

EFEITO DA ADIÇÃO DE SULFATO DE AMÔNIO E DE RESTOS DE
CULTURA DE MILHO (*Zea mays* L.) SOBRE OS TEORES
DE CARBONO, NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N EM
TRÊS SOLOS ARGILOSOS*

Boanerges Freire de Aquino**

Francisco de Assis Ferraz de Mello***

RESUMO

Trata-se de um trabalho de incubação, em vasos, feito com a finalidade de verificar a influência da adição de sulfato de amônio sobre a evolução de carbono, nitrogênio e relação C/N em três solos argilosos do município de Piracicaba.

Várias conclusões foram tiradas, sendo a principal a seguinte: A evolução do teor de carbono e da relação C/N podem ser tomadas como parâme-

* Entregue para publicação em 12/12/83.

Parte da Dissertação de Metrado do primeiro autor.

** Escola Superior de Agricultura de Mossoró.

*** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",
USP, Piracicaba.

tros na avaliação das fases de decomposição da matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

Quando resíduos orgânicos são adicionados ao solo e, conseqüentemente, submetidos ao ataque dos microrganismos, uma complexa cadeia de reações ocorre. Os organismos do solo, principalmente os heterotróficos, atacam os resíduos decompondo seus constituintes. Da decomposição dos materiais orgânicos, os microrganismos têm sua fonte primária de energia e nutrientes e um rápido crescimento de sua população é verificado. Quando a exaustão destes materiais é atingida, a população microbiana declina e a mineralização dos seus tecidos predomina sobre a sua formação.

Parte do carbono adicionado ao solo é evoluído como CO_2 , enquanto que outra parte é utilizada na síntese dos constituintes celulares dos microrganismos envolvidos. A evolução de CO_2 pode ser utilizada como medida de taxa e extensão da decomposição, sendo que o volume total liberado depende da natureza do material, dos microrganismos envolvidos e das condições de decomposição. Paralela à síntese dos tecidos microbianos ocorre assimilação de nitrogênio, principalmente, e outros nutrientes.

O nitrogênio requerido pelos microrganismos ao longo do processo de decomposição é, **a priori**, fornecido pelo material orgânico. Contudo, se este não o contém em quantidades suficientes para atender às necessidades dos organismos decompositores, algum nitrogênio é imobilizado de fontes disponíveis do solo.

Daqui decorre a real possibilidade de, em certas circunstâncias, quando materiais pobres em nitrogênio

são incorporados ao solo, ocorrer temporária deficiência de nitrogênio inorgânico.

É perfeitamente conhecido que quando resíduos orgânicos provenientes de plantas jovens e suculentas são incorporados ao solo, se decompõem rapidamente e liberam uma considerável porção de seu nitrogênio em poucos dias. Ao contrário, quando os resíduos adicionados provêm de plantas maduras, sua decomposição é vagarosa e comumente retardam o desenvolvimento da cultura, que por acaso a se desenvolva, se suplementar fornecimento de nitrogênio não for efetuado. Sem adição suplementar de nitrogênio os resíduos orgânicos de alta relação C/N podem permanecer no solo num estágio de parcial decomposição. PINCK *et alii* (1946b) advogam que, em condições de clima temperado, relações C/N em torno de 28 a 35 são adequadas para uma normal decomposição, uma vez que o conteúdo de nitrogênio é suficiente para tal.

A decomposição de resíduos orgânicos, dos quais é originária a matéria orgânica do solo, é acompanhada por um estreitamento da relação C/N do solo. Quando a taxa de decomposição diminui e o equilíbrio está próximo de ser alcançado, a relação C/N normalmente atinge valores estáveis. Durante o curso da decomposição, o nitrogênio que permanece integrado aos resíduos, vai se tornando cada vez menos disponível.

Os aspectos referentes às interrelações entre os ciclos do carbono e do nitrogênio no solo têm sido objetos de intensivos estudos e estão amplamente discutidos nos trabalhos de WAKSMAN (1952), NORMAN (1943) e BROADBENT (1968).

O presente trabalho tem os seguintes objetivos:

- a) fornecer informações acerca da decomposição de resíduos orgânicos (palha de milho) de alta relação C/N, incorporados a três solos argilosos do município de Piracicaba, avaliando-se a taxa

de decomposição mediante determinações dos teores de carbono e da relação C/N dos referidos solos;

- b) demonstrar a influência do nitrogênio, incorporado ao solo sob forma de sulfato de amônio, na taxa de decomposição dos resíduos orgânicos incorporados.

REVISÃO DE LITERATURA

A importância da matéria orgânica no solo é múltipla: constitui fonte contínua de nutrientes para o desenvolvimento das plantas; modifica, por vários caminhos, a natureza física e química do solo; regula e determina a natureza da população microbiana e sua atividade através do suprimento de nutrientes orgânicos e inorgânicos, tornando o solo um meio favorável para seu desenvolvimento.

Um fato comumente constatado é o decréscimo no nível de matéria orgânica do solo sob cultivo. Com o objetivo de contornar tal problema, é bastante difundido o uso de algumas práticas. Entre elas citam-se o plantio de culturas especiais a serem incorporadas ao solo, adições de resíduos orgânicos (restos de cultura, esterco, etc.) e introdução de matéria orgânica humificada. Adição de fertilizantes minerais pode também resultar numa elevação do nível de matéria orgânica do solo, uma vez que nestas condições um marcante aumento nas quantidades de resíduos de plantas depositados no solo é verificado.

Quando os resíduos chegam ao solo, um rápido processo de decomposição toma lugar, pelo qual é seguido de consumo de oxigênio, liberação de calor, evolução de CO₂ e amônia, se o material é rico em nitrogênio e um escurecimento do material residual.

As taxas de decomposição da matéria orgânica em solos de regiões tropicais são mais elevadas do que em solos de regiões de clima temperado. JENNY et alii (1949) em estudos comparativos em solos da Colômbia, Costa Rica e Califórnia, adicionaram plantas de alfafa e observaram que os valores absolutos de perdas de carbono eram altos, porém mais altos nos solos tropicais do que nos temperados. Embora os resultados da decomposição da alfafa tenham fornecido conclusivas informações sobre o efeito do clima na taxa de decomposição, não forneceram, por outro lado, direta indicação que justifique os mais altos níveis de matéria orgânica e nitrogênio comumente verificados nos solos tropicais.

Um dos mais importantes fatores que afetam a atividade microbiana é o suprimento de energia. Outros fatores tais como aeração, suprimento de água no solo, temperatura, pH e o suprimento de nutrientes são importantes, contudo, o suprimento de energia é muito freqüentemente o fator limitante. Para a grande maioria dos microrganismos o suprimento de energia é fornecido pelos resíduos de plantas e animais.

PEEVY & NORMAN (1948) reportaram que a composição dos materiais de plantas, especialmente o conteúdo de lignina, influencia materialmente a quantidade e as propriedades dos resíduos decompostos. Dextrose e celulose desapareceram mais rapidamente do que outros materiais estudados, mesmo no caso em que nitrogênio suplementar foi adicionado.

A decomposição, algumas vezes, libera nitrogênio. O requisito básico é uma fonte orgânica que possua uma relação C/N suficientemente estreita. WAKSMAN (1942) trabalhando com plantas de centeio de várias idades, a fim de obter materiais de diferentes relações C/N (plantas jovens comumente possuem mais altos teores de nitrogênio do que plantas maduras) encontrou que plantas com relações C/N mais estreitas se decompõem cerca de 50% mais rápidas do que aquelas com largas relações C/N e, conseqüentemente, pobres em nitrogênio.

RUBINS & BEAR (1942), conduzindo estudos em laboratório sobre a nitrificação em solo barro-arenoso com adições de diversos materiais orgânicos e fertilizante nitrogenado, obtendo desta forma diferentes C/N, verificaram que à medida que crescia a relação C/N dos materiais eram anotados decréscimos na percentagem de nitrogênio sob forma de nitratos dentro do solo. Tais decréscimos não foram uniformes entre os materiais e isto relacionava-se às suas naturezas químicas. Resultados semelhantes foram previamente obtidos por MARTIN (1952).

PINCK et alii (1946a), em experimentos em casa de vegetação, estudaram os efeitos de adubações verdes (plantas de sorgo) e de fertilizante nitrogenado sobre a recuperação de nitrogênio por cinco sucessivas culturas de sorgo, bem como sobre o conteúdo de carbono do solo. Constataram, entre outros resultados, que quando relações C/N eram menores do que aproximadamente 35, algum nitrogênio era liberado, ao passo que quando superiores a este nível o nitrogênio era inativado. Observaram que a um dado nível de nitrogênio, a percentagem de carbono retido no solo aumentou com a maturidade dos materiais adicionados. Onde nitrogênio suplementar não era adicionado, uma unidade de carbono aplicada como planta jovem aumentou o carbono residual do solo em cerca de 75% a mais do que a mesma quantidade de carbono aplicada como planta madura. Isto é atribuído ao aumento de resíduos radiculares produzido pela maior quantidade de nitrogênio da planta jovem. Onde material verde mais uréia eram adicionados, a recuperação de nitrogênio pelas plantas decrescia marcantemente com o aumento do C/N do material. Resultados similares foram obtidos por PINCK et alii (1946b). PINCK et alii (1948), em trabalho sob condições semelhantes aos anteriores, além de confirmarem novamente seus prévios resultados, constataram que todos os tipos de materiais de plantas e fontes de nitrogênio baixaram a relação C/N do solo, indicando que a adição de uma fonte de energia facilmente disponível aumenta a oxidação do carbono nativo.

WAKSMAN & TENNEY (1927) estabeleceram, estudando a decomposição de plantas de centeio, que 1,7% de nitrogênio

nio era adequado para as necessidades dos microrganismos e que na decomposição de resíduos de plantas que continham menos de 1,7% ocorreu um período crítico antes que amônia fosse liberada.

Parbey & Swaby, citados por BROADBENT & NORMAN (1946), estudaram as taxas de liberação de nitrogênio de um grande número de materiais orgânicos adicionados ao solo, e encontraram que, no curso de uma estação, suficiente nitrogênio para as necessidades das culturas era liberado dos materiais que continham, inicialmente, teores de nitrogênio superiores a 2,5%. Nenhuma liberação ocorreu dos materiais com menos de 1,5%.

STOJANOVIC & BROADBENT (1956), trabalhando em laboratório com solos sob controle de temperatura, umidade e aeração, adicionaram 1 g de palha de trigo mais 40 ppm de nitrogênio de duas fontes - amoniacal e nítrica - a 100 g de solo. Entre o segundo e sexto dia, 95% de nitrogênio amoniacal foi imobilizado, correspondendo a 38 lbs/acre/dia, enquanto que a mineralização foi de 18 lbs/acre/dia. Quando utilizada a fonte nítrica, a imobilização atingiu 99% ou 56 lbs/acre/dia, e a mineralização 34 lbs/acre/dia. Verificaram que igualmente na decomposição de um material com elevado nível de nitrogênio, tal como folha de milho, a imobilização foi de significativa magnitude.

HILTBOLD et alii (1950), utilizando ^{15}N em resíduos orgânicos (palha de milho e alfafa) e fertilizante nitrogenado, aplicados a solos barro-siltosos, obtiveram, entre outros, os seguintes resultados:

- a) após 73 dias de incubação, as mais largas quantidades de fertilizante nitrogenado, que permanecia sob forma mineral, eram encontrados nos solos que não tinham recebido tratamentos ou que tinham recebido alfafa;
- b) a imobilização era maior onde adições de palha de milho foram efetuadas;

- c) a mineralização nos solos que não tinham recebido tratamentos era duas vezes a imobilização, indicando que para cada duas partes de nitrogênio amonificado da matéria orgânica do solo, uma era reutilizada pela microflora.

PINCK *et alii* (1950), em experimentos em laboratório sobre formação de húmus em solo barro-siltoso, adicionaram materiais de plantas de vários graus de maturidade e conteúdos de nitrogênio. Deixados para decompor por um período de um ano, obtiveram as seguintes conclusões:

- a) ao contrário do que é comumente aceito, o carbono de plantas verdes suculentas é retido pelo solo em quase tão alto grau quanto aquele de plantas maduras;
- b) os resultados alcançados não justificam a premissa de que adições suplementares de nitrogênio são necessárias para reter o carbono durante o processo de formação de húmus no solo. O principal efeito do nitrogênio sob tais condições é acelerar o processo de formação do húmus e satisfazer as necessidades das plantas, se presentes. Onde o nitrogênio é deficiente, resíduos orgânicos tendem a permanecer em uma condição de parcial decomposição;
- c) a retenção de carbono num solo normal depende primariamente da natureza química do material adicionado e não da sua relação C/N.

BROADBENT & BARTHÖLOMEW (1948), trabalhando com palha de aveia no solo, verificaram que aumentando-se a quantidade de resíduos adicionados aumentava a taxa de decomposição da matéria orgânica já presente no solo, ao passo que, relação inversamente proporcional era encontrada entre a taxa de decomposição do resíduo e a quantidade adicionada.

ALLISON & KLEIN (1962), estudando a decomposição de palha de trigo (com 0,44% de nitrogênio, mas elevada para 2% pela adição de nitrato) no solo, observaram que a máxima imobilização líquida se dava aos 20 dias e alcançava 1,7% do peso da palha usada. Imediatamente seguindo a máxima imobilização, a mineralização tornou-se dominante e liberação de nitrogênio ocorreu. Ao final de 75 dias o nitrogênio imobilizado tinha decrescido para 1,1%. A quantidade de nitrogênio requerida pelos microrganismos que decompõem os materiais de plantas é dependente da composição do material e da taxa de decomposição. Este último fato foi também estabelecido por WAKSMAN & TENNEY (1927), RICHARDS & NORMAN (1931) e RUBINS & BEAR (1942).

ALLISON & COVER (1960), estudando a decomposição de resíduos de madeira em solo barro-arenoso, pobre em nitrogênio, verificaram que adições de nitrogênio, suficiente para elevar o teor a uma faixa de 0,75-1,00%, eram adequadas para uma máxima velocidade de decomposição. Esta faixa variava com a habilidade do solo em suprir nitrogênio. Ao final de 160 dias, 58% do carbono da madeira tinha sido liberado como CO₂. O valor correspondente para palha de trigo era 64%.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras da camada superficial de 20 cm de três solos do município de Piracicaba, classificados por RANZANI et alii (1966) do seguinte modo:

Série	Classificação
Iracema	Orthic Haplacrox
Luiz de Queiroz	Ultic Ultustalf
Guamium	Orthic Haplacrox

As amostras apresentavam as características granulométricas expostas na Tabela 1.

Tabela 1. Características granulométricas dos solos.

Solo	Fração do solo (%)						
	Argila	Limo	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
Iracema	41,5	36,2	-	1,5	4,2	9,5	7,1
Luiz de Queiroz	32,7	34,2	0,1	1,9	6,5	12,6	12,0
Guamium	55,3	25,6	-	1,5	4,2	8,7	4,7

Os restos secos da cultura de milho (folhas e caules) foram triturados em moinho Wiley utilizando-se a fração que ultrapassava peneira de 0,2 mm. A terra foi seca ao ar destorroada e peneirada em tamis de 2 mm de abertura de malha.

Foram mantidos quatro vasos contendo somente a terra e que receberam apenas água durante todo o período experimental (controle).

Os tratamentos foram os seguintes:

A: Terra + restos de cultura

B: Terra + restos de cultura + 50 kg N/ha

C: Terra + restos de cultura + 100 kg N/ha

D: Terra + restos de cultura + 150 kg N/ha

As quantidades de restos de cultura de milho foram equivalentes a 50 ton/ha em todos os tratamentos.

Quantidades de 2 kg de terra, depois de bem misturadas com o resíduo orgânico e sulfato de amônio, nos tratamentos que os receberam, foram colocados em vasos de material plástico.

Durante todo o período experimental (70 dias) os conteúdos dos vasos foram mantidos com um teor de umidade aproximadamente igual a 70% da água retida a 1/3 de atmosfera, determinado segundo SCARDUA (1974).

As amostras, em número de 11, coletadas manualmente para análises, eram representativas de todo o perfil das terras dos vasos. Eram deixadas secar em estufa a cerca de 70°C por 24 horas, acondicionadas em recipientes de vidro, bem fechados e mantidos a 0°C, aproximadamente, até a ocasião das análises.

O carbono foi determinado por via seca, gasometricamente, em aparelho de Lindberg.

O nitrogênio foi dosado pelo método de Kjeldahl, adaptado por MELLO et alii (1966) para o emprego de microdestilador.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, tendo sido efetuado três experimentos, cada um correspondente a um solo.

O esquema de análise da variância foi:

Tabela 2. Esquema da análise da variância.

Causa da variação	G.L.
Tratamentos	3
Blocos	10
Resíduos	30
Total	43

em que os blocos são as épocas de amostragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Solo série Iracema: comportamento do carbono, nitrogênio e relação C/N

A análise da variância revelou diferenças significativas ao nível de 1% (teste F) entre os teores de C, de N e entre as relações C/N, tanto em relação aos tratamentos como as épocas de amostragem.

Em todos os tratamentos ocorreram decréscimos nos teores de C do solo, sendo estes maiores à medida em que aumentaram as doses de N adicionadas.

Também se constatou que tais decréscimos foram mais rápidos no início, alcançando um máximo ao redor de 28 dias e a partir daí foram mais vagarosos. A partir dos 42 dias o teor de C apresentou tendência de se estabilizar, exceto no controle^{1/}, onde praticamente se estabilizou aos 28 dias, e no tratamento C, onde a estabilização ocorreu após o 56º dia.

O resultado da comparação entre médias se acha sumariado na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação entre os teores médios de C.

Tratamento	Tratamento			
	A (2,8381)	B (2,5445)	C (2,4345)	D (2,1199)
A (2,8381)		**	**	**
B (2,5445)			n.s.	**
C (2,4345)				**

d.m.s. a 5% = 0,2034; d.m.s. a 1% = 0,2536

** significativo a 1%

n.s. não significativo.

O teor de C nas terras em cada tratamento reduziu-se durante os 70 dias de incubação (Tabela 4).

^{1/} Aqueles que recebem somente água.

Tabela 4. N adicionado e porcentagem de C que permaneceu na terra após a incubação:

Tratamento	N adicionado kg/ha	Teor de C final em relação ao inicial, %
A	0	83,9
B	50	69,0
C	100	62,7
D	150	51,6

No que se refere aos teores de N, estes foram, em todos os tratamentos, praticamente constantes durante todo o período experimental. Ocorreram pequenos picos em torno do 28º dia após o início do trabalho, coincidindo com as maiores taxas de perdas de carbono.

A Tabela 5 revela que diferenças estatísticas significativas ocorreram somente entre o tratamento que não recebeu sulfato de amônio e os que o receberam; entre estes não ocorrendo nenhuma diferença estatística.

Houve indícios de que ocorreu maior imobilização de N ao redor do 28º dia o que deve estar relacionado com a adição desse elemento. Isso se acentuou à medida em que cresceram as doses adicionadas do nutriente mencionado.

Em todos os tratamentos os processos de decomposição da matéria orgânica foram acompanhados de estreitamento da relação C/N do solo. Tal estreitamento foi mais rápido nos primeiros 28 dias após o início da incubação. Daí por diante foi mais lento tendendo à estabilização no final do período.

Tabela 5. Comparação entre os teores médios de N.

Tratamento	Tratamento			
	A (0,2363)	B (0,2472)	C (0,2427)	D (0,2436)
A (0,2363)		**	*	**
B (0,2472)			n.s.	n.s.
C (0,2427)				n.s.

d.m.s. a 5% = 0,0053; d.m.s. a 1% = 0,0067

** significativo a 1%; * significativo a 5%
n.s. não significativo.

O estreitamento da relação C/N se tornou mais acentuado com o aumento das doses de N aplicadas.

A Tabela 6 mostra os resultados de comparação das médias das relações C/N.

Tabela 6. Comparação entre as médias das relações C/N.

Tratamento	Tratamento			
	A (12,0202)	B (10,2932)	C (10,0316)	D (8,7017)
A (12,0202)		**	**	**
B (10,2932)			n.s.	**
C (10,0316)				**

d.m.s. a 5% = 0,7793; d.m.s. a 1% = 0,9716

** significativo a 1%; n.s. não significativo.

Pelos fatos dos teores de N terem permanecido praticamente constantes durante o período de incubação, deduz-se que as adições de N mineral intensificaram a decomposição da matéria orgânica, ocasionando maiores perdas de C, e conseqüentemente, decréscimos da relação C/N, o que concorda com NORMAN (1943), HOPKINS (1948) e ALLISON (1973).

Solo série Luiz de Queiroz: comportamento do carbono, nitrogênio e relação C/N

A análise de variância mostrou diferenças significativas ao nível de 1% (teste F) entre os teores de C, N e entre as relações C/N, tanto em relação aos blocos como às épocas de amostragem.

De modo semelhante ao que ocorreu na série Itapeva, os teores de C decresceram mais rapidamente à medida que cresceram as doses de N mineral aplicadas. Tal decréscimo foi mais intenso no período inicial do ensaio; tornou-se, depois, moderado e mostrou tendência de estabilização no final.

Em todos os tratamentos o decréscimo do teor de C praticamente se estabilizou a partir dos primeiros 42 dias de incubação (inclusive no controle), exceto no tratamento C onde a estabilização só ocorreu a partir do 56º dia após a instalação do ensaio.

Na Tabela 7 aparecem os resultados relativos às comparações entre as médias dos tratamentos.

Tabela 7. Comparação entre os teores médios de C.

Tratamento	Tratamento			
	A (2,0272)	B (1,9045)	C (1,7654)	D (1,6441)
A (2,0272)		**	**	**
B (1,9045)			**	**
C (1,7654)				**

d.m.s. a 5% = 0,0977; d.m.s. a 1% = 0,1218

** significativo a 1%

Como ocorreu no caso da série Iracema, evidenciou-se a influência do N mineral em acelerar as perdas de C do solo (Tabela 8).

Tabela 8. N adicionado e porcentagem de C que permaneceu na terra após a incubação.

Tratamento	N adicionado kg/ha	Teor de C final em relação ao inicial, %
A	0	63,3
B	50	62,9
C	100	55,2
D	150	58,6

A evolução dos teores de N na série Luiz de Queiroz (Tabela 9) foi semelhante ao da série Iracema. Ocorreram pequenos picos ao redor do 28º dia de incubação, coincidindo com o período logo após a rápida taxa de perda de C. Os picos se acentuaram à medida que cresceram

as doses de N adicionadas, indicando que uma maior imobilização nesse período está relacionada às adições de N mineral.

Tabela 9. Comparação entre os teores médios de N.

Tratamento	Tratamento			
	A (0,2045)	B (0,2072)	C (0,2090)	D (0,2109)
A (0,2045)		n.s.	n.s.	*
B (0,2072)			n.s.	n.s.
C (0,2090)				n.s.

d.m.s. a 5% = 0,0059; d.m.s. a 1% = 0,0073

* significativo a 1%

n.s. não significativo.

Durante todo o período de incubação a decomposição da matéria orgânica foi acompanhada por estreitamentos das relações C/N de todos os tratamentos. De um modo geral essas relações no solo da série Luiz de Queiroz se comportaram analogamente aos da série Iracema, corroborando as considerações já discutidas.

Examinando-se a Tabela 10 constatam-se diferenças estatísticas significativas entre todos os tratamentos.

Tabela 10. Comparação entre as médias das relações C/N.

Tratamento	Tratamento			
	A (9,9034)	B (9,1851)	C (8,4380)	D (7,7891)
A (9,9034)		**	**	**
B (9,1851)			**	**
C (8,4380)				*

d.m.s. a 5% = 0,5289; d.m.s. a 1% = 0,6594

** significativo a 1%

* significativo a 5%.

Solo série Guamium: comportamento do carbono, nitrogênio e relação C/N

Foram encontradas diferenças significativas ao nível de 1% (teste F) entre os teores de C, N e entre as relações conforme mostrou a análise da variância, tanto em relação aos tratamentos como em relação aos blocos.

Entre os solos utilizados, no da série Guamium foi constatada, de modo mais relevante, a influência das adições de N mineral na velocidade de perdas de C do solo.

Como já citado muitas vezes na literatura, a decomposição da matéria orgânica é mais acelerada no início do processo e coincide com a atividade máxima da população microbiana, que se verifica logo após a adição de resíduos orgânicos ao solo. Isso, também, aconteceu neste trabalho.

No período inicial da incubação o tratamento A perdeu muito menos C que aqueles que receberam sulfato de amônio. Esse período se estendeu até o 14º dia de incubação. Daí por diante as taxas de perdas foram se tornando mais moderadas, alcançando estabilização a partir do 42º dia.

Na Tabela 11 aparecem os resultados da comparação das médias dos teores de C encontradas no solo.

Tabela 11. Comparação entre os teores médios de C.

Tratamento	Tratamento			
	A (2,1254)	B (1,7881)	C (1,7045)	D (1,5309)
A (2,1254)		**	**	**
B (1,7881)			n.s.	**
C (1,7045)				*

d.m.s. a 5% = 0,1453; d.m.s. a 1% = 0,1862

** significativo a 1%; * significativo a 5%

n.s. não significativo.

O efeito do N mineral sobre a redução percentual dos teores de C do solo é mostrado na Tabela 12.

Nota-se que, à medida em que as quantidades de N aumentaram, as porcentagens finais de C no solo se reduziram. Isso está de acordo com PINCK *et alii* (1950) que afirmaram que o N suplementar constitui um fator de aceleração da decomposição da matéria orgânica.

Tabela 12. N adicionado e porcentagem de C que permaneceu na terra após a incubação.

Tratamento	N adicionado kg/ha	Teor final de C em relação ao inicial, %
A	0	62,9
B	50	54,2
C	100	50,3
D	150	44,4

Tratando-se de N, verificou-se que o comportamento desse elemento no solo da série Guamium foi similar ao que ocorreu nas outras duas. Ocorreram pequenos picos por volta do 28º dia após o início da incubação, sendo a grandeza destes equivalentes em todos os tratamentos (no controle não).

A Tabela 13 resume os resultados obtidos da comparação entre as médias dos tratamentos.

Tabela 13. Comparação entre os teores médios de N.

Tratamento	Tratamento			
	A (0,1836)	B (0,1836)	C (0,1799)	D (0,1854)
A (0,1836)		n.s.	n.s.	n.s.
B (0,1836)			n.s.	n.s.
C (0,1799)				**

d.m.s. a 5% = 0,0041; d.m.s. a 1% = 0,0051

** significativo a 1%; n.s. não significativo.

A Tabela 13 mostra que ocorreu diferença significativa apenas entre os tratamentos C e D. Os picos verificados aos 28 dias indica que por volta desse dia, após o início da incubação, houve imobilização do N mais intensa. Contudo, em virtude de todos os tratamentos terem apresentado picos equivalentes, não se pode visualizar a influência dos diferentes níveis de N mineral aplicado.

Em relação a relações C/N, na série Guanium elas se estreitaram semelhantemente ao que ocorreu nas séries Itacema e Luiz de Queiroz, isto é, elas foram se estreitando mais intensamente à medida que o processo de decomposição se desenvolvia, até o 28º dia de incubação. Daí por diante o estreitamento foi mais moderado, alcançando a estabilização no final do período de incubação.

Novamente ficou patente a influência do N nas taxas de perdas de C e, conseqüentemente, no estreitamento das relações C/N.

A Tabela 14 resume as comparações entre as médias das relações C/N.

Tabela 14. Comparação entre as médias das relações C/N.

Tratamento	Tratamento			
	A (11,5763)	B (9,7645)	C (9,5455)	D (8,2858)
A (11,5763)		**	**	**
B (9,7645)			n.s.	**
C (9,5455)				**

d.m.s. a 5% = 0,9053; d.m.s. a 1% = 1,1286

** significativo a 1%; n.s. não significativo.

A Tabela 14 revela que, com exceção dos tratamentos B e C, todos os tratamentos diferiram entre si.

RESUMO E CONCLUSÕES

O experimento foi conduzido em vasos utilizando-se três solos argilosos do município de Piracicaba, SP. O objetivo foi fornecer informações sobre a decomposição de resíduos orgânicos (restos de cultura de milho aplicados na proporção de 50 ton/ha), bem como a influência do nitrogênio (sob forma de sulfato de amônio, nos níveis de 0, 50, 100 e 150 kg N/ha) sobre as taxas de degradação do material orgânico adicionado. Foi instalado em condições ambientais ao abrigo da chuva. A avaliação da decomposição foi feita mediante determinações dos teores de carbono e das relações C/N dos solos, durante todo o período de incubação (70 dias). As amostras foram coletadas e analisadas semanalmente. A umidade foi mantida a um nível de 70% da água retida a 1/3 atm.

O trabalho permitiu as seguintes conclusões:

- 1) Em todos os solos utilizados a adição de nitrogênio mineral acelerou as perdas de carbono do solo, constatando-se um efeito mais acentuado no período inicial de incubação.
- 2) A adição de nitrogênio afetou os teores de carbono residual ao final do período de incubação. Níveis crescentes de nitrogênio adicionado redundaram, ao final do período, em menores teores de carbono deixados no solo.
- 3) Em todos os solos estudados a adição de nitrogênio afetou o comportamento das relações C/N. Por todo o período de incubação os tratamentos que receberam N mineral apresentaram relações

C/N mais estreitas. No período inicial a velocidade de estreitamento dos valores estava relacionada à quantidade de N aplicada.

- 4) Há um forte indício de que pequenos acréscimos no N total (com picos aos 28 dias) em todos os solos, estão relacionados à adição de nitrogênio mineral.
- 5) Para os solos utilizados e dentro de um período de incubação de 70 dias, a evolução dos teores de carbono e a evolução das relações C/N podem ser tomadas como parâmetros na avaliação das taxas de decomposição da matéria orgânica.

SUMMARY

EFFECTS OF THE ADDITION OF AMMONIUM SULFATE AND CORN PLANTS RESIDUES (*Zea Mays* L.) ON THE CONTENTS OF CARBON, NITROGEN AND C/N RELATION OF THREE CLAYISH SOILS.

The experiment was carried out in pots using three clayish soils from the municipality of Piracicaba, SP, Brazil. The objective of this work was to obtain information on the decay of organic residue (corn culture trash applied at the proportion of 50 ton/ha) and the influence of nitrogen sulphate at the levels of 0, 50, 100 and 150 kg N/ha on the added organic material rate of decay. The experiment was installed at room conditions and protected from rain. The evaluation of the decay was made by determinations of the carbon content and of the C/N ratio of the soils during the incubation period (70 days). The samples were collected and analyzed weekly. The moisture of the soils was maintained at the level of 70% of the water retained at 1/3 atm.

The main conclusions are as follows:

- 1) The addition of mineral nitrogen in the soils accelerated the losses of carbon from the soils, showing a greater effect during the initial incubation period.
- 2) The addition of nitrogen affected the content of residual carbon in the final incubation period. Increasing levels of added nitrogen lowered the remaining carbon content in the soil at the end of the incubation period.
- 3) The addition of nitrogen affected the reaction of the C/N ratios in all the used soil. The treatments that received mineral nitrogen showed closer C/N ratios during the incubation period. The amount of mineral nitrogen applied was related to the narrowing speed of the values in the initial incubation period.
- 4) There is a strong indication that little increments of the total nitrogen (with peaks at the 28th day) are related to the addition of mineral nitrogen in all the soils.
- 5) The evolution of the carbon content and of the C/N ratios can be taken as parameters in the evaluation of the organic material rates of decay for the used soils and within an incubation period of 70 days.

