
CARACTERÍSTIQUES DELS SÒLS I AMBIENTALS QUE AFECTEN LA MINERALITZACIÓ "IN VITRO" D'UN ADOB ORGÀNIC

Joan Carles Moré i Ramos
Enginyer Tècnic Agrícola

Ponència presentada a les Jornades sobre Adobs Orgànics. Febrer 1985

RESUM

Estudiem la influència d'un grup d'onze variables (pH, carbonats, relació C/N, % C.O.T., textura i salinitat del sòl; dosi, maduresa i forma d'aplicació del compost; humitat i temperatura del medi) en la velocitat de mineralització del Carboni total present en un sòl adobat amb compost.

Proposem un model matemàtic senzill per a la mineralització del Carboni total -del sòl i del compost- en funció de les variables discriminades com significatives.

El model l'establim considerant grups de substàncies lentament i ràpidament mineralitzables, resultant ordres de magnitud per a les vides mitjanes d'ambdues fraccions de anys i dies respectivament.

RESUMEN

Se estudia la influencia de un grupo de once variables (pH, carbonatos, relación C/N, % C.O.T., textura y salinidad del suelo; dosis, madurez y forma de aplicación del compost; humedad y temperatura del medio) sobre la velocidad de mineralización del Carbono total presente en un suelo abonado con compost.

Se propone un modelo matemático sencillo que describe la mineralización del Carbono total -del suelo y del compost- en función de las variables discriminadas como significativas.

El modelo se establece considerando grupos de sustancias lenta y rápidamente mineralizables, resultando órdenes de magnitud, para las vidas medias de ambas fracciones, de años y días respectivamente.

SUMMARY

We have studied the influence of a group of eleven variables (pH, lime, C/N ratio, % Total Oxidable Carbon, texture and soil salinity; amount, maturity and form of application of compost; moisture and temperature) on the mineralization rate of total organic carbon present in soil enriched with compost.

We have proposed a simple mathematic model for the mineralization of total organic carbon –of soil and compost– with reference to the variables determined as significant.

The model is established by taking into consideration groups of substances slowly and rapidly mineralizable, yielding order of magnitude for the half-life of both fractions in years and days respectively.

INTRODUCCIÓ

Una vegada caracteritzat un determinat tipus d'adob orgànic (3), interessa apropar-nos al comportament que aquest material mostrarà quan l'apliquem al sòl.

En principi, la millor manera per definir i quantificar els processos lligats a cada sistema particular –referit a un sòl, un clima, un conreu i un adob concret– és dissenyar proves de camp en condicions el més semblants possibles a aquelles en què farem ús de l'adob en qüestió.

Tanmateix, pel seu propi plantejament, els resultats d'aquest tipus de prova serveixen quasi exclusivament en el marc on hom els realitza i són difícilment extrapolables a altres condicions.

Un procediment més generalitzador és la preparació de models matemàtics el més flexibles possible, capaços de donar resposta a un ventall de situacions diferents.

Els passos que cal donar en la confecció d'un model podem resumir-los en:

1. Proposta d'hipòtesis.
2. Expressió matemàtica d'aquestes hipòtesis.
3. Desenvolupament d'experiències que generin dades adients pel tractament estadístic.
4. Obtenció de les constants del model.

Les experiències del tercer pas hom les pot portar a terme a tres nivells:

1. Laboratori.
2. Hivernacle.
3. Terreny agrícola en producció.

Cada nivell comporta una successiva aproximació a les condicions reals i un grau creixent de dificultat i volum de feina. En particular, les proves de laboratori les podem caracteritzar per la possibilitat de controlar exhaustivament els paràmetres en estudi i per les menors exigències en medis. En contrapartida, cal esperar cert distanciament entre els resultats obtinguts en aquest tipus de proves i els comportaments al camp.

OBJECTIUS

El treball que presentem tracta de determinar la incidència que tenen diferents classes de compost en ésser aplicats en sòls de diferents característiques.

Estudiem, en primer lloc, quin grup de paràmetres tenen una especial rellevància en el ritme de mineralització del C: tant del nadiu del sòl com de l'introduït pel compost.

A continuació tractem d'ajustar un model matemàtic senzill per estimar les pèrdues de C total (i per tant, la seva acumulació) en funció de les variables que caracteritzen el sistema sòl-compost.

MATERIAL I MÈTODES

A propòsit del comentari fet a l'introducció ens ha semblat oportú començar per esbrinar en proves de laboratori quines són les característiques del compost, del sòl i ambientals que determinen situacions (i per tant respostes) significativament diferents.

Els resultats numèrics que es desprenen, a més del seu valor inherent, tenen una utