



Biomassa Microbiana de um Latossolo Vermelho Distroférico Cultivado com Diferentes Espécies de Adubo Verde

Microbial Biomass of a Dystrophic Red Latosol Cultivated with Different Species of Green Fertilizer

PINHEIRO, Elaine Reis¹; AJALLA, Ana Cristina Araújo²; INOCÊNCIO, Hugo Justino³; COSTA, Mariluci Pinto³; PEIXOTO, Taiane Sara³.

¹UFGD, Dourados, MS, elainelourente@ufgd.edu.br; ²Agraer, Campo Grande, MS, anajallaagraer@gmail.com; ³UFMS, Campo Grande, MS, hugojustinocencio@gmail.com; marilucicosta81@gmail.com; taianeflorestal@gmail.com

Resumo: O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes espécies utilizadas como adubo verde e de um consórcio sobre a biomassa microbiana do solo, sua atividade e índices derivados, utilizando-se estes atributos como indicadores de qualidade do solo. Os tratamentos foram constituídos de quatro espécies de adubos verdes (guandu; feijão de porco; crotalária juncea, mucuna cinza, consórcio (crotalária juncea + guandu), além dos tratamentos testemunha (solo descoberto e sistema de referência mata nativa), foram arranjados no delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições. Em cada uma das unidades experimentais, correspondentes às espécies de adubos verdes, o consórcio e tratamentos testemunha (sem cobertura do solo e mata nativa) foram coletadas amostras de solo para estimar a biomassa e atividade microbiana, além de determinar o quociente metabólico dos microrganismos do solo. A biomassa microbiana foi determinada pelo método de fumigação-extração. O sistema Guandu apresentou o maior teor de C-BMS (246,07 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), diferindo estatisticamente dos demais sistemas, e por outro lado o sistema Solo Descoberto apresentou o volume de biomassa microbiana inferior aos outros sistemas devido a pouca concentração de matéria orgânica no solo. Dentre os sistemas manejados, o sistema referência (mata nativa) não obteve o resultado esperado por não apresentar os índices estatísticos satisfatórios entre os sistemas com exceção do sistema Solo Descoberto. Esse sistema pode ter sofrido alguma ação antrópica em uma escala de tempo significativa, ou pode ter sofrido supressão vegetal há poucos anos atrás.

Palavras-chave: Decomposição, Leguminosas, Matéria Orgânica, Resíduo Orgânico.

Abstract: The objective of this work was to evaluate the effect of different species as green manure and a consortium on soil microbial biomass, their activity and their indexes, using them as indicators of soil quality. The treatments consisted of four species of green manure (pigeon pea, crotalaria juncea, gray mucuna, consortium (crotalaria juncea + pigeon), as well as control treatments (uncovered soil and native forest reference system). In each of the experimental units, corresponding to the green manure species, the consortium and control treatments (without soil cover and native forest), soil samples were collected to estimate the biomass and microbial



activity, besides determining the metabolic quotient of the microorganisms of the ground. Microbial biomass was determined by the fumigation-extraction method. The Guandu system presented the highest C-BMS content (246.07 $\mu\text{g C g}^{-1}$ dry soil), differing statistically from the other systems, and on the other hand, the Uncovered Soil system showed lower microbial biomass volume than other systems due to little concentration of organic matter in the soil. Among the systems managed, the reference system (native forest) did not obtain the expected result because it did not present satisfactory statistical indexes among the systems with the exception of the Solo Discovered system. This system may have undergone some anthropic action on a significant time scale, or may have undergone plant suppression a few years ago.

Keywords: Constant of Decomposition, Green Manure, Organic Matter of The Soil, Organic Residue.

Introdução

O solo é um compartimento terrestre dinâmico, está intimamente ligado às particularidades e processos que ocorrem na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera (SILVA; MENDONÇA, 2007). Dentre os recursos naturais, o solo é um recurso não renovável à escala humana e vem sofrendo vários processos degradativos, tornando-se necessário aderir práticas agrícolas, como prevenção para a degradação não acometer novas áreas. Entre elas, destaca-se a adubação verde, sendo uma alternativa viável na busca da sustentabilidade dos solos, é uma técnica que através da cobertura vegetal oferece melhorias em suas constituições química, física e biológica (CAVALCANTE *et al*, 2012).

A adubação verde possui multifunções contribuindo com o aumento da diversidade biológica na unidade de produção, proporciona alterações na dinâmica de espécies invasoras, na dinâmica populacional de insetos, pragas, predadores e polinizadores. Além de influenciar nas características físicas do solo com elevação dos teores de matéria orgânica, colaborando com a estabilidade de agregados, a porosidade e a retenção de umidade (ESPÍNDOLA *et al*, 2004).

Para adubação verde pode-se utilizar tanto gramíneas como leguminosas, no entanto os resíduos de leguminosas podem contribuir com a diminuição da acidez do solo e da relação C/ N da matéria orgânica do solo e os resíduos das gramíneas possuem maior conteúdo de lignina, favorecendo a estruturação e estabilidade dos agregados, tornando-os menos suscetíveis à compactação (ANDRADE *et al*, 2009).

Porém para esta finalidade as leguminosas são as mais utilizadas, pois possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico através da associação simbiótica de bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, além do mais, possui um sistema



radicular bem profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo. Os efeitos proporcionados pela adubação verde nas propriedades químicas dos solos, depende de fatores como: a espécie utilizada, o manejo destinado a biomassa, época de plantio, corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al, 2000).

A alteração nos sistemas de cultivo traz reflexos na biomassa microbiana, responsável pelo processo de decomposição da matéria orgânica (SOUZA; MELO, 2000), garantir a qualidade do solo colabora com a preservação de outros serviços ambientais essenciais incluindo o fluxo e a qualidade da água, a biodiversidade e o equilíbrio de gases atmosféricos (LOPES; GUILHERME, 2007). Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes espécies utilizadas como adubo verde e de um consórcio sobre a biomassa e atividade microbiana do solo, utilizando-se estes atributos como indicadores de qualidade do solo.

Metodologia

O estudo foi realizado no Centro de Pesquisa e Capacitação da AGRAER (CEPAER), em Campo Grande, MS, Brasil. (latitude 20° 25'19"S, longitude 54° 40' 01"W). A topografia do local é plana e o solo, originalmente sob vegetação de Cerrado, é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006). As análises laboratoriais foram realizadas nos laboratórios de solos e de plantas medicinais, da faculdade de ciências agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Os tratamentos foram constituídos de quatro espécies de adubos verdes (guandu; feijão de porco; crotalária juncea, mucuna cinza, consórcio (crotalária juncea + guandu), além dos tratamentos testemunha (parcela capinada e sistema de referência mata nativa). Os tratamentos foram arranjados do delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições.

Os adubos verdes foram semeados em linha espaçadas em 0,5 m e densidade preconizada por Calegari et al. (2014). Quando os adubos verdes encontram-se no estágio inicial de florescimento, eles serão manejados (cortados) e mantidos sobre o solo como cobertura morta.

Em cada uma das unidades experimentais, correspondentes às espécies de adubos verdes, o consórcio e tratamentos testemunha (sem cobertura do solo e mata nativa) foram coletadas amostras de solo para estimar a biomassa e atividade microbiana, além de determinar o quociente metabólico dos microrganismos do solo.



As amostragens foram realizadas na profundidade de 0 – 10,0 cm, por ocasião do manejo (corte) dos adubos verdes. A biomassa microbiana foi determinada pelo método de fumigação-extração, proposto por Vance et al. (1987). A estimativa da biomassa, representada pelo carbono microbiano, seguiu a relação utilizada por Rodrigues (1994):

$$C \text{ (mg} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)} = (V_b - V_a) \cdot N \cdot 0,003 \cdot 50 \cdot (8 \cdot P_s)^{-1} \cdot 10^6 \quad (1)$$

Onde:

C = carbono extraído do solo;

V_b (ml) = volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da solução controle (branco);

V_a (ml) = volume gasto na titulação da amostra;

N = normalidade exata do $(\text{NH}_4)_2 \text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

P_s (g) = massa de solo seco.

$$(V_b - V_a) \cdot N \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 0,003 \cdot 50 \cdot 10^6 / (8 \cdot P_s \text{ (G)}) \quad (1)$$

O cálculo da BMS é dado pela fórmula:

$$\text{BMS (mg} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)} = \text{FC} \cdot \text{kc}^{-1} \quad (2)$$

Onde:

BMS = biomassa de carbono microbiano do solo em mg de C por kg de solo (ou $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$);

FC = fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) recuperada no extrato da amostra fumigada e a recuperada na amostra não fumigada;

kc = fator de correção.

O fator de correção (kc) utilizado foi o preconizado por Sparling e West (1988) (0,33), a fim de expressar a fração do C da BMS recuperada após o processo de fumigação-extração.

No presente estudo, foi utilizado o método da respirometria (evolução de CO_2), com a umidade das amostras de solo ajustadas para 80% da sua capacidade de campo. As amostras (50g) foram colocadas em recipientes hermeticamente fechados, individualmente, onde o C- CO_2 produzido foi captado por uma solução de NaOH 1,0 N. Após um período de incubação de 7 dias, o C- CO_2 foi quantificado por titulação com HCl 1 N, acrescentando-se uma solução saturada de BaCl_2 para precipitação de Na_2CO_3 . Todas as determinações foram feitas em triplicata.

O quociente metabólico, definido pela relação entre a respiração e a biomassa de-C, foi determinado, conforme Anderson; Domsch (1990), pela equação:



$$\text{mg C-CO}_2 \cdot \text{g solo}^{-1} \cdot \text{H}^{-1} / \text{mg biomassa-C} \cdot \text{g solo}^{-1} / 24 \cdot 10000 \quad (3)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando houver significância pelo teste F, as médias foram comparadas por SNK, todas a 5% de probabilidade (RIBEIRO JÚNIOR; MELO, 2009).

Resultados e discussões

Aos 97 dias após a semeadura, os adubos verdes foram manejados (cortados) e mantidos sobre o solo como cobertura morta.

Os resultados obtidos após a coleta e análises das amostragens em laboratório estão exibidos na tabela 1.

Tabela 1. Carbono da biomassa microbiana do solo (C-CBMS), respiração basal (C-CO₂) e quociente metabólico (qCO₂) determinados na camada 0 - 0,10 m de profundidade, em um Latossolo Vermelho Distroférico, Campo Grande, MS.

Sistemas	C-BMS ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)	C-CO ₂ ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia ⁻¹)	qCO ₂ ($\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1}$ CBMS h ⁻¹)
Referência	129,82 c	22,88 bc	73,22 ab
Mucuna (<i>Mucuna pruriens</i>)	178,69 b	29,60 ab	70,66 ab
Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	246,07 a	33,57 ab	56,90 abc
Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	174,57 b	35,28 a	84,24 a
Crot. + Guandu (<i>Crotalaria juncea</i> + <i>Cajanus cajan</i>)	200,14 b	14,31 c	30,23 c
Feijão de Porco (<i>Canavalia ensiformis</i>)	140,33 c	16,88 c	50,28 bc
Solo Descoberto	93,99 d	15,64 c	63,98 ab
C.V. % (DMS)	11,23 (43,62)	19,77	19,50

Referência: sistema utilizado como referência; médias de cinco repetições. Médias seguidas da mesma letra dentro da coluna, não diferem significativamente pelo teste de SNK ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa.

