

COMPOSTATGE DE RESIDUS SÒLIDS URBANS (RSU): ASPECTES RELACIONATS AMB EL NITROGEN

Montserrat Soliva* i Natàlia Molina*

RESUM

Durant el procés de compostatge és necessari controlar, tant el comportament del nitrogen, com l'estabilització de la matèria orgànica. En la fase inicial de descomposició el nitrogen orgànic es transforma en amoniacal, però durant la fase posterior de maduració s'ha de tenir cura de les condicions de treball per aconseguir que s'inclogui dins l'estructura de les molècules orgàniques estables i així evitar pèrdues. D'altra banda, l'estabilitat del compost i el seu contingut en les diferents formes de nitrogen són importants per establir les dosis a aplicar. La insuficient estabilitat del compost de RSU i el seu baix contingut en nitrogen provoquen problemes d'immobilització d'aquest nutrient.

PARAULES CLAU: compost, compostatge, descomposició, maduració, RSU, nitrogen, estabilitat, immobilització.

RESUMEN

Durante el proceso de compostaje es necesario controlar tanto el comporta-

* Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Urgell, 187. 08036 Barcelona.

miento del nitrógeno, como la estabilidad de la materia orgánica. En la fase inicial de descomposición, el nitrógeno orgánico se transforma en nitrógeno amoniacal, pero durante la fase posterior de maduración se deben controlar las condiciones de trabajo para conseguir que sea incluido dentro de la estructura de las moléculas orgánicas estables y así evitar pérdidas. Por otra parte, la estabilidad del compost y su contenido en las diferentes formas de nitrógeno son importantes para establecer las dosis a aplicar. La insuficiente estabilidad del compost de RSU y su bajo contenido en nitrógeno provocan problemas de inmovilización.

PALABRAS CLAVE: compost, compostaje, descomposición, maduración, RSU, nitrógeno, estabilidad, inmovilización.

SUMMARY

During the composting process it is necessary to control both the behaviour of the different forms of nitrogen and the stabilization of the organic matter. In the initial stage (decomposition) the organic nitrogen is transformed into ammonium but afterwards (during the maturation) its inclusion in the organic

matter stable must be encouraged in order to avoid loss. On the other hand, the compost stability and its content of different nitrogen forms are important for establishing the dose to be applied. Sometimes insufficient maturity of the compost and its low nitrogen level cause immobilization problems.

KEY WORDS: compost, composting, decomposition, stabilisation, MSW, nitrogen, maturity, immobilisation.

1. INTRODUCCIÓ

En estudiar la problemàtica del nitrogen al voltant del compost de RSU, o millor dit, de qualsevol tipus de compost, cal tenir en compte dos aspectes diferents però complementaris: el que succeeix amb el nitrogen al llarg del procés de compostatge i el que succeeix durant l'aplicació del compost.

En compostar es pretén transformar un residu orgànic en compost mantenint al màxim el contingut en nutrients i evitant problemes i molèsties ambientals. El compost es difícil de definir perquè la seva composició dependrà molt del material que s'hagi tractat, però sí que s'espera que contingui una matèria orgànica estable, que estigui lliure d'impureses i contaminants i que no presenti problemes ni per emmagatzemar, ni per aplicar.

En tot procés de compostatge podríem diferenciar almenys dues etapes: descomposició i maduració. En la primera (etapa de simplificació, de despreniment d'energia) les proteïnes passen a pèptids, aminoàcids i amoníac progressivament;

aquest amoníac estarà en equilibri amb l'ió NH_4^+ i amb l'hidròxid amònic, dependent de les condicions d'humitat, temperatura i pH. Aquestes formes amoniacals poden al llarg del procés volatilitzar-se, passar a nitrats o bé integrar-se dins les molècules més estables. És en l'etapa de maduració en què, si la composició en biopolímers i les condicions del procés s'han vigilat mínimament, el nitrogen amoniacal format en la fase de descomposició, ha de passar a formar part de molècules de pes molecular elevat.

2. DINÀMICA DEL NITROGEN AL LLARG DEL PROCÉS DE COMPOSTATGE

Se sap sobradament que el compostatge correspon a una transformació aerobiatermòfila en condicions controlades de la matèria orgànica. Tot i el seu coneixement, la majoria de vegades s'aplica incorrectament per dues raons:

— En ser el seu fonament senzill no s'hi posa la suficient cura.

— En aplicar-se a residus es creu, equivocadament, que no cal tenir compte en la conservació dels nutrients.

Es pot compostar qualsevol material que tingui matèria orgànica (i sense contaminants), però no sempre es podrà fer de la mateixa manera o en les mateixes condicions, i per això els productes resultants poden ser molt diferents. Entre totes les condicions que s'han de complir tindrem en compte primer la relació C/N perquè està molt lligada a la conservació del nitrogen. Segons Gotaas (1956) la relació C/N in-

TAULA I. *Influència de la relació C/N inicial en el percentatge de conservació del nitrogen*

| C/N inicial | % N conservat |
|-------------|---------------|
| 20 | 61,2 |
| 22 | 85,2 |
| 30 | 99,5 |
| 35 | 99,5 |

flueix en la conservació del N tal com s'indica en la taula I.

En la bibliografia es diu sovint que la relació C/N més adequada per iniciar un procés de compostatge és 25-35 (Gotaas 1956, Golueke 1994) i que, si el valor és superior, s'alenteix el procés, i si és més baix es produeixen pèrdues de N. Aquesta relació es pot aconsellar en general, però es poden permetre variacions d'aquests marges segons el tipus de material que es tracti (més o menys degradable) i segons les condicions que es puguin aplicar en realitzar el tractament.

Al llarg de la fase de descomposició s'han de vigilar les condicions per evitar pèrdues d'amoniac, que vénen afavorides pels volteigs i les elevades temperatures a què es pot arribar.

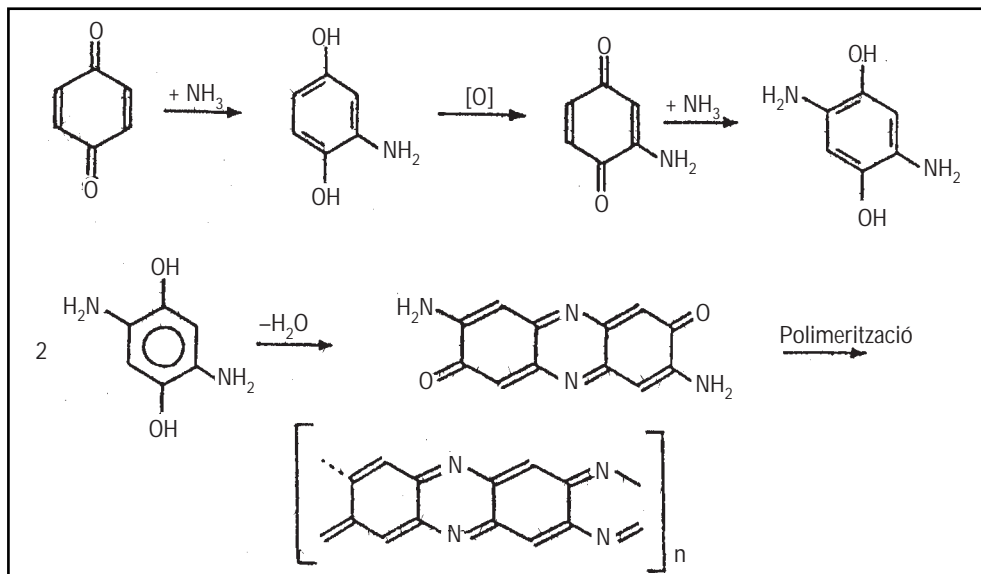
S'ha de procurar, per evitar-ho, tractar materials amb relació C/N baixa, o molt rics en proteïnes (Soliva *et al.*, 1993). D'altra banda, s'ha de procurar que els materials o barreges a tractar presentin una capacitat d'autoaireig important. Cal que quan s'arribi a l'etapa de maduració la descomposició hagi acabat i hagi estat prou activa. En l'etapa de maduració una part del nitrogen pot passar a nitrat que serà beneficiós per l'aplicació posterior i ens indicarà que

les condicions continuen essent aeròbies, però també és important que un bon percentatge d'aquest nitrogen amoniacal s'integri dins les molècules de lignines i cel·lulosa parcialment modificades en la fase de descomposició (figura 1). Així s'aconseguirà al llarg del procés de compostatge un increment relatiu de contingut en nitrogen orgànic i sobretot en forma força estable. Tenir en compte això és important, tant des del punt de vista econòmic, com des del punt de vista ambiental, ja que si no es conserva el N en el procés de compostatge l'estem perdent i provocant contaminació.

Segons tot el que s'ha dit, al llarg del compostatge hauria d'anar baixant la concentració de nitrogen amoniacal i de nitrogen orgànic soluble. Hi ha diferents autors que per controlar la qualitat del compost determinen el contingut en nitrogen amoniacal al final del procés. Trombetta *et al.*, (1988) diuen que al final el compost ha de tenir un contingut en nitrogen amoniacal inferior al 0,06 % sms i que el nitrogen nítric ha de ser superior al 0,04 % sms. Riffaldi *et al.*, (1986), també valoren la disminució del N amoniacal i l'increment de les formes nítriques.

En la taula II es donen continguts de N amoniacal soluble en diferents mos-

FIGURA 1. Fixació d'amoniac per quinones (aproximació a la inclusió de N en les substàncies húmiques). Thorn et al., 1992.



tres de compost de RSU; es veu que els valors en algunes són encara molt alts, la qual cosa indica que no s'ha compostat bé. Per dues de les mostres (plantes 4 i 5) que presenten aquests valors més alts s'ha determinat la variació al llarg del procés (figures 2 i 3) i es veu que els continguts s'incrementen en lloc de bai-

jar. En les plantes on s'obtenen aquests materials es va controlar la concentració de NH_3 en l'atmosfera, i es va comprovar que presentaven valors molt alts, cosa que indicava pèrdues (figura 4).

Aquest problema, molt típic del compostatge de RSU, es pot corregir equi-

TAULA II. Continguts en nitrogen amoniacal de mostres de compost de RSU (Soliva i Molina, 1996)

| | Tipus de recollida i de tractament aplicat | ppm N-NH ₄ |
|---|--|--------------------------|
| 1 | Recollida selectiva i tractament en túnel | 723 |
| 2 | Recollida convencional i tractament en piles | 960 |
| 3 | Recollida selectiva i tractament en piles | 121 |
| 4 | Recollida convencional. Tractament en digestor i piles | 2.862 |
| 5 | Recollida convencional. Tractament en digestor i piles | 3.250 |
| 6 | Recollida selectiva i tractament en piles | 94 |
| 7 | Recollida convencional i tractament en piles | 1.532 |

FIGURA 2. Variació dels continguts en nitrogen amoniacal, total i soluble, al llarg del compostatge a la planta 4.

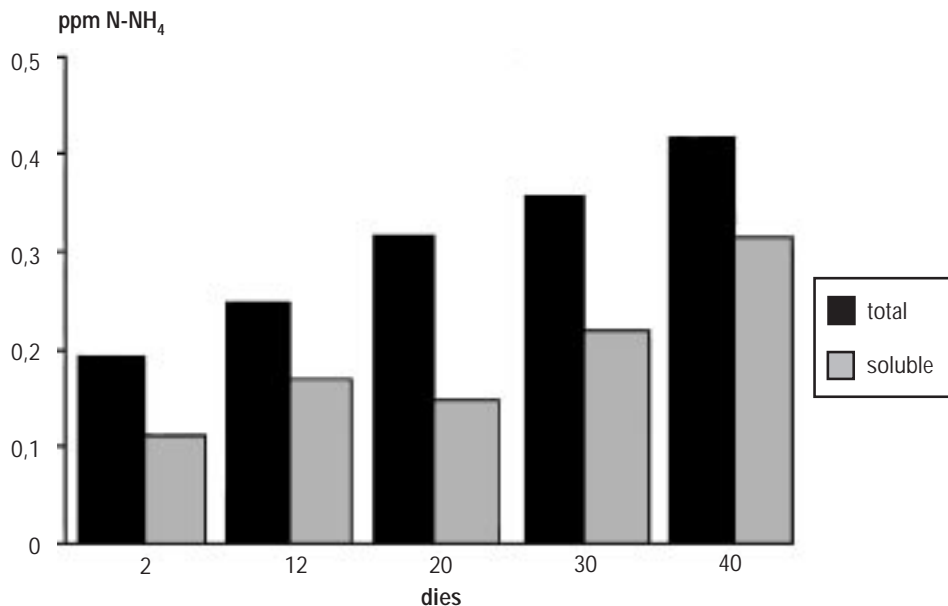


FIGURA 3. Variació dels continguts en nitrogen amoniacal, total i soluble, al llarg del compostatge a la planta 5.

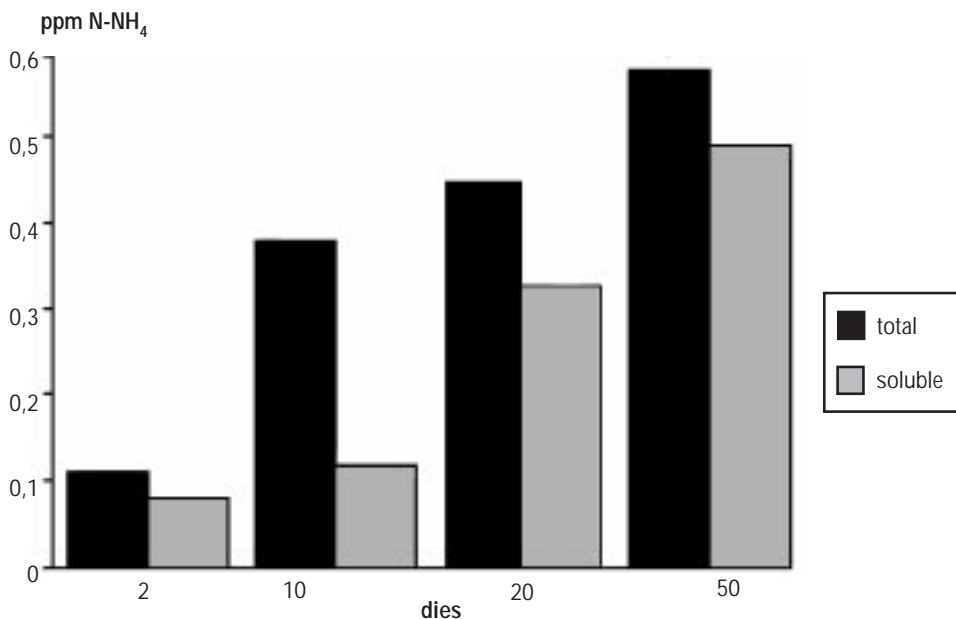
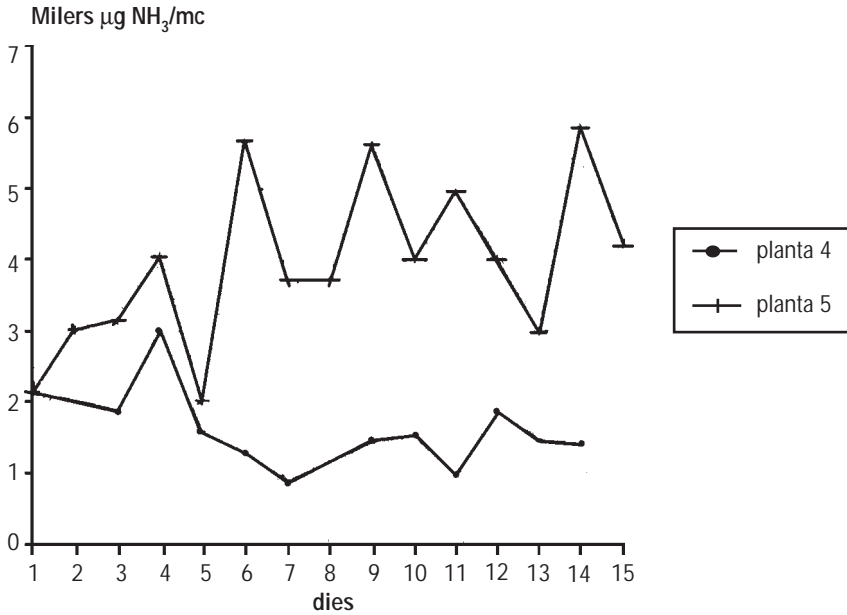


FIGURA 4. Concentració en NH_3 $\mu g/m^3$ en l'atmosfera de les plantes 4 i 5.



librant la relació C/N i millorant les condicions d'aireig; en proves realitzades (Pérez *et al.*, 1995) barrejant un 25 % de restes de poda amb els RSU, s'aconsegueixen importants millores (taula III). El mateix s'ha comprovat en el compostatge conjunt de fangs de depuradora i restes de poda (Vilarasau, 1992).

