

## LA UTILITZACIÓ DE FANGS DE DEPURADORA EN UN CONREU DE RAY-GRASS

J. Duran Bada

*Becari de l'Àrea de Química Agrícola de  
l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona*

J. Saña Vilaseca

*Professor titular de l'Àrea de Química Agrícola de  
l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona*

### RESUM

S'ha estudiat el comportament d'un fang de depuradora aeròbic i assecat en eres, en un conreu de *ray-grass*. S'han considerat dues dosis diferents (F-12 i F-25) en el supòsit que la mineralització durant el cicle de conreu sigui del 12.5% o del 25% del N orgànic present al fang, i que el N alliberat iguali la fertilització mineral usual en aquest

conreu (Q).

Les produccions i continguts elementals del conreu amb fangs han estat iguals (F-25) i fins i tot superiors (F-12) al tractament químic (Q).

En el sòl s'han detectat notables increments en el contingut en matèria orgànica, nitrogen i fòsfor, i un lleuger descens del pH.

### SUMMARY

The behaviour of an air dried aerobic sewage sludge in a ray-grass crop has been studied. We have considered two different doses (F-12 and F-25) supposing that mineralization during the crop cycle is 12.5% or 25% of organic N in the sludge and that N released is equal to the usual mineral fertilization in this crop (Q).

The productions and elemental contents in the crop with sludge have been the same (F-25) and even superior (F-12) as the chemical treatment (Q).

Notable increments in the soil content of organic matter, nitrogen and phosphorus, and a slight descent of pH have been detected.

## INTRODUCCIÓ

L'aplicació dels fangs de depuradora com a adob ha d'estudiar-se a tres nivells diferents; el seu comportament com a fertilitzant mineral, com a esmena húmica i els possibles problemes sanitaris derivats de la contaminació microbiològica o per elements potencialment tòxics.

Pel que fa referència als fangs com a adob mineral, aquests resulten rics en N i P i pobres en K [MC CALLA i cols. (1977); PACCOLAT (1979); VAN DER MAELE i cols. (1981)]. Quant al N i al P, la major part del primer i una fracció menor del segon es troben en formes orgàniques, la qual cosa implica que per convertir-se en assimilables per la planta ha de tenir lloc la seva mineralització.

La mineralització del N es veu condicionada per diversos factors: el tipus de fang (sistema d'estabilització i condicionament) i les condicions del medi al qual s'aplica (pH, textura, etc.) i ambientals (temperatura, humitat, alternància d'humectació-dessecació, etc.) [COKER i cols. (1982); MORÉ (1984)]. Per aquesta raó la bibliografia sobre el N or-

gànic que es mineralitza en un cicle de cultiu dona resultats molt dispersos que oscil·len entre el 9 i el 20% del N orgànic present [KEENEY i cols. (1976); COKER, (1979); HECK i cols. (1980); CHAUSOD (1980); HALL i cols. (1983); HALL (1984)]. Quant al fòsfor, en els fangs hi és bàsicament en formes inorgàniques, i només aproximadament un 6% s'hi troba en formes orgàniques [JUSTE i CATROUX (1980)]. Per aquesta raó la bibliografia considera que els percentatges de P disponibles pel conreu són molt més alts. COKER i cols. (1982) donen valors del 40-100%, JACOBS (1980) del 50% i CAMBRE i LEFEVRE (1980) del 20-100%. La seva efectivitat ve limitada per la forma mineral en la qual el fòsfor estigui fixat o precipitat en el fang: segons JACOBS (1980) i CHAMBRE i LEFEVRE (1980), només quan en el procés de deshidratació intervenen sals de Fe o Al, la seva assimilabilitat disminueix notablement; la calç emprada en d'altres sistemes de condicionament no sembla afectar.

## OBJECTIUS

Davant la possibilitat d'iniciar una experiència de durada mitjana que contemplarà els tres aspectes abans esmentats, del fang com adob, es va trobar a faltar informació sobre el percentatge de mineralització del N del fang en les condicions climàtiques de Catalunya. Com que tradicionalment les dosis d'aportació de fang a un conreu es calculen en funció dels seus requeriments nitrogenats, excepte en el cas de nivells notables d'elements potencialment tòxics, la manca d'aquesta dada impedia un planteig correcte de l'experiència. Es va decidir, doncs, rea-

litzar una experiència orientativa prèvia d'un any de durada per tal d'obtenir un ordre de valors del grau de mineralització del nitrogen en condicions reals de camp, considerant, també de manera complementària, els aspectes nutricionals de la resta de macro i microelements, així com els efectes a curt termini que l'aportació de fang podia provocar en el sòl.

Es va escollir un conreu molt exigent en nitrogen («ray-grass») amb la finalitat de maximitzar els efectes sobre el sòl en el mínim de temps.

## MATERIAL I MÈTODES

### Tractaments

Es consideraren 3 tractaments:

— Adobat químic tradicional per a un conreu de «ray-grass» (Q) amb tres dalls en el cicle de conreu. L'adobat de fons de 100 UF de N (Nitrat amònic càlcic del 26%), 150 UF de  $P_2O_5$  (Superfosfat del 18%) i 150 UF de  $K_2O$  (Sulfat potàssic del 50%); l'adobat de cobertura consistí en 25 UF de N quan el conreu arribà als 15 cm. (abans del primer dall) i després de cada dall, 100 UF de N (també com a Nitrat amònic càlcic).

— Dos adobats únicament amb fang (aeròbic i d'assecat en eres), les característiques del qual vénen descrites a la Taula 1. Les dosis foren calculades suposant que els requeriments nitrogenats del conreu es cobriessin amb la mineralització del 12.5% (F-12) o del 25% (F-25) del N orgànic present en el fang. En ser un fang dessecat no es va considerar el seu mínim contingut en formes minerals de N (GARAU 1983).

Les aportacions totals de nutrients es recullen a la Taula 2. Pot observar-se que amb les dosis de fang calculades es cobreixen també els requeriments en  $P_2O_5$  i  $K_2O$  del conreu.

### Localització i disseny

L'experiència es va ubicar a la granja-escola Torre Marimon de Caldes de Montbui (Barcelona). El disseny fou de 4 blocs a l'atzar amb parcel·les individualitzades de  $5 \times 8$  m<sup>2</sup>, separades unes de les altres per passadissos d'1 m., de les quals es va comptabilitzar només la zona central de  $3 \times 5$  m<sup>2</sup>. Les característiques mitjanes inicials del sòl es recullen a la Taula 3.

### Conreu i calendari

— Conreu: «ray-grass» anual (*Lolium westerwoldicum*) varietat Barwoltra a la dosi de sembra de 30 kg/Ha.

— Calendari del conreu:

- Aplicació de fangs i adobat de fons: 5/8/82 (dia 0).
- Enterrament dels fangs: dia 7.
- Sembra: dia 19.
- Adobat 25 UF de N (només en el tractament Q): dia 40.
- Primer dall i adobat 100 UF de N (només en el tractament Q): dia 102.
- Segon dall i adobat de 100 UF (tractament Q): dia 254.
- Tercer dall: dia 307.
- Mostratge final del sòl: dia 312.

— Incidències: entre el segon i el tercer dall van presentar-se problemes amb el sistema de rec, coincidint amb altíssimes temperatures ambientals.

### Metodologia analítica i estadística

a) Conreu: assecat de la mostra a 80°C. durant 3 dies i trituració a dimensió inferior a 0.75 mm. Destrucció de la matèria orgànica del teixit vegetal per calcinació a 475°C, seguit de dissolució de les cendres amb  $HNO_3$  2N. De la dissolució així obtinguda s'ha determinat el P per colorimetria, el Na i el K per fotometria de flama i els altres elements per absorció atòmica. El N s'ha determinat pel clàssic mètode Kjeldahl (BONMATÍ i cols., 1981).

b) Sòl:

