Soil Sci.*, 151:405-416, 1991.
- HARRIS, R.F.; CHESTERS, G. & ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. *Adv. Agron.*, 18:107-169, 1966.
- KAY, B.D. Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Adv. Soil Sci.*, 12:1-41, 1990.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., eds. *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Part 1.* Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.499-510.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 46p.
- MULLA, D.J.; HUYCK, L.M. & REGANOLD, J.P. Temporal variation in aggregate stability on conventional and alternative farms. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1620-1624, 1992.
- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties. Part 2.* Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.539-579.
- PALADINI, F.L.S. & MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:135-140, 1991.
- PERFECT, E.; KAY, B.D.; LOON, W.K.P. van; SHEARD, R.W. & POJASOK, T. Factors influencing soil structural stability within a growing season. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:173-179, 1990.
- PRASAD, R. & POWER, J.F. Crop residue management. *Adv. Soil Sci.*, 15:205-251, 1991.
- RASIAH, V.; KAY, B.D. & MARTIN, T. Variation of structural stability with water content: influence of selected soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1604-1609, 1992.
- REINERT, D.J. Recuperação da agregação pelo uso de leguminosas e gramínea em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 62p. (Tese de concurso a Professor Titular)
- REINERT, D.J. Soil structural form and stability induced by tillage in a Typic Hapludalf. East Lansing, Michigan State University, 1990. 129p. (Tese de Doutorado)
- SCARTON, P.; RANDIG, O.; ANTONIOLLI, Z.I. & REINERT, D.J. Efeito de hifas de fungos na recuperação de agregados do solo sob cultivo de espécies de inverno e milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis, SBCE, 1994. p.268.
- SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza an magement in tropical agrosystems. Eschoborn, GTZ - Technical Cooperation Federal Republic of Germany, 1991. 371p.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. *Biotecnologia do solo.* Brasília, MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988. 177p.
- SPEEDING, C.R.W. & LARGE, R.V. A point quadrat method for the description of pasture in terms of height and density. *J. Brit. Grass. Soc.*, 12:229-234, 1957.
- STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., eds. *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties. Part 2.* Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1550-1552.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985. 188p. (Boletim técnico, 5)
- TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33:141-63, 1982.