Dentre os sistemas estudados, o sistema Guandu apresentou o maior teor de C-BMS (246,07 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), diferindo estatisticamente dos demais sistemas estudados. Na sequência os maiores valores de C-BMS foram encontrados no



consórcio de crotalária e guandu ($200,14 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), mucuna ($178,68 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) e crotalária ($174,57 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), os quais não diferiram estatisticamente entre si. Por outro lado, o sistema que apresentou os menores teores de C-BMS foi o sistema solo descoberto ($93,99 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), corroborando os resultados encontrados (FERREIRA et al., 2017).

O sistema solo descoberto foi submetida a subsolagem junto aos outros sistemas antes do plantio, o qual ficou em estado vulnerável à exposição solar, eólica e a precipitação pluviométrica, ou seja, a matéria orgânica removida durante a subsolagem não foi reintroduzida por não manejar o solo com nenhum sistema de adubo verde, e com o decorrer do tempo a MOS que sobrou foi se perdendo devido aos fatores climáticos mencionados, contribuindo por apresentar o menor resultado de C-BMS ($93,99 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco).

De acordo com Loss et. al (2013) o carbono mineralizável significa maior ciclagem de nutrientes e carbono nas plantas, que é decorrente da respiração microbiana, e indica possíveis alterações em sistemas de uso de solo, e se mostra como um bom indicador edáfico, assim quanto maior as taxas, maior a ciclagem de nutrientes. O sistema crotalaria ($35,38 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹) se mostrou significativamente superior aos demais, o que leva a entender que o sistema obteve a maior ciclagem de nutrientes por ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹) porém estatisticamente pode ser comparado também aos sistemas de guandu ($33,57 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹) e mucuna ($29,60 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹). O sistema de referência se mostrou superior aos sistemas de feijão de porco ($16,88 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹), solo descoberto ($15,64 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹) e consórcio crotalária + guandu ($14,3 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹) esses se mostraram menos eficiente em ciclagem de nutrientes.

Os valores de $q\text{CO}_2$ prediz que a biomassa microbiana se torna mais eficiente a partir do momento que menos carbono é perdido na forma de CO_2 pela respiração, possibilitando assim, maior incorporação de C aos tecidos microbianos. Ou seja, valores mais elevados de $q\text{CO}_2$ indicam maior consumo de C prontamente mineralizável, elevando as perdas de CO_2 , o que não é desejado. Assim o sistema que teve o pior resultado, ou seja, maior índice de perda de CO_2 foi a crotalária ($84,24 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹) e estatisticamente equivalente aos de referência ($73,22 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹), mucuna ($70,66 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹), solo descoberto ($63,98 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹). Por outro lado, o consórcio de crotalária+guandu ($30,23 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹) apresentou o melhor índice de perda de CO_2 , não diferindo estatisticamente dos sistemas feijão de porco ($50,28 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹) e Guandu ($56,90 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo dia⁻¹). De acordo com Souza (2017) o melhor resultado apresentado entre os sistemas de manejo foi do consórcio entre crotalária+guandu pois valores mais baixos de $q\text{CO}_2$ representam agrossistemas mais estáveis, assim, apresentando uma estabilização da M.O e conseqüentemente menor perda de CO_2 .



Conclusões

Dentre os sistemas manejados, o sistema referência (mata nativa) não obteve o resultado esperado por não apresentar os índices estatísticos satisfatórios entre os sistemas com exceção do sistema Solo Descoberto. O sistema mata nativa deveria apresentar o maior volume de biomassa de carbono microbiano do solo em mg de C por kg de solo, e o maior volume de carbono extraído do solo pelo fato de haver uma diversidade de plantas e conseqüentemente menos ações antrópicas nessa área, porém esse sistema pode ter sofrido alguma ação antrópica em uma escala de tempo significativa, ou pode ter sofrido supressão vegetal há poucos anos atrás. O processo histórico de uso e ocupação dessa área não foi analisado.

Os sistemas Guandu, e Crotalária + Guandu apresentaram os índices mais satisfatórios em relação a biomassa microbiana entre as espécies de adubos verdes cultivados. As raízes do Guandu apresentam um certo grau significativo de agressividade, penetrando com maior facilidade em qualquer tipo de solo, principalmente em solos compactados, com capacidade de fixar uma quantidade elevada de nitrogênio no solo, e a Crotalária contribui pela grossa camada de matéria orgânica do solo, além de se destacar pela fixação de nitrogênio (ALVES, 2004), ou seja, esse aspecto contribuiu para que estes dois sistemas de adubo verde apresentasse o maior volume de biomassa microbiana.

Portanto o sistema Solo Descoberto apresenta o menor volume de MOS, o que contribuiu para um resultado inferior da biomassa microbiana em relação a todos os sistemas de manejo (93,99 d), correspondendo por uma diferença de 152,08 em relação ao sistema manejado com o Guandu.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a UFMS pelo apoio financeiro e ao Pesquisador Diovanny Doffinger Ramos.

Referências bibliográficas

ANDRADE, S. R.; STONE, F. L.; SILVEIRA, M. P. Culturas de Cobertura e Qualidade Física de um Latossolo em um Sistema de Plantio Direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.4, p.411- 418, 2009.

ALCÂNTARA, A. F; FURTINE-NETO, A.E; PAULA, M. B; MESQUITA; H.A; MUNIZ, J.A. Adubação Verde na Recuperação da Fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro Degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n.2, p.277-288, 2000.



CAVALCANTE, S.V; SANTOS, V.R; SANTOS-NETO, A.L; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; COSTA; L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.5, p.521-528, Campina Grande -PB, 2012.

FERREIRA, E. P. B; STONI, L. F; MARTIN-DIDONETE, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESPÍNDOLA, J. A. A; ALMEIDA, L. D.; GUERRA, M. G. J. Estratégia para utilização de leguminosa para adubação verde em unidade de produção agroecológica. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2004. 24 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 174).

FRANCHINI, J. C.; MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 2, p. 357-360, 2001.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.*, 367-375, 1994.

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO. E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF, Embrapa, 2014.

LOPES; GUILHERME. Fertilidade do Solo e Produtividade Agrícola. Fertilidade do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.42. Viçosa, 2007.

LOSS, A; MORAES, A.G.L; PEREIRA, M.G; SILVA, E.M.R; ANJOS, L.H.C. Evolução e acúmulo de C-CO₂ em diferentes sistemas de produção agroecológica. **Acta Agrônômica**, v. 62, n. 3, p. 242-250, 2013.

MEETENMEYER, V. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. **Ecology**, v. 59, p. 465-472, 1978.

PEREIRA, F. H; MERCANTE, F. M; PADOVAN, M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo com diferentes coberturas vegetais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 3, n. 1, 2009.



RASSE, D. P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M. F. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. **Plant and Soil**, v. 269, n. 1-2, p. 341-356, 2005.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; MELO, A. L. P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa: Editora Independente, 2009.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO P. C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SILVA, R. I.; MENDONÇA, S. I. VI. Matéria Orgânica do Solo. Fertilidade do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.276. Viçosa, 2007.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; ERIC SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SOUSA, D, C. **Desempenho de plantas de cobertura e alterações nos atributos químicos e microbianos do solo no cerrado**. 2017. 73f. Dissertação (mestrado em agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI, 2017.

SOUZA, O. J. W.; MELO, J. W. Teores de Nitrogênio no Solo e nas frações da Matéria orgânica sob Diferentes Sistemas de Produção de Milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 24:885-896, 2000.

TEDESCO, M.J; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

TAYLOR B. R.; PARKINSON, D.; PARSONS, W. F. J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. **Ecology**, v. 70, p. 97-104, 1989.

WIEGERT, R. G.; EVANS, F. C. Primary production and the disappearance of dead vegetation on an old field in Southeastern Michigan. **Ecology**, v. 45, p. 49-63, 1964.