- 1) Preparació de la mostra: assecat a l'aire i tamisat a dimensió inferior als 2 mm.
- 2) Paràmetres físico-químics: el pH en  $H_2O$  i KCl a la relació 1/2.5, per potenciomètria. La conductivitat a la relació 1/5.
- 3) Paràmetres químics: els carbonats per mesura volumètrica del  $CO_2$  després de tractar la mostra amb HCl 1:1 en el calcímetre Bernard. El N determinat pel mètode Kjeldahl. El P assimilable

pels mètodes Olsen (extracció amb  $\text{NaHCO}_3$ ) i Viro (extracció amb EDTA a pH 8.5). Els cations intercanviables s'han extret amb una solució d'acetat sòdic a pH 8.2. El Ca i el Mg així extrets s'han determinat per absorció atòmica i el K per fotometria de flama. El carboni oxidable s'ha determinat per oxidació dicromatòmica (BONMATÍ i cols., 1981).

c) Fangs

- 1) Preparació de la mostra: assecat a  $110^\circ\text{C}$ . durant 18 h. Trituració a dimensió inferior a 0.75 mm.
- 2) Composició elemental: la mateixa metodologia emprada en l'anàlisi del conreu.
- 3) Paràmetres físico-químics: el pH i la conductivitat mesurats a l'extracte aquós a la relació 1/25.
- 4) Paràmetres orgànics: el carboni determinat per oxidació dicromatòmica. Les fraccions húmiques extractables (Ac. húmics i fúlvics) s'han obtingut amb una solució de  $\text{NaOH}$  0.1M -  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  0.1M 1:1 en volum, a la re-

lació 1:65 (mostra/extractant). La separació d'Ac. húmics i fúlvics s'ha realitzat per precipitació dels primers a pH 1.5 amb  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . La quantificació de cada fracció s'ha realitzat per oxidació dicromatòmica (colorimetria). L'índex E4/E6 de l'extracte húmic s'ha determinat calculant el quocient de les absorbències a 465 i 665 nm de l'extracte d'Ac. húmics i fúlvics a pH 7.

La fracció humina s'ha determinat per tractament del residu no extractable amb líquid densimètric (Bromoforme-Etanol) de densitat 2.00 g/ml, considerant com humina la fracció orgànica pesada (lligada a la fracció mineral) i quantificada per oxidació dicromatòmica.

El grau de descomposició és la fracció orgànica resistent a dues hidròlisis successives, amb  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 72% en fred i  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.7 N en calent. S'expressa com a percentatge de la matèria orgànica total. Totes les tècniques d'anàlisi de fangs estan descrites per SAÑA (1985).

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

A les Taules 4, 5 i 6 es recullen respectivament els valors mitjans de les característiques finals del sòl, la composició elemental dels diferents dalls, així com les produccions i extraccions elementals del conreu, segons els tres diferents tractaments.

### *Efectes sobre el sòl*

a) El pH: s'observa un descens del pH del sòl en la dosi més alta de fang (F-12). Segons GUIDI (1980), els fangs tenen un doble efecte: acidificant, degut a l'alliberament de compostos orgànics produïts en la degradació de la seva matèria orgànica,

ca, i basificant, a causa de les bases, fonamentalment carbonats, que contenen. El predomini d'un o altre depèn del pH del sòl al qual s'apliquen. Així en sòls propers a la neutralitat, KNEJEK i MILLER (1976) i JACOB (1980), observen descensos del pH en aplicar fangs, que aquests autors atribueixen als processos de nitrificació del seu N amoniacal.

b) La salinitat: les aportacions de fangs no representen un augment substancial de la salinitat del sòl. La bibliografia cita la possibilitat d'aquesta circumstància però sempre lligada a dosis importants de

110-460 Tm de fang per Ha [STARK i CLAPP (1980)], molt superiors a les nostres. Així mateix, EPSTEIN i cols. (1976) confirmen que l'augment està correlacionat amb la dosi.

- c) El carboni orgànic i el nitrogen: les notables aportacions de matèria orgànica que han representat les addicions de fang (aproximadament un 63% del C inicial de la capa superficial del sòl en la F-12 i un 32% en la F-25) expliquen les significatives diferències que s'observen al final del conreu, diferències també recollides a la bibliografia [STARK; CLAPP (1980) i DIEZ, (1981)]. Un balanç aproximat de la mineralització que no té en compte ni la matèria orgànica aportada per les arrels ni els metabolits del conreu, ni la mineralització pròpia de la matèria orgànica del sòl, calculada segons:

$$\% \text{mineralització} = \frac{C \text{ inicial} + C \text{ aportat pel fang} - C \text{ final}}{C \text{ aportat pel fang}} \times 100$$

indica que s'ha mineralitzat un 49% del fang en la F-12 i un 32% en la F-25. DIEZ (1981) cita mineralitzacions del 41-65% en experiències de llarga durada (20-55 anys) amb aportacions anuals de C similars. Quedaria finalment per considerar en un futur estudi si aquesta matèria orgànica aportada s'incorpora a les fraccions humificades del sòl o senzillament resta com una simple acumulació.

Pel que fa referència al Nitrogen s'han de realitzar les mateixes consideracions que en el cas del C orgànic.

- d) El fòsfor: el notable increment de les formes de fòsfor presumptament assimilables, sigui quin sigui el mètode d'extracció química emprat, apareix com un dels aspectes més notables de l'aplicació de fangs. La bibliografia confirma aquest fet [KING i cols. (1976) i JAKOBS (1980)]. Encara que en primera instància els resultats

serien esperables, i que el balanç (P aportat pel fang — P extret pel conreu) és netament positiu, és interessant constatar que el P restant es mantingui en formes assimilables per posteriors conreus.

- e) Cations intercanviables: la inexistència de diferències significatives en els nivells de K i Ca intercanviables, és explicable pel balanç poc positiu que es dona del primer element, i pels notables nivells preexistents en el sòl en el cas del Ca. No apareix una explicació clara del descens observat en els nivells de Mg intercanviable.

### *Efectes sobre el conreu*

Com a norma general s'observa un major nivell en N i P, Zn i Cu en els dallés del tractament F-12 respecte del Q. El tractament F-25 es manté a uns nivells similars al Q. També la producció global del conreu segueix un comportament similar. És de destacar que les dolentes condicions d'irrigació i les altes temperatures en el tercer dall sembla que van provocar una pobra mineralització del fang, amb la consegüent igualació de la producció i dels nivells de N en els 3 tractaments. En canvi, la nutrició en P, que no depèn dels processos de mineralització, va seguir la mateixa pauta en aquesta fase de conreu. Els nivells dels microelements Zn i Cu a què s'arriba per la dosi F-12 i puntualment per la F-25 en cap cas corresponen a nivells considerats fitotòxics (unes 20 ppm de Cu) sinó que més aviat s'acosten als nivells correctes per a la nutrició dels remugants (50 ppm pel Zn i 10 ppm pel Cu) (SORTEBERG, 1981).

En aquest estudi no es va considerar la possibilitat de contaminació per elements potencialment tòxics, ja que ni els continguts en aquests elements del fang, ni les condicions bàsiques i carbonatades del sòl, ni la durada de l'experiència feien pensar en problemes en aquest sentit.

## TAULA 1

## CARACTERÍSTIQUES DEL FANG DE DEPURADORA UTILITZAT

*Origen: fang de la depuradora de Roses (Girona), d'estabilització aeròbica i assecat en eres.*

## 1. Característiques general i físico-químiques

Humitat	45%
pH	7.02
Conductivitat (mmhos/cm)	2.07

## 2. Composició elemental

% N	4.35	ppm Fe	9416
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.65	ppm Zn	1448
% K <sub>2</sub> O	0.62	ppm Cu	900
% Ca	7.22	ppm Mn	218
% Mg	0.99	ppm Ni	14
% Na	0.40	ppm Cr	46
		ppm Pb	252
		ppm Cd	6

## 3. Característiques de la Fracció Orgànica

% Matèria orgànica	58.35
% C orgànic oxidable	25.49
% N no hidrolitzable	2.74
C/N	5.85
% C àcids húmics	1.33
% C àcids fúlvics	4.57
% C humina	4.99
Índex colorimètric E4/E6 (extracte húmic)	4.5
Grau de descomposició	29.70

*(Segons tècniques descrites per Saña-1985)*

TAULA 2

## APORTACIONS DE NUTRIENTS SEGONS ELS TRACTAMENTS

	Q	F-12	F-25
Fang sec (Tm/Ha)	0	60,20	30,10
C orgànic (Tm/Ha)	0	15,35	7,68
N (Kg/Ha)	325	2626	1313
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/Ha)	150	2198	1099
K <sub>2</sub> O (Kg/Ha)	150	445	223
Ca (Kg/Ha)	n/d	4348	2174
Mg (Kg/Ha)	n/d	596	298
Na (Kg/Ha)	n/d	241	120
Fe (Kg/Ha)	n/d	567	284
Zn (Kg/Ha)	n/d	87	43
Cu (Kg/Ha)	n/d	54	27
Mn (Kg/Ha)	n/d	13	7

*n/d = no determinat*

TAULA 3

CARACTERÍSTIQUES INICIALS MITJANES  
DE LES PARCEL·LES EXPERIMENTALS

Textura: franco-argilosa

pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	8,09
pH KCl (1:2,5)	7,11
Conductivitat (1:5) ( $\mu$ mhos/cm)	108
% C orgànic	0,747
% N	1,00
C/N	7,47
ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Olsen)	85

ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Viro)	139
ppm K (intercanviable)	983
ppm Ca (intercanviable)	4550
ppm Mg (intercanviable)	83
% CaCO <sub>3</sub>	1,7

TAULA 4  
CARACTERÍSTIQUES FINALS DEL SÒL

<i>Tractament</i>	<i>Q</i>	<i>F-12</i>	<i>F-25</i>
Paràmetre			
pHH <sub>2</sub> O	8,03 a*	7,69 b	7,97 a
pHKCl	7,24 a	6,94 b	7 b
Conductivitat ( $\mu$ mhos/cm)	330 ab	383 b	283 a
% C orgànic	0,803 a	1,072 b	0,987 b
% N	1,08 a	1,67 b	1,36 c
C/N	7,52 a	6,39 a	7,30 a
ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Olsen)	81 a	292 b	188 c
ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Viro)	156 a	374 b	238 c
ppm K (intercanviable)	925 a	1000 a	1000 a
ppm Ca (intercanviable)	4286 a	4407 a	4249 a
ppm Mg (intercanviable)	100 a	48 b	97 a

(\*) *Les mitjanes seguides de lletra diferent són significativament diferents segons el test de Newman-Keuls al nivell del 0.05.*



TAULA 5  
COMPOSICIÓ DELS TEIXITS VEGETALS

<i>1r. dall</i>	<i>Q</i>	<i>F-12</i>	<i>F-25</i>
% MO	87,65 a*	85,30 b	86,92 c
% N	2,33 a	3,20 b	2,87 b
% P	0,62 a	0,93 b	0,72 c
% K	3,80 a	4,42 a	4,05 a
% Ca	0,81 a	0,80 a	0,77 a
% Mg	0,10 a	0,18 b	0,24 ab
% Na	0,21 a	0,33 a	0,31 a
ppm Fe	319 a	422 a	286 a
ppm Zn	27 a	39 b	36 b
ppm Cu	11 a	14 b	13 b
ppm Mn	52 a	52 a	48 a
<i>2n. dall</i>			
% MO	93,01 a	92,08 b	92,68 a
% N	1,27 a	1,85 b	1,23 a
% P	0,29 a	0,45 b	0,37 ab
% K	2,25 a	2,33 a	2,37 a
% Ca	0,48 a	0,54 ab	0,61 b
% Mg	0,10 a	0,11 a	0,03 b
% Na	0,13 a	0,28 b	0,13 a
ppm Fe	64 a	93 a	66 a
ppm Zn	19 a	28 b	18 a
ppm Cu	6 a	10 b	6 a
ppm Mn	40 a	44 a	34 a
<i>3r. dall</i>			
% MO	91,70 a	91,79 a	93,12 a
% N	2,25 a	1,99 a	1,26 b
% P	0,32 a	0,44 b	0,30 a
% K	2,37 a	2,03 a	1,82 a

