
ESTUDI DEL PROCÉS DE MINERALITZACIÓ EN EL SÒL COMPOST DE DEIXALLES.

M. Navarro i Hernández

Resum del treball final de carrera: premiat amb el primer accésit del I Premi FIRESME d'investigació agrícola, convocat pel Patronat de Fires de Mataró (1990).

RESUM

Per tal de conèixer i poder explicar tots els processos que segueixen les diferents formes nitrogenades d'un sòl en el qual s'ha barrejat compost de residus sòlids urbans, es fan servir dos mètodes diferents:

I- Incubació de les barreges sota condicions controlades, registrant l'activitat microbiana mitjançant una respirometria i analitzant periòdicament el nivell de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, N.org. sol., N org. total i de C ox. sol. que hi ha a la barreja.

II- Assaig de conreu de margall en tests, prenent mensualment mostres de substrat, del qual s'analitza el mateix que a les incubacions, i mostres de teixits vegetals, dels quals es determina la producció total i la riquesa en nitrogen.

La mineralització del nitrogen i la producció vegetal als tractaments adobats amb compost presenten un retard considerable respecte als controls més com més alta és l'activitat dels microorganismes. Aquest retard s'atribueix a la immobilització microbiana.

PARAULES CLAU: Incubació. Mineralització. Nitrogen. Compost.

RESUMEN

Para conocer y poder explicar todos los procesos que siguen las diferentes formas nitrogenadas de un suelo al que se le ha mezclado *compost* de residuos urbanos, se utilizan dos métodos diferentes:

I- Incubación de la mezcla bajo condiciones controladas, registrando la actividad microbiana mediante una respirometría y analizando periódicamente el nivel de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, N org. sol., N org. total y de C ox. sol. que hay en la mezcla.

II- Ensayo de cultivo de ray-gras en macetas, tomando mensualmente muestras de sustrato, del que se analiza lo mismo que en las incubaciones, y muestras de tejido vegetal, del que se determina la producción total y la riqueza en nitrógeno.

La mineralización del nitrógeno y la producción vegetal en los tratamientos abonados con *compost* presentan un retraso considerable respecto al control, mayor cuanto mayor es la actividad de los microorganismos. Este retraso se atribuye a la inmovilización microbiana.

PALABRAS CLAVE: Incubación. Mineralización. Nitrógeno. Compost.

SUMMARY

To know and to explain the processes followed by the different nitrogenate forms of a soil where compost of city garbage has been added, two methods are used:

I- Incubation of the mixture under controlled conditions, studying the microbial activity with respirometry and periodically analysing the level of $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, water soluble organic N, total organic N and oxidable water soluble carbon of the mixture.

II- Growing test of ray grass in pots, taking soil and vegetable samples monthly doing the same analysis than in the incubation for the soil and controlling total dry production and nitrogen content for the ray grass.

The high doses of compost used and its low stability initially produce nitrogen immobilization in the incubation as well as in the growing tests.

CLUE WORDS: Incubation. Mineralization. Nitrogen. Compost.

1. OBJECTIUS

Conèixer i raonar l'evolució de l'activitat microbiana i el procés que segueixen els components nitrogenats d'una barreja incubada de sòl i compost de residus urbans. Estudiar l'efecte que tenen la quantitat i la maduresa del compost afegit.

Estudiar els canvis a les formes nitrogenades de diferents barreges de sòl i compost emprades en tests per a fer un assaig de conreu. Estudiar l'efecte que tenen la quantitat i la maduresa del compost afegit, i comparar-ho amb el comportament d'una barreja només adobada mineralment a l'inici de l'assaig.

Conèixer la resposta del margall davant les diferents barreges de sòl i compost al llarg del temps, i veure si té relació amb els canvis observats a les formes nitrogenades del sòl.

Estudiar si hi ha relació entre el comportament de les plantes i els resultats obtinguts a la incubació.

2. INTRODUCCIÓ

Darrerament ha augmentat la necessitat econòmica i ecològica d'emprar el sòl com a receptor del compost de residus urbans. Un dels problemes per a l'expansió de l'ús del compost com a fertilitzant és la desconexió de la seva evolució al sòl, sobretot pel que fa a la fracció nitrogenada: els nivells de nitrogen nítric i nitrogen amoniacal que la barreja de sòl i compost presenta en un moment donat, no representen sinó una part d'allò que es pot subministrar a la planta. La resta prové sobretot de la mineralització de les formes de nitrogen orgànic, que depèn tant de la capacitat mineralitzadora del sòl i la seva vida microbiana, com del tipus de material afegit i les condicions del medi, variables que fan difícil quantificar el nitrogen potencialment disponible per a les plantes. Si bé s'han desenvolupat molts mètodes per a poder predir l'evolució de les formes nitrogenades a un sòl, la majoria d'ells han estat estudiats per barreges de sòl amb fangs de depuradora i no sempre els resultats són extrapolables a tots tipus de materials orgànics.

Els mètodes emprats en aquest treball han resultat de l'adaptació dels mètodes establerts per altres investigadors, que es poden classificar en dos grans grups: els mètodes biològics i els mètodes químics, i que s'enunciaran a continuació

2.1. Els mètodes biològics

2.1.1. Els assaigs de creixement:

Són els que s'ajusten més a la realitat però es duen a terme durant un període excessivament llarg, pel qual motiu no resulten pràctics per a fer recomanacions de fertilització.

2.1.2. Les incubacions: mètodes biològics de laboratori

Es basen a sotmetre la biomassa del sòl a condicions favorables per simular i accelerar les transformacions naturals del sòl. L'ur principal problema és que no sempre els resultats se saben extrapolar a tot tipus de material o de sòl. Se n'han fet moltes variants canviant les condicions de la incubació (temperatura BONDE I ROSSWALL, 1987), humitat, durada (STANFORD *et al.* 1974), oxigenació, percolació (FELIPÓ i GARAU, 1987) i altres (GRIFFIN i LAINE, 1983) (MARY i REMY, 1979) (STANFORD i LEGG, 1968) etc.

2.2. Els mètodes químics

Són els més emprats perquè són ràpids i reproduïbles, però generalment tan sols tenen significat i validesa aproximada per als materials emprats per a descriure'ls. El principi general és extreure amb l'ajuda de diferents reactius una proporció de nitrogen que serà propera a la mineralitzable pels microorganismes en condicions naturals. Així, per exemple, es pot extreure el N a l'autoclau amb CaCl_2 a 121°C (SMITH i STANFORD, 1971), o amb KCl 2M a 100°C durant 4 h (GIANELLO i BREMNER, 1986), o amb HCl 6N (GIROUX i SEN TRAN, 1987). N'han estat proposats tants i tan diferents entre ells, que resulta molt difícil de fer una valoració dels més recomanables.

3. MATERIALS I MÈTODES

3.1. Materials

3.1.1. El compost

S'empren dos compostos («Fresc» i «Madur») sòlids aeròbics de la planta de reciclatge de residus urbans de Gavà (Barcelona). Llurs dades analítiques són expressades a la taula 1.

	FRESC	MADUR
% Matèria Orgànica (560 °C)	62,5	55,9
Carboni oxidable	30,2	27,1
Grau de descomposició	30,8	32,6
Nitrogen orgànic total	1,5	1,5
Nitrogen org. no hidrolitzable	0,74	0,70
Relació C/N	20,1	18,1
Àcids húmics (C)	4,15	4,23
Àcids fúlvics (C)	3,97	3,65
E ₄ /E ₆	7,25	7,50

FRESC: Tret de les piles de fermentació-descomposició.

MADUR: Tret de les piles en etapa de maduració.

Taula 1. Dades analítiques dels compostos.

3.1.2. El sòl

S'empra el sòl estàndard de la zona, que és el més susceptible de ser adobat amb el compost de la planta de reciclatge. Les seves dades analítiques s'expressen a la taula 2.

Textura	argilo-arenosa
pH (H ₂ O)	7,90
pH (KC1)	7,35
CE (ds/m)	28
% C	1,6 %
P	66 ppm
K	231 ppm
% CaCO ₃	10,5 %

Taula 2. Dades analítiques del sòl.

3.1.3. La barreja de sòl i compost

Les proporcions emprades en els diferents tractaments són de 2,7 g (dosi baixa) i 9 g (dosi alta) de compost sec per 100 g de barreja, calculades segons les necessitats del margall suposant un 25% de mineralització del compost a la dosi més baixa. El tractament de referència és únicament el sòl a la incubació i, en el cas de l'assaig de creixement, s'hi afegeixen, d'acord amb les necessitats del margall i només abans de la sembra, fertilitzants químics. El compost és molturat, el sòl es passa pel garbell de 2 mm i tots dos són assecats a l'aire en el cas de la incubació, mentre que a l'experiència de creixement no se sotmeten a cap tractament previ.

3.1.4. El material vegetal

Hom sembra margall (*Lolium multiflorum*), que és una planta anual que rebrota fàcilment, i que permet els dalls periòdics necessaris per a l'anàlisi del teixit vegetal.

3.2. Mètodes

S'empren dos mètodes generals diferents: una incubació i un assaig de creixement.

3.2.1. La incubació

Es porta a terme una incubació aeròbica sense percolació durant 100 dies sota condicions controlades: un vas amb 100 g de cada barreja, humitejada a capacitat de camp, es posa, juntament amb un pot amb aigua (que manté la humitat ambiental al 100%) i un amb NaOH (que serveix per a la respirometria), dins un pot de 3l que tanca hermèticament. Aquests pots es guarden a les fosques dins la cambra d'incubació a una temperatura constant de 28°C. Es pren la precaució d'oxigenar molt sovint els pots per tal de restituir l'oxigen consumit per la respiració microbiana. Es fan periòdicament algunes anàlisis del sòl. Mitjançant l'extracció aquosa 1:5, es controlen els nivells de carboni oxidable, nitrogen orgànic, nitrogen nítric i nitrogen amoniacal solubles en aigua, pH i conductivitat. Mitjançant l'extracció amb KCl 2N s'obté el nitrogen amoniacal total. El nitrogen orgànic total s'analitza després d'una digestió Kjeldahl. L'activitat microbiana en general és quantificada per la respirometria, que és una volumetria per retrocés amb la qual es valora el CO₂ després per la barreja incubada i que és recollit pel NaOH inclòs al pot d'incubació (SAÑA, 1985). Totes les anàlisis són fetes per triplicat.

3.2.2. L'assaig de creixement

Per poder comparar els resultats obtinguts a la incubació amb el sistema sòl-planta, es prepara un assaig de conreu sota condicions controlades, que permet estudiar com evoluciona el nitrogen de la barreja sòl-compost i conèixer de quina manera la planta en fa ús: se sembra margall en tests de 2.5 l, disposant-los en un quadrat llatí de 5×5 i 4 tests per a repetició. Es prenen mensualment mostres de terra (una petita part del substrat de cada test) i mostres vegetals (la totalitat de la producció, mitjançant el dall). Les determinacions que es fan de les mostres de sòl són les mateixes que es fan a l'assaig d'incubació, mentre que del material vegetal s'estudia la producció i la riquesa en nitrogen del teixit.

4. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

Quan s'incorpora compost al sòl, els seus components orgànics pateixen una sèrie de transformacions per acció dels microorganismes, d'entre les quals destaquen la humificació, la imbolització i la mineralització. Les substàncies minerals alliberades poden quedar a disposició dels vegetals, marxar amb l'aigua de drenatge, ser immobilitzades pels microorganismes, volatilitzar-se o, juntament amb productes intermedis de la descomposició, patir reorganitzacions i participar en la humificació. L'humus format serà també mineralitzat, però més lentament que la matèria orgànica fresca, i anirà cedint progressivament els nutrients emmagatzemats.

A continuació es discutiran els resultats i els processos observats a l'assaig d'incubació i a l'assaig de creixement, comparant-los amb el que fins ara s'ha publicat.

4.1. La incubació

4.1.1. La respirometria

L'activitat microbiana de les barreges incubades es pot descompondre en tres fases (figura 1):

— Una primera adaptació de la microflora i la microfauna del sòl a la quantitat i al tipus de matèria orgànica aportada, fins arribar al punt de màxim despreniment de CO_2 , que té lloc al segon dia en el cas de totes les barreges.

— Un despreniment explosiu de CO_2 (que inclou també la primera fase), degut a la ràpida degradació dels productes fàcilment metabolitzables.

— Una estabilització, una disminució i un alentiment de l'activitat microbiana, passant a ser important la degradació de la matèria orgànica més polimeritzada.

Vists els resultats, és obvi que hi ha més activitat com més fresc és el compost i com més alta és la dosi aplicada. També, tal i com era d'esperar, l'activitat microbiana del control va ser la més baixa de totes, si bé no menyspreable.

4.1.2. El nitrogen orgànic soluble en aigua i el carboni oxidable soluble en aigua

Aquests resultats (figures 2 i 3) són interessants a causa de la necessitat de conèixer no tan sols la quantitat de matèria orgànica total sinó també la que és més fàcilment assimilable pels microorganismes, ja que té una influència directa

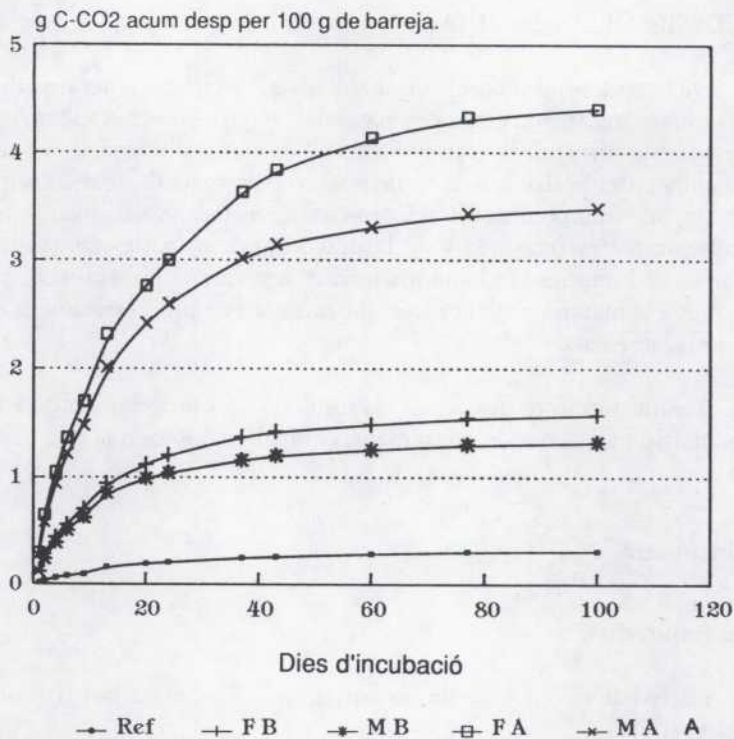


Figura 1a. Respirometria de la incubació C—CO₂ acumulat (total) després dels microorganismes de la barreja incubada.

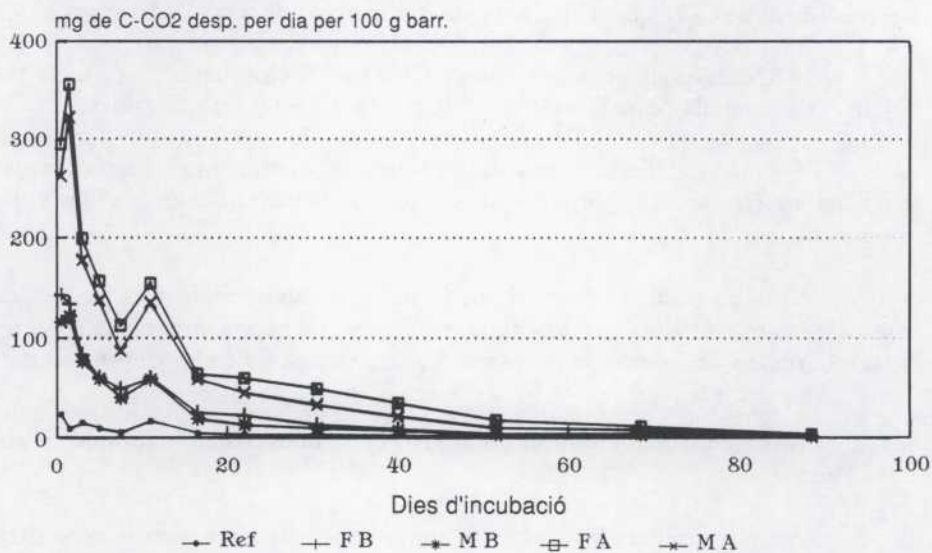


Figura 1b. Respirometria de la incubació C—CO₂ després diàriament dels microorganismes de la barreja.

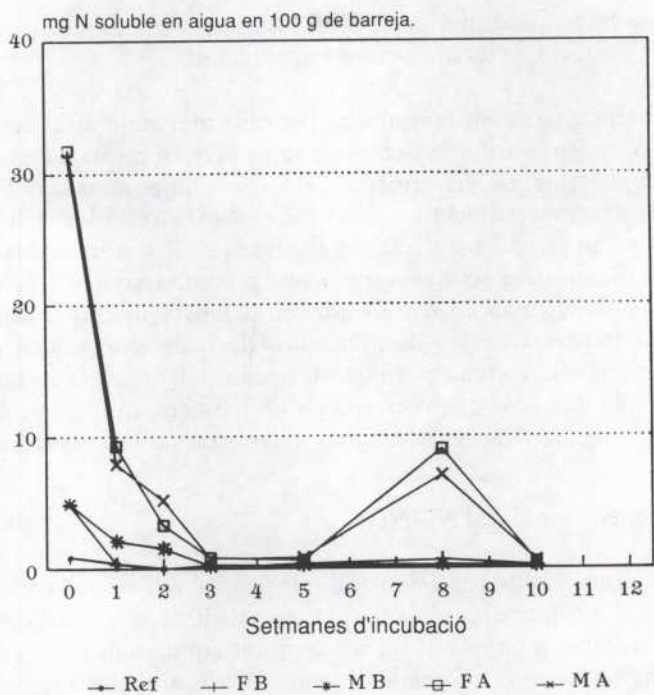


Figura 2. Nitrogen orgànic soluble en aigua de les barreges incubades.

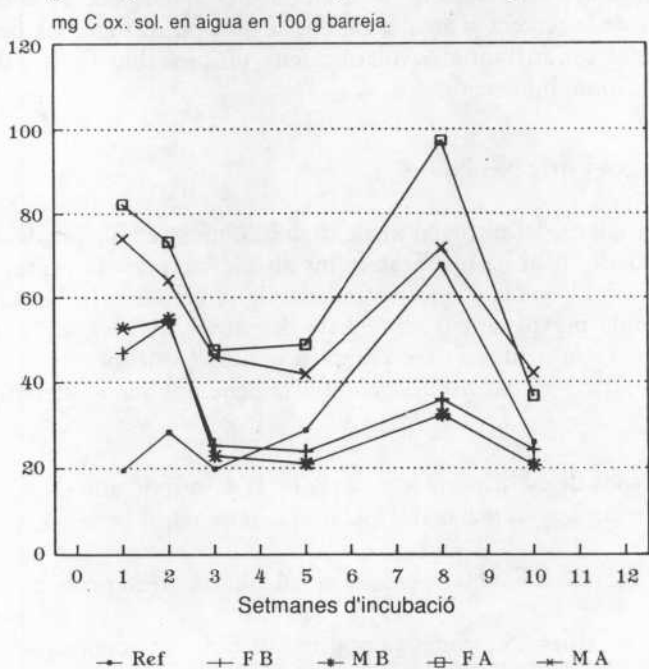


Figura 3. Carboni oxidable soluble en aigua de les barreges incubades.

en els processos de descomposició, mineralització i immobilització, i ajuda a comprendre l'evolució de les poblacions microbianes.

S'observa que, com més alta és la dosi i més fresc és el compost, més quantitat de nitrogen i carboni solubles en aigua hi ha al principi de la incubació. Es troba que en tots els tractaments hi ha una important davallada inicial d'aquestes formes, especialment en el cas de les dosis altes. Els nivells de les formes solubles es fan gairebé inapreciables al voltant de la tercera setmana, situació que es manté durant dues setmanes més. Aquest comportament resulta igual però oposat a l'activitat microbiana. El nitrogen desaparegut com a forma soluble pot haver passat per processos de mineralització o de reorganització. Entre la cinquena setmana i la vuitena es troba un màxim relatiu en la quantitat de les dues formes solubles, cosa que correspon a un moment en què la solubilització de N i de C és més gran que les necessitats microbianes d'aquests elements.

4.1.3. El nitrogen amoniacal $N-NH_4^+$

L'anàlisi del nitrogen amoniacal informa sobre l'amonificació i sobre la nitrificació, ja que l'amonificació és un pas intermedi. Si les condicions són favorables, el pas d'amoni a nitrat acostuma a ser molt ràpid, molt més que l'amonificació, pel qual motiu no és esperable de trobar nivells alts de nitrogen amoniacal a les mostres incubades. A la figura 4 s'observa que el nivell més alt de $N-NH_4^+$ trobat correspon a les barreges de dosi alta abans de començar la incubació, i que, al voltant de la tercera setmana, gairebé tot aquest nitrogen ha desaparegut. Aquest canvi pot ser atribuït a la volatilització (no probable a causa del PH), la nitrificació o la immobilització.

4.1.4. El nitrogen nítric $N-NO_3^-$

Els resultats del nitrogen nítric (figura 5) mostren que, malgrat les condicions favorables, no hi ha nitrificació fins algunes setmanes després de començada la incubació, i que la disminució inicial de N amoniacal i N orgànic soluble no és seguida per l'aparició immediata de nitrats. A més, aquesta aparició depèn de la dosi i la maduresa del compost aplicat (com més fresc i com més compost, més retard hi ha). Aquest comportament pot tenir diferents explicacions:

- Manca de N disponible a causa de la seva reorganització o immobilització per part de la gran massa microbiana en activitat.
- Manca de $N-NH_4^+$ per la seva volatilització (no probable).
- Desnitrificació (només es podria justificar sota condicions d'anaerobiosi).

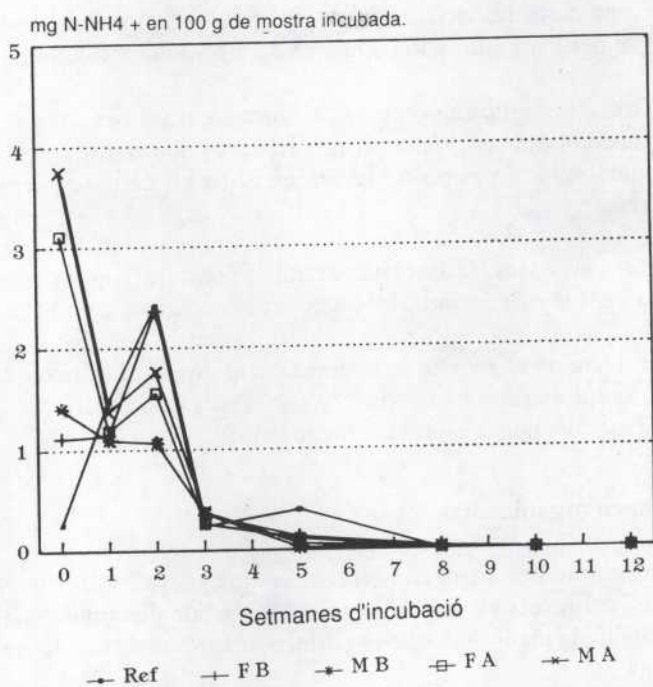


Figura 4. Nitrogen amoniacal intercanviable i soluble en aigua a les barreges incubades.