Es pot concloure aquest apartat dient, que tot i que el procés de com-

postatge té un funcionament senzill i amplament conegut, cal controlar molt el tipus/barreges de materials a tractar i les condicions en què es faci per aconseguir un *bon equilibri entre les fases de descomposició/maduració*. Així es pot conservar al màxim el nitrogen que porten els materials inicials i evitar que els productes finals portin elevades quantitats de nitrogen en forma amoniacal.

TAULA III. Contingut en nitrogen amoniacal ($N-NH_4$) de mostres agafades al llarg del compostatge de RSU i d'una barreja dels mateixos residus amb un 25 % (V/V) de restes de poda (dades pròpies).

| Dies | 4 | 11 | 18 | 36 | 70 | 115 | 140 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RSU | 0,209 | 0,292 | 0,393 | 0,459 | 0,301 | 0,485 | 0,268 |
| RSU + RP | 0,157 | 0,196 | 0,251 | 0,173 | 0,125 | 0,158 | 0,175 |

TAULA IV. Variació dels continguts en Nitrogen amoniacal i nítric al llarg del compostatge de restes de poda i fangs de depuradora (Vilarasau, 1992).

| Dies | 1 | 8 | 19 | 33 | 53 | 60 | 73 | 80 | 100 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| ppm N-NH ₄ | 2.198 | 2.470 | 1.627 | 1.766 | 1.517 | 1.177 | 926 | 441 | 17 |
| ppm N-NO ₃ | 40 | 26 | 32 | 132 | 255 | 220 | 256 | 816 | 951 |

3. DINÀMICA DEL NITROGEN EN L'APLICACIÓ DE COMPOST DE RSU

Aquesta va molt lligada a l'estabilitat de la matèria orgànica del compost. Si no es composta de manera adequada la fracció orgànica no s'estabilitza, a més de no aconseguir incloure el nitrogen en les molècules estables i disminuir així les formes amoniacals del nitrogen.

A continuació, amb experiències diferents, es comenta la mineralització del N en mostres de compost de RSU obtingudes a Catalunya.

3.1. Experiència 1. Incubacions.

Amb un dels composts de RSU obtinguts en una planta de compostatge de Catalunya es van realitzar unes proves d'incubació per veure tant la velocitat de descomposició de la MO com la velocitat d'alliberació del nitrogen. Es

va treballar amb un sòl argilós-sorrenc (taula v) i amb un compost de les característiques indicades a la taula vi; corresponia al compost obtingut a una de les plantes que millor funcionava (Soliva *et al.*, 1992) i es va agafar compost mig madur (fresc) i compost comercial-madur (Navarro *et al.*, 1989). Es va treballar amb les proporcions (B) 2,7 i (A) 9,0 g de compost per 100 g de barreja. En la figura 5 hi ha els resultats de la respirometria (mineralització del carboni) i en les taules VII i VIII els resultats obtinguts en l'estudi de la mineralització del nitrogen.

En la figura 5 es veu l'important increment de l'activitat biològica (respiració) en incrementar-se la dosi de compost i també quan és fresc. Al contrari, la mineralització de nitrogen és més elevada, els primers dies, en el testimoni; indica que l'elevada activitat biològica i el no gaire alt contingut en N del compost provoca una marcada immobilització; es manifesta amb més inten-

TAULA V. Característiques del sòl utilitzat en les proves d'incubació.

| pH actual | pH potencial | CE dS/n | % C | % N | % Ca CO ₃ eq. |
|-----------|--------------|---------|------|------|--------------------------|
| 7,90 | 7,35 | 0,32 | 1,60 | 0,23 | 10,5 |

TAULA VI. *Característiques dels dos composts utilitzats en les proves d'incubació.*

| | Compost fresc | Compost comercial |
|--------------------|---------------|-------------------|
| % MO | 62,5 | 55,9 |
| % GE* | 30,8 | 32,6 |
| % N _{org} | 1,56 | 1,50 |
| C/N | 20 | 18 |