‰ Ca	0,88 a	0,81 a	0,53 b
‰ Mg	0,09 a	0,17 b	0,10 a
‰ Na	0,15 a	0,26 b	0,09 c
ppm Fe	116 a	127 a	90 a
ppm Zn	27 ab	32 b	24 a
ppm Cu	9 a	9 a	6 a
ppm Mn	60 a	64 a	43 b

(\*) *Les mitjanes seguides de diferent lletra són significativament diferents segons el test de Newman-Keuls al nivell del 0.05.*

TAULA 6

## PRODUCCIONS I EXTRACCIONS DEL CONREU

	Q	F-12	F-25
Producció 1r. dall (Tm/Ha)	4,24 a*	5,52 a	5,25 a
Producció 2n. dall (Tm/Ha)	5,04 ab	6,45 b	3,47 a
Producció 3r. dall (Tm/Ha)	2,68 a	2,83 a	2,39 a
Producció total	12,20 a	14,80 b	11,11 a
Kg/Ha N	220 a	355 b	223 a
Kg/Ha P	113 a	216 b	130 a
Kg/Ha K	337 a	452 b	337 a
Kg/Ha Ca	82 a	95 b	74 a
Kg/Ha Mg	12 a	26 b	13 a
Kg/Ha Na	20 a	43 b	23 a
g/Ha Fe	1997 a	3142 a	1946 a
g/Ha Zn	276 a	478 b	309 a
g/Ha Cu	100 a	163 b	103 a
g/Ha Mn	571 a	735 b	474 a

(\*) *Les mitjanes seguides de diferent lletra són significativament diferents segons el test de Newman-Keuls al nivell del 0.05.*

## CONCLUSIONS

- 1) Els fangs poden substituir l'adobat químic tradicional en un conreu nutricionalment tan exigent com el *ray-grass*.
- 2) S'observen lleugers descensos en el pH del sòl causats per l'aportació de fangs.
- 3) Encara que un càlcul aproximat de la mineralització del C orgànic del fang dona valors de l'ordre del 49% i del 32% per a les dosis alta i baixa respectivament, s'observen significatius augments del nivell de matèria orgànica i nitrogen del sòl.
- 4) Els fangs apareixen com a notables fertilitzants fosfatats. El P que aporten es manté en el sòl en formes majoritàriament as-  
similables, segons dues tècniques analítiques diferents.
- 5) L'efectivitat nitrogenada del fang (N extret pel conreu/N aportat amb l'adobat) ha estat del 67%, del 17% i del 13% respectivament pels tractaments Q, F-25 i F-12. Posteriors estudis hauran d'afinar en el grau de mineralització anual del N orgànic del fang, molt probablement superior als valors pressuposats en aquesta experiència.
- 6) La dosi més alta de fang (F-12) provoca increments en els nivells de N, P, Zn i Cu del conreu. Els tractaments Q i F-25 es comporten de forma similar.

## BIBLIOGRAFIA

- BONMATÍ, M.; SAÑA, J.; SOLIVA, M. (1981) - *Tècniques d'anàlisi química agrícola*. Escola d'Agricultura de Barcelona.
- CHAMBRE, V.; LEFEVRE, G. (1980) - *Les principaux éléments à prendre en compte pour organiser l'utilisation des boues au niveau d'une région*. Agricultural use of sewage sludge EAS Basle.
- CHAUSSOD, R. (1980) - *Valeur fertilisante des boues résiduaires*. Characterization, treatment and use of sewage sludge. Proc. 2n.
- COKER, EG. (1979) - *The utilization of liquid digested sludge*. Proc. Conf. Utilization of sewage sludge on land p. 110-129.
- COKER, EG.; DAVIS, RD.; HALL, JE.; CARLTON-SMITH, CH. (1982) - *Field experiments on the use of consolidated sewage sludge for land reclamation: effects on crop yield and composition and soil conditions 1976-1981*. Water Research Centre. Technical Rep. TR183.
- DÍEZ, TH. (1981) - *Increasing organic matter of soils by sewage sludge*. Proc. Sem.: The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils. Munich.
- EPSTEIN, E.; TAYLOR, JM.; CHANEY, RL. (1976) - *Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties*. J. Environ. Qual. 5 (4), p. 422-426.
- GARAU, M. (1983) - *Estudio de la mineralización en el suelo del nitrógeno de lodos procedentes de plantas depuradoras de aguas residuales*. Tesi doctoral. Facultat de Farmàcia. Universitat de Barcelona.
- GUIDI, G. (1980) - *Relationship between organic matter of sewage sludge and physico-chemical properties of soil*. Cha-

- racterization, treatment and use of sewage sludge*. Proc. 2n. Europ. Symp. Vienna, p. 530-544.
- HALL, JE.; CARLTON-SMITH, CH.; DAVIS, RD.; COKER, EG. (1983) - *Field investigations into the manurial value of lagoon-matured digested sewage-sludge*. Water Research Centre rep. 510-M.
- HALL, JE. (1984) - *Predicting the nitrogen values of sewage sludges. Processing and use of sewage sludge*. p. 268-277.
- HECK, JP.; LOUPPE, L.; MARLIER-GEETS, O.; ROCKER, M.; BARIDEAU, L. (1980) - *Evolution dans le sol des différentes formes d'azote présentes dans les boues. Characterization, treatment and use of sewage sludge*. Proc. 2n. Europ. Symp. Vienna, p. 466-474.
- JACOBS, L. (1980) - *Sludge and its ultimate disposal*. Chap. 9: Agriculture application of sewage sludge. Ann. Arbor Sci. p. 109-125.
- KEENEY, D.; REE, K.; WALSH, L. (1976) - *Guidelines for the application of wastewater sludge to agricultural land in Wisconsin*. Tech. Bull. 88 Dept. Natural Resources.
- KING, L.; RUDGERS, L.; WEBBER, L. (1976) - *Application of municipal refuse and liquid sewage sludge to agricultural land*. I-Field Study. J. Environ. Qual. 6 (1), p. 67-71.
- KNEZEK, B.; MILLER, R. (1976) - *Application of sludges and wastewaters on agricultural land: a planning and educational guide*. North Central Regional Res. Pub. 235 Res. Bull. 1090.
- MC CALLA, T.; PETERSON, J.; LUE-HING, C. (1977) - *Soil for management of organic wastes and waste waters*. Chap. 22: Properties of agricultural and municipal wastes. Ed. Soil Sci. Soc. Amer., Amer. Soc. of Agron i Crop. Sci. Soc. of Amer.
- MORE, J. (1984) - *Determinación y cuantificación de los parámetros que afectan a la mineralización del compuesto en el suelo*. Memòria Final de Projecte pel Servei del Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.
- PACCOLAT, B. (1979) - *L'utilisation agricole des boues d'épuration. L'exemple de la Suisse*. Phosphore et agriculture, 75 (3), p. 29-39.
- SAÑA, J. (1975) - *La utilització dels fangs de depuradores d'aigües residuals urbanes com a adobs: Caracterització de la seva fracció orgànica*. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona.
- SORTENBERG, A. (1981) - *Effects of sewage sludge application on the yield of different crops and the uptake of some heavy metals*. Journal of the Sci. Agric. Society of Finland. 53 p. 1-15.
- STARK, S.; CLAPP, C. (1980) - *Residual nitrogen availability from soils treated with sewage sludge in a field experiment*. J. Environ. Qual. 9 (3) pag. 505-512.
- VAN DER MAELE, F.; VERLOO, M.; KIEKENS, L. (1981) - *L'utilisation des boues d'épuration en agriculture: avantages, inconvénients et directives*. Revue de l'Agriculture, 2 (43), p. 301-309.