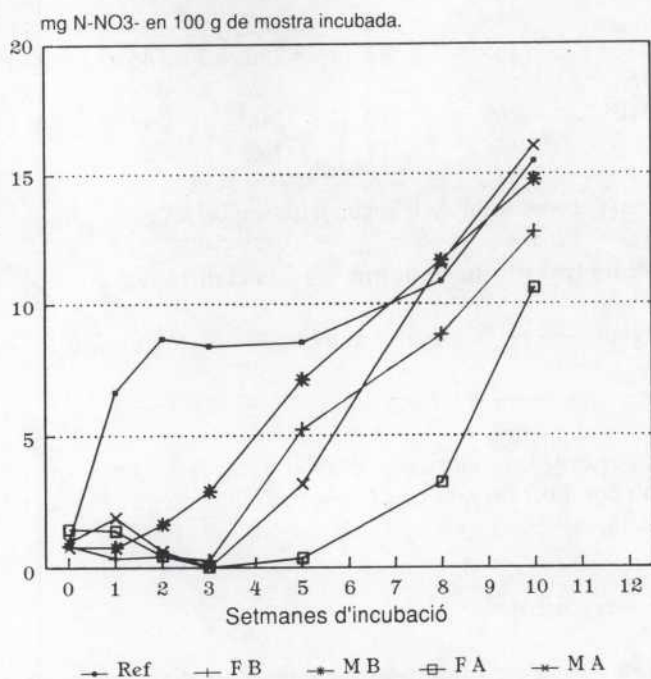


Figura 5. Nitrogen nítric a les barreges incubades.

— Condicions restrictives per la nitrificació (però no hi ha acumulació de $N-NH_4^+$) o per l'amonificació (la manca de disponibilitat de N n'és una).

— Toxicitat deguda a components inorgànics (es descarta, perquè duraria tota la incubació) o a components orgànics (tot i que aquesta pot desaparèixer al llarg de la incubació, no és probable perquè hi ha un petit augment inicial del nivell de nitrats).

En tots els casos, la velocitat de nitrificació un cop ha estat iniciat el procés és cada vegada més elevada, inversament al que passa amb la respiració.

En el terra de referència hi ha nitrificació des d'un principi, cosa que és lògica perquè el sòl és ric i les condicions de l'assaig són ideals per a l'activitat d'una vida microbiana que ja està estabilitzada al sòl.

4.1.5. El nitrogen orgànic total

La magnitud del nitrogen Kjeldahl és molt més elevada que la de les altres formes de N. En tots els tractaments s'observa una disminució del final respecte al principi de la incubació, que es correspon aproximadament amb el N mineralitzat (taula 3).

Mostra	Setmana					
	1	2	4	5	8	10
Fresc Alt (FA)	334	348	350	324	324	317
Fresc Baix (FB)	265	245	250	245	240	220
Madur Alt (MA)			366	334	333	330
Madur Baix (MB)	265	270	248	243	242	240
Terra (TE)	237	214	210	205	205	200

Taula 3. Nitrogen orgànic total de la incubació (mg N/100g)

4.1.6. Resum de les transformacions que segueix el nitrogen

N Orgànic \longrightarrow N Orgànic soluble \longrightarrow N amoniacal \longrightarrow N nítric
 \longleftarrow ————— Immobilització —————

En el control, l'equilibri està desplaçat cap a la dreta, mentre que als tractaments amb compost ho està cap a l'esquerra al principi i cap a la dreta al final de la incubació.

4.2. L'assaig de creixement

A l'hora d'elaborar i interpretar els resultats d'aquest assaig, s'han tingut en compte alguns factors addicionals respecte als considerats a la incubació:

— L'heterogeneïtat de les mostres de sòl es pot contrarrestar amb el tractament estadístic dels resultats. Les mostres vegetals, en canvi, són molt homogènies, car s'hi recull la totalitat de la producció, de manera que els resultats són contrastables fàcilment tant en l'espai com en el temps.

— Amb l'aigua de drenatge s'eliminen els compostos i elements més solubles, bé que no tots es perden en la mateixa quantitat i amb la mateixa velocitat (SCHREIBER, 1985).

— El sòl dels tests es veu sotmès a variacions de temperatura i humitat (diàries i estacionals) que poden afectar les reaccions químiques, la vida microbiana i l'activitat del conreu.

— Hi ha una extracció activa de nutrients per part de la planta i una interacció de les seves arrels amb els microorganismes del sòl.

4.2.1. Anàlisi del sòl

4.2.1.1. pH i conductivitat

La conductivitat és proporcional a la dosi de compost, i tant conductivitat com pH (taules 4 i 5) baixen a mesura que avança l'assaig.

Mostra	Presa de mostres				
	0	1	3	4	5
FA	1174	1179	1691	1151	764
FB	329	854	850	680	487
MA	879	1280	1283	1015	887
MB	250	880	839	736	522
TE	158	712	720	577	408

Taula 4. Conductivitat de l'extracte aquós 1:5 de la terra dels tests (dS/m)

Mostra	Presa de mostres				
	0	1	3	4	5
FA	8,23	8,19	7,51	7,33	7,10
FB	7,97	8,15	7,65	7,45	7,21
MA	8,05	8,25	7,53	7,29	7,06
MB	8,09	8,28	7,67	7,45	7,23
TE	7,97	8,04	7,57	7,33	7,06

Taula 5. p pH de l'extracte aquós 1:5 de la terra dels tests.

4.2.1.2. El nitrogen orgànic total

De la taula de nitrogen orgànic total (taula 6) es pot deduir que entots els casos els nivells són força acceptables. Així, en el cas del tractament de referència, s'observa que la producció de margall no tan sols depèn del nitrogen mineral aportat amb la sembra, sinó que també depèn de la progressiva mineralització del nitrogen orgànic propi del sòl.

Mostra	Presa de mostres			
	1	3	4	5
FA	311,6	276,5	261,9	226,9
FB	146,5	143,5	148,2	160,5
MA	207,1	219,0	247,5	216,2
MB	120,0	135,0	144,8	121,7
TE	110,9	129,0	111,6	138,2

Taula 6. Nitrogen orgànic total de la terra dels tests (mg N org total/100 g mostra)

4.2.1.3. Les formes solubles de nitrogen orgànic i mineral: N orgànic soluble, amoniacal i nítric

Excepte a les primeres preses de mostres, la concentració de les formes solubles de N és molt baixa (més com més baixa és la dosi de compost aplicada), i disminueix a mesura que avança el cicle del conreu (figures 6, 7), cosa que és clarament explicable pels processos de rentatge i d'absorció radicular que experimenten. La «desaparició» d'aquestes formes de N a causa d'aquests dos nous factors fa que en aquest cas l'equilibri de les formes nitrogenades es desplaci cap a la descomposició i posterior mineralització més ràpidament que cap a la incubació.

Pel que fa al nitrogen nítric (taula 7), els nivells són sempre molt baixos, excepte al principi en el tractament adobat químicament. Les barreges que al final de l'assaig tenen més nitrats en el moment de les anàlisis són les que tenen una dosi més alta de compost, cosa que concorda amb els resultats obtinguts en estudiar la producció.

Mostra	Presa de mostres				
	0	1	3	4	5
FA	1,1	1,5	1,6	1,6	2,4
FB	0,8	1,0	0,7	0,7	0,4
MA	1,6	0,8	1,5	1,4	1,2
MB	0,7	1,8	0,7	0,8	0,4
TE		3,1	0,1	0,1	0,0

Taula 7. Nitrogen nítric de la terra dels tests (mg N—NH₄⁺/100g g mostra)

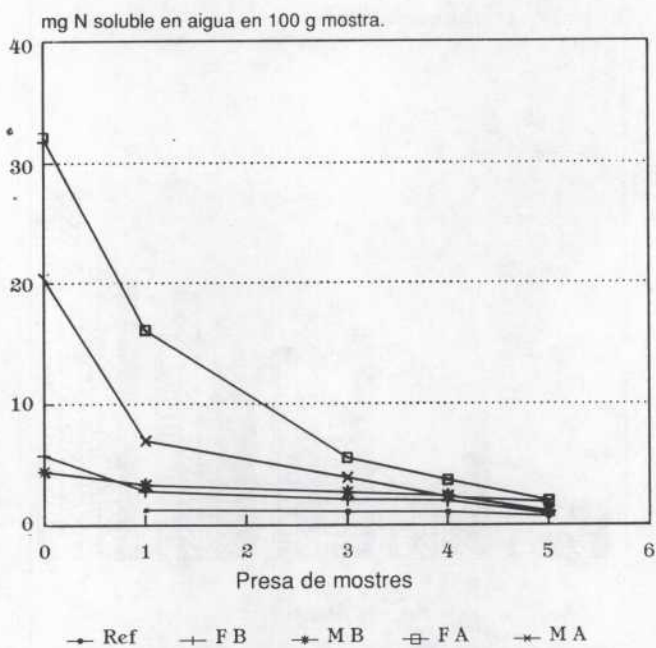


Figura 6. Nitrogen orgànic soluble en aigua i amoniacal soluble en aigua de les mostres de terra dels tests.

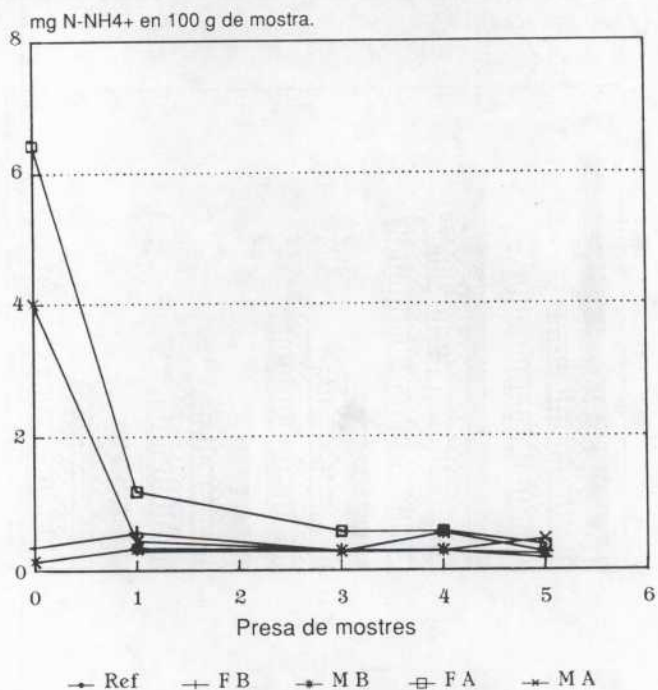


Figura 7. Nitrogen amoniacal a les mostres de terra dels tests.

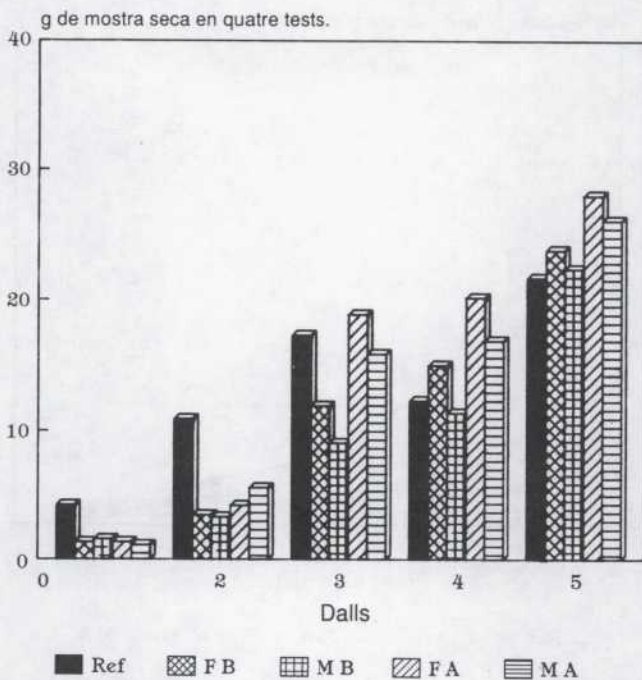


Figura 8. Producció total de margall. Pes sec de teixit corresponent a quatre tests en cada dall (g mostra seca).

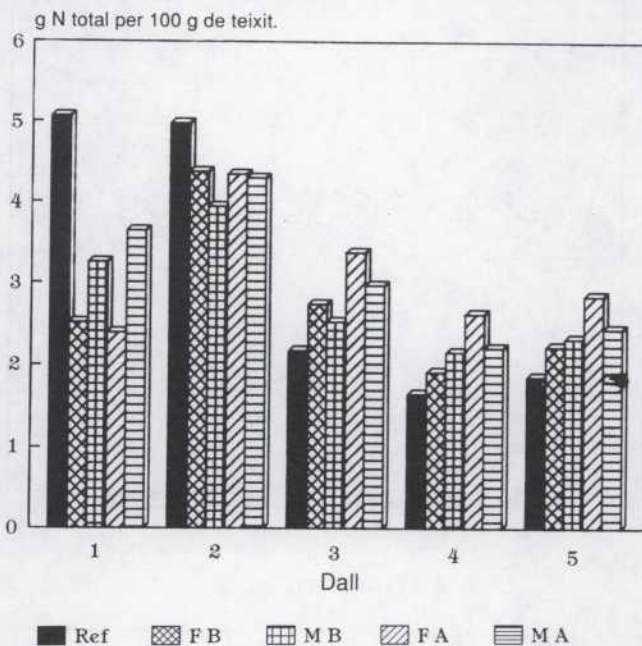


Figura 9. Riquesa en nitrogen del teixit de margall en cadascun dels dalls.

4.2.2. Anàlisi del teixit vegetal

4.2.2.1. La producció

Els resultats de la producció, expressats sobre matèria seca, per als cinc dalls i per als cinc tractaments, es poden veure a la figura 8.

En els dos primers dalls hi ha molta més producció al tractament mineral que als altres quatre. Així com en el primer dall els quatre tractaments amb compost no són significativament diferents entre ells, al segon dall destaquen els tests abonats amb dosi alta de compost madur. Els resultats dels dos primers dalls són explicats per un contingut més alt en N mineral al control i per una mineralització i alliberació lenta als tractaments amb compost. No s'ha de desestimar la immobilització per part dels microorganismes, que es veu més important i duradora al compost fresc que no pas al madur.

A partir del tercer dall, la producció dels tests amb adob mineral deixa de ser la més elevada, i les diferències entre els tractaments amb compost comencen a ser significatives, produint més les dosis altes, i, dins cada dosi, les de compost fresc; la fase inicial d'immobilització i competència pel N entre microorganismes i plantes ha estat superada, i esdevé molt important l'efecte residual de les incorporacions de matèria orgànica, efecte que pot ser important fins i tot anys després de la seva aplicació (HOFMAN, 1988). El manteniment d'una producció important de margall en el tractament mineral al llarg del temps es pot justificar tant per l'elevat contingut en N org del sòl utilitzat, com perquè, segons Dommergues (DOMMERGUES, 1970), l'aplicació del N mineral estimula fortament la mineralització neta del N org propi del sòl (efecte primming).

4.2.2.2. Riquesa en nitrogen

És interessant de comparar no tan sols la producció sinó també la riquesa en nitrogen Kjeldahl del teixit (qualitat) (figura 9) perquè la disponibilitat de N del substrat afecta la producció però sobretot la riquesa en N del teixit.

En els dos primers dalls, la riquesa en nitrogen del tractament mineral és la més alta, però a partir del tercer dall va per sota dels altres tractaments: cada cop té comparativament menys N assimilable perquè de bon principi ja és mineral i soluble i la planta el pren més ràpidament, però també marxa molt més fàcilment per drenatge. Al voltant del tercer dall, el N disponible per a les plantes és el que prové del N orgànic del terra, que es va mineralitzant lentament.

En el cas dels dos primers dalls s'observa que els tractaments amb compost fresc són els que tenen un teixit més pobre en N, i això s'explica perquè quan s'aporta compost fresc i abundant a un sòl, s'està afegint en quantitat un compost energètic, cosa que fa que els microorganismes augmentin llur activitat i

entrin en competència amb les plantes pel que fa als nutrients. Mentre que el N és limitant, les seves normes disponibles són immobilitzades pels microorganismes, car el poder competitiu dels microorganismes és netament superior al de les plantes (DOMMERGUES, 1970).

S'ha desestimat el problema de la toxicitat per a explicar aquesta observació perquè a l'apartat de producció no s'han trobat diferències significatives entre fresc i madur, cosa que indica que no hi ha hagut problemes de toxicitat en germinació.