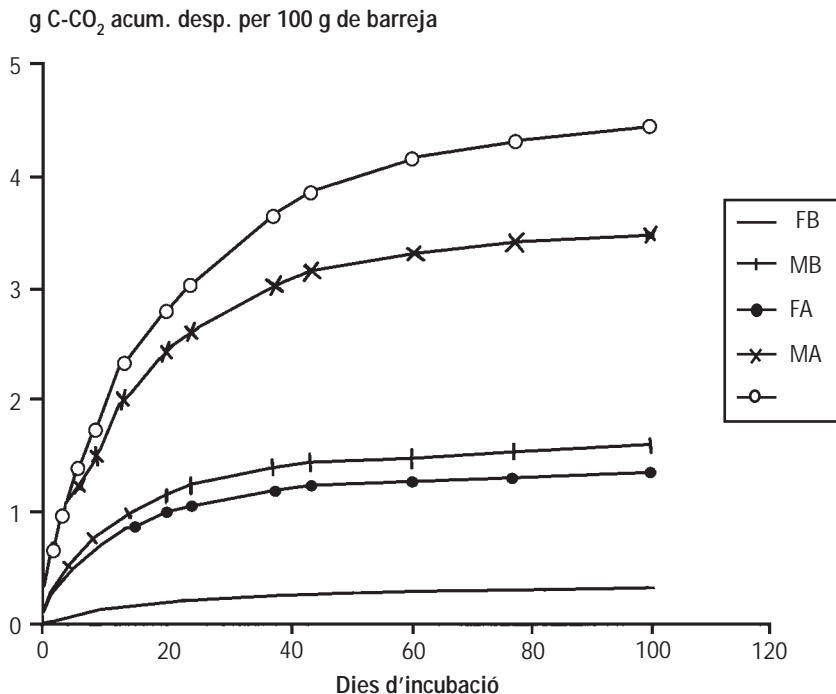
*GE: Grau d'estabilitat (abans l'anomenàvem GD); es refereix al tant per cent de matèria orgànica resistent que conté la mostra seca.

sitat quan més fresc és el compost i més elevada és la dosi aplicada. Porcel el 1990 va repetir l'estudi reduint les proporcions de compost i va observar que se seguia manifestant la immobilització, encara que menys marcada.

3.2. Experiència 2. Aplicació comparativa de fems, fangs i compost de RSU en un conreu de blat de moro.

En el marc d'un projecte CICYT (AMB 092) s'han realitzat unes proves

FIGURA 5. *Quantitat de C-CO₂ després (acumulat) en les incubacions de compost (físic i madur) barrejat a diferents dosis (A i B) amb un sòl argilós-sorrènc.*



TAULA VII. Mineralització del nitrogen: mg de $N-NH_4^+$ /100g de barreja.

| S | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 10 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|
| FA | 3,11 | 1,18 | 1,55 | 0,26 | 0,11 | 0,01 | 0,00 |
| FB | 1,11 | 1,14 | 2,36 | 0,35 | 0,13 | 0,02 | 0,02 |
| MA | 3,75 | 1,37 | 1,76 | 0,38 | 0,06 | 0,00 | 0,01 |
| MB | 1,40 | 1,09 | 1,06 | 0,36 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| T | 0,26 | 1,47 | 2,41 | 0,24 | 0,40 | 0,00 | 0,00 |

S: setmanes; FA: compost fresc dosi alta; FB: compost fresc dosi baixa; MA: compost madur dosi alta; MB: compost madur dosi baixa; T: testimoni.

TAULA VIII. Mineralització del nitrogen: mg de $N-NO_3^-$ /100g de barreja.

| S | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 10 |
|----|------|------|------|------|------|-------|-------|
| FA | 1,46 | 1,39 | 0,44 | 0,00 | 0,36 | 3,23 | 10,80 |
| FB | 0,83 | 0,35 | 0,43 | 0,25 | 5,22 | 8,81 | 12,75 |
| MA | 0,98 | 1,89 | 0,61 | 0,00 | 3,16 | 11,53 | 16,08 |
| MB | 0,78 | 0,76 | 1,64 | 2,89 | 7,08 | 11,67 | 14,77 |
| T | 0,99 | 6,62 | 8,87 | 8,58 | 8,53 | 10,87 | 15,50 |

S: setmanes; FA: compost fresc dosi alta; FB: id. dosi baixa; MA: compost madur dosi alta; MB: id. dosi baixa; T: testimoni.

TAULA IX. Resultats dels paràmetres controlats en plantes de blat de moro de 30 dies i del sòl corresponent (dades pròpies).

| Tractaments | ppm $N-NO_3^-$ en el sòl | Alçada planta (m). | % N ⁻ orgànic planta | ppm- $N-NO_3^-$ planta |
|-------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Mineral | 16,5 | 0,40 | 4,59 | 7.706 |
| Fang DA | 32,4 | 0,52 | 4,44 | 7.581 |
| Fang DB | 45,5 | 0,47 | 4,38 | 7.475 |
| Fem DA | 20,6 | 0,48 | 4,32 | 6.733 |
| Fem DB | 20,0 | 0,47 | 4,34 | 7.270 |
| Compost DA | 2,5 | 0,32 | 3,77 | 1.496 |
| Compost DB | 7,6 | 0,39 | 4,45 | 4.896 |

DA: dosi alta; DB: dosi baixa.

d'aplicació de residus orgànics alternatius als fems, en una rotació de conreus extensius i en una altra d'hortícoles. El cap de la rotació de conreus extensius va ser el blat de moro; es van aplicar di-

ferents dosis de residus en què sempre s'intentava igualar la quantitat de nitrogen aplicada amb els diferents materials. Es tenia en compte l'anàlisi dels residus i es va suposar que la pauta de

TAULA X. *Característiques de tres tipus de residus orgànics (dades pròpies).*

| | Fem | Fang | Compost RSU |
|----------------------------------|-------|-------|-------------|
| % Humitat | 65,4 | 82,70 | 45,70 |
| % MO | 61,60 | 69,60 | 73,30 |
| % GE | 46,9 | 20,7 | 26,0 |
| % N _{org} | 2,12 | 5,82 | 1,29 |
| C/N | 14,5 | 6,0 | 28,6 |
| % N-NH ₄ ⁻ | 0,49 | 1,39 | 0,37 |
| %N-nH | 1,02 | 0,77 | 0,57 |

GE: Grau d'estabilitat (abans l'anomenàvem GD) Es refereix al tant per cent de matèria orgànica resistent que conté la mostra seca.

nH: Nitrogen orgànic no hidrolitzable. Es refereix al percentatge de nitrogen orgànic resistent a la degradació.

mineralització de tots era la mateixa. Es va fer així per facilitar els càlculs dels efectes residuals i les interpretacions dels resultats, tot i que no es va dubtar que, com que l'estabilitat dels materials era diferent, el comportament també ho seria.

En el cas del blat de moro es van controlar diferents paràmetres en les plantes i el contingut de nitrats del terra, als 30 dies de creixement.

En els resultats de la taula IX es pot veure clarament el diferent comportament dels residus emprats i sobretot la immobilització provocada pel compost. Algunes de les característiques dels residus aplicats es troben en la taula X.

Aquests resultats mostren la gran estabilitat de la matèria orgànica dels fems i l'elevat contingut de nitrogen dels fangs; d'altra banda, el compost presenta un alt contingut de matèria orgànica poc estabilitzada i un relativament baix contingut de nitrogen.

3.3. Experiència 3. Influència de l'aplicació de compost sobre la producció de tomàquet de conserva.

En el mateix marc del projecte CICYT i en la rotació de conreus hortícoles es van fer tractaments comparables als del blat de moro, però tenint en compte les diferents necessitats del conreu. En aquest cas el cap de la rotació va ser un conreu de tomàquets de conserva. Des del primer moment, es va notar la immobilització de nitrogen manifestada pels tractaments amb compost. Aquesta immobilització es va manifestar en el creixement; es va anar quantificant en diferents mesures agafades al llarg del conreu (Crespo i Janer, 1995) i va tenir efectes marcats en la producció de la primera collita (taula XI).

4. CONCLUSIONS

Darrere la informació donada en aquest article hi ha moltes més dades per estudiar i discutir, però s'ha volgut

TAULA XI. *Producció total, i per collites, en t/ha, d'un conreu de tomàquet de conserva. (Crespo i Janer, 1995).*

| | Collita 1 | Collita 2 | Collita 3 | Collita 4 | Total |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| <i>Mineral</i> | 11,55 | 8,89 | 3,95 | 1,25 | 25,65 |
| <i>Fang DA</i> | 13,73 | 12,03 | 5,32 | 0,74 | 31,83 |
| <i>Fang DB</i> | 14,67 | 14,10 | 6,47 | 2,08 | 38,65 |
| <i>Fem DA</i> | 16,37 | 16,92 | 2,96 | 0,50 | 36,74 |
| <i>Fem DB</i> | 13,92 | 12,77 | 3,54 | 2,43 | 32,66 |
| <i>Compost DA</i> | 2,37 | 13,41 | 11,23 | 3,97 | 30,98 |
| <i>Compost DB</i> | 4,19 | 16,46 | 11,44 | 7,81 | 39,90 |

comentar aquells aspectes més relacionats amb la problemàtica del nitrogen i el compost. Per concloure es pot dir:

— Tot i que el tractament de compostatge és un procés de fonament senzill, cal tenir molta cura de les condicions en què es realitza i sobre el material a què s'aplica per evitar, entre d'altres problemes, pèrdues de nitrogen.

— S'ha de tenir molt en compte el contingut i estabilitat de la matèria orgànica del compost de RSU per evitar i/o controlar les immobilitzacions inicials de nitrogen que pot provocar quan s'aplica.

BIBLIOGRAFIA

CRESPO, D.; JANER, P. (1995). *Efecte de l'aplicació de subproductes d'origen agrícola (fems) i urbà (RSU i fang de depuradora) en un cultiu de tomàquet d'indústria per pelar (varietat Rànger)*. TFC. ESAB.

GOLUEKE, C. G. (1994). «Designing a well-operated facility en Composting source separated organics». *Biocycle*.

GOTAAS, H. B. (1956). «Composting. Sanitary disposal and reclamation of organic wastes». *World Health Organization*.

LLEDÓ, J. M. (1995). *Estudi de l'aplicació de residus orgànics com a adob mineral i com a esmena orgànica sobre el creixement i la producció del cultiu de blat de moro*. TFC. ESAB

MANZANO, S. (1993). *Estudi sobre la qualitat del compost produït en dues plantes de Catalunya amb predecomposició accelerada en biodigestor*. TFC. ESAB.

NAVARRO, M.; PUJOLÀ, M.; SOLIVA, M.; GARAU, M. A. (1989). «Nitrogen mineralization study in compost». *Acta Horticulturae*, núm. 302.

PÉREZ, C.; MANZANO, S.; SOLIVA, M. (1995). «Estudio de las variaciones de temperatura y de nivel de oxígeno durante el compostaje». *Riegos y drenajes XXI*, núm. 81.

PORCEL, O. (1990). *Estudio del proceso de mineralización en el suelo del compost de residuos urbanos*. TFC. ESAB.

RIFFALDI, R.; LEVI-MINZI, R.; PERA, A.; DEBERTOLDI, M. (1986). «Evaluation of compost maturity by means of che-

- mical and microbial analysis». *Waste management research*, núm. 4.
- SOLIVA, M.; GIRÓ, F.; VALERO, J.; CUCURULL, D.; LUMBRERAS, F.; BARBERÀ, R. (1992). *Siete años de estudio de la calidad del compost en Cataluña: criterios para su valoración*. Libro de actas ISWA.
- SOLIVA, M.; GIRÓ, F.; MANZANO, S. (1993). «Nitrogen lost during MSW composting at two facilities in Spain. Compost». *Science-Utilisation*, núm. 1, p. 4.
- SOLIVA, M.; MOLINA, N. (1996). «¿Qué significado tiene el término compost?». *Riegos y drenajes* XXI, núm. 87.
- THORN, K. A., MIKITA, M. A. (1992). «Ammonia fixation by humic substances: a Nitrogen-15 and Carbon-13 NMR study». *The Science of the total Environment*, núm. 113.
- TROMBETTA, A.; JODICE, R.; BARBERIS, R.; PICCONE, G. (1988). *Quella scomposta normativa sul compost*. GEA 5/88.
- VILARASAU, B. (1992). *Optimització del compostatge conjunt de restes de poda i fang de depuradora*. TFC. ESAB.