LITERATURA CITADA

ALLISON, F.E.; COVER, R.G., 1960. Rates of decomposition of short leaf pine sawdust in soil at various levels of nitrogen and lime. *Soil Sci.* **89**: 194-201.

- ALLISON, F.E.; KLEIN, C.J., 1962. Rates of immobilization and release of nitrogen following additions of carbonaceous materials and nitrogen to soils. *Soil Sci.* 93: 383-386.
- ALLISON, F.E., 1973. *Soil organic matter and its role in crop production*. New York, Elsevier, 673 p.
- BROADBENT, F.E.; NORMAN, A.C., 1946. Some factors affecting the availability of the organic nitrogen in soil. A preliminary report. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 11: 264-267.
- BROADBENT, F.E.; BARTHOLOMEW, W.V., 1948. The effect of quantity of plant material added to soil on its rate of decomposition. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 13: 271-274.
- BROADBENT, F.E., 1968. Turnover of nitrogen in soil organic matter. In: *Study week on organic matter and soil fertility*. John Wiley, New York.
- HILTBOLD, A.E.; BARTHOLOMEW, W.V.; WERKMAN, C.H., 1950. The use of tracer technique in the simultaneous measurement of mineralization and immobilization of nitrogen in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 15: 166-173.
- HOPKINS, D.P., 1948. *Chemical humus and the soil*. London, Faber and Faber, 278 p.
- JENNY, H.; GESSEL, S.P.; BINGHAM, F.T., 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.* 68: 419-432.
- MARTIN, T.L., 1925. Effect of straw on accumulation of nitrates and crop growth. *Soil Sci.* 20: 159-164.
- MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S.; PORTA, A.; FERRAZ, V., 1966. Uma adaptação do método Kjeldahl para a determinação do nitrogênio do solo envolvendo o uso de um microdesilador. *Rev. Agríc. Piracicaba*, 41: 117-119.

- NORMAN, A.G., 1943. Organic matter in soils. *Yb. Agric.* 499-510.
- PEEVY, W.J.; NORMAN, A.G., 1948. Influence of composition of plant materials on properties of the decomposed residues. *Soil Sci.* 65: 209-226.
- PINCK, L.A.; ALLISON, F.E.; GADDY, V.L., 1946a. Greenhouse experiments on the effect of green manures upon nitrogen recovery and soil carbon content. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 10: 230-234.
- PINCK, L.A.; ALLISON, F.E.; GADDY, V.L., 1946b. The nitrogen requirement in the utilization of carbonaceous residues in soil. *Jour. Am. Soc. of Agronomy* 38: 410-420.
- PINCK, L.A., 1948. The effect of green manure crops of varying carbon-nitrogen ratios upon nitrogen availability and soil organic matter content. *Jour. Am. Soc. of Agronomy* 40: 237-248.
- PINCK, L.A.; ALLISON, F.E.; SHERMAN, M.S., 1950. Maintenance of soil organic matter: II. Losses of carbon and nitrogen from young and mature plant materials during decomposition in soil. *Soil Sci.* 69: 391-401.
- RANZANI, G.; KIEHL, E.J., 1958. Prática de solos. Piracicaba, SP, 40 p.
- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T., 1966. Carta de solos do município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos. ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 85 p.
- RUBINS, E.J.; BEAR, F.E., 1942. Carbon-nitrogen ratios in organic fertilizer materials in relation to the availability of their nitrogen. *Soil Sci.* 54: 411-423.
- SCARDUA, R., 1974. Irrigação. Piracicaba, SP. Centro Acadêmico Luiz de Queiroz, 246 p.

- STOJANOVIC, B.J.; BROADBENT, F.E., 1956. Immobilization and mineralization rates of nitrogen during decomposition of plant residues in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **20**: 213-218.
- WAKSMAN, S.A.; TENNEY, F.G., 1927. The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: II. Influence of age of plant upon the rapidity and nature of its decomposition rye plants. *Soil Sci.* **24**: 317-333.
- WAKSMAN, S.A., 1942. The microbiologist looks at soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **7**: 16-21.
- WAKSMAN, S.A., 1952. *Soil microbiology*. John Wiley, New York, p. 125-165.