La idea d'immobilització de nitrogen que s'ha raonat, és compatible amb el ràpid descens inicial de les formes solubles de nitrogen observat en el sòl.

A partir del tercer dall, els efectes de la immobilització deixen d'observar-se. En els tractaments amb compost, el teixit adobat amb dosi alta de compost és clarament més ric en N que els altres. La justificació d'aquest comportament encaixa amb la que s'ha donat per a la producció, a partir del tercer dall. Un altre factor que pot tenir una certa influència en aquests resultats és que la humitat del substrat afavoreix la nutrició nitrogenada, i resulta que el tractament amb teixits més rics en N, és també el que reté més humitat (dosi alta de compost fresc).

4.3. Relació entre l'assaig de conreu i l'assaig d'incubació

Tal i com s'ha anat comentant anteriorment, hi ha un paral·lelisme entre el comportament del sòl a la incubació i a l'assaig de conreu: tots dos presenten un retard important en la mineralització del nitrogen, retard que s'atribueix a la immobilització microbiana i que és més important com més compost hi ha i com més fresc és aquest. A l'assaig de conreu es veu clarament que aquesta fase inicial és superada i que la disponibilitat de nutrients passa a ser major als tractaments amb compost més fresc i dosi més elevada. A la incubació, en canvi, aquest comportament tan sols s'intueix: el nitrogen mineralitzat a la desena setmana pel compost fresc de dosi alta és el de valor més baix comparat amb els altres tractaments i el control. Tot sembla indicar que, si hom allarga la incubació, els resultats continuarien essent equivalents als de l'assaig de creixement, i que potser es podria trobar un moment de la incubació en què el nitrogen mineralitzat per cada compost fos proporcional, per exemple, al nitrogen extret pel margall al cinquè dall. En cas de trobar-se aquest moment, es podrien fer servir les incubacions com a proves de laboratori per a predir el nitrogen potencialment assimilable d'un compost. Resulta difícil, però de comparar els resultats de la incubació amb els de l'assaig de conreu, per les diferències en les condicions en què es desenvolupa cada assaig.

Als treballs bibliogràfics consultats hi ha un estreta relació entre els valors del consum d'oxigen pels compostos i el rendiment en matèria seca (NICOLARDOT *et al.*, 1886). En el present estudi també es pot establir aquesta correla-

ció entre les diferents aplicacions de compost: la barreja que més respira (FA) és on més matèria seca s'obté, i la que menys respira (MB) és on menys matèria seca s'obté. No es troba, en canvi, una relació lineal entre les quantitats de N mineralitzades i els rendiments en matèria seca (CHAUSSOD *et al.*) a causa de la ja comentada «curta durada» de la incubació.

5. CONCLUSIONS

— Els resultats de la respirometria confirmen una més alta activitat de microorganismes com més fresc és el compost i més alta és la seva dosi.

— La mineralització del nitrogen als tractaments adobats amb compost presenta, a la incubació, un retard considerable respecte al tractament del sòl de referència, més com més alta és l'activitat dels microorganismes. Aquest retard en la mineralització s'atribueix a la immobilització microbiana del nitrogen.

— A les proves de creixement també es presenta immobilització del N disponible en els tractaments amb compost (retard en el creixement vegetal), però només en els dos primers dalls. Superat el problema inicial de la reorganització, es troba més producció i més riquesa en nitrogen dels teixits dels conreus tractats amb compost més fresc i de dosi més alta.

— És difícil de comparar els resultats obtinguts a la incubació amb els de l'assaig del conreu, per les diferències en les condicions en que es desenvolupa cada assaig.

— El comportament del compost de residus urbans emprat en aquest estudi és molt diferent al comportament descrit pels fangs als treballs consultats, essent les principals diferències la inicial immobilització de N i la seva posterior i lenta mineralització.

BIBLIOGRAFIA

- BONDE, T.A.; ROSSWALL, T. *Seasonal Variation of Potentially Mineralizable Nitrogen in Four Cropping Systems*. «Soil Sci. Soc. Am. J.» 51 (6), 1987.
- CHAUSSOD, R.; GERMON, J. C.; CATROUX, G.; *Détermination de la valeur fertilisante des boues résiduaires. Aptitude à libérer l'azote*. I.N.R.A. Laboratoire de Microbiologie des Sols. Dijon.
- DOMMARGUES, Y.; MANGENOT, F.; *Ecologie microbienne du sol*. Masson et C^o, Editeurs. Paris 1970.
- FELIPÓ, M. T.; GARAU, M.A. *Comparison of biological methods to determine available nitrogen in sewage sludge amended soil*. 5: 26—30, 1987.

- GIANELLO, C.; BREMNER, J.M. *A simple method of assessing potentially available organic nitrogen in soil.* «Commun. in soil sci. plant anal.», 17 (2): 195—214, 1986 a.
- GIROUX, M.; SEN TRAN, T. *Comparaison de différentes méthodes d'analyse de l'azote du sol en relation avec sa disponibilité pour les plantes.* «Can. J. Soil Sci.» 67: 521—531, 1987.
- GRIFFIN, G. F.; LAINE, A. F. *Nitrogen in soils previously amended with organic wastes.* «Agronomy Journal», 75: 124—129, 1983.
- HOFFMAN, G. *Nitrogen supply from mineralization of organic matter.* «Biological Wastes», 26: 315—324, 1988.
- MARY, B.; REMY, J. C. *Essai d'appréciation de la capacité de minéralisation de l'azote des sols de grande culture.*
I. Signification des cinétiques de minéralisation de la matière organique humifiée. «Ann. Agron», 30 (6): 513—527, 1979.
- NICOLARDOT, B.; CHAUSSOD, R.; MOREL, J.; GUCKERT, A.; BENIS-TANT, G.; CARTROUX, G.; GERMON, J. *Appréciation simple de la maturité des composts urbains en relation avec leurs effets sur la production végétale.* «Agronomie» 6 (9): 819—827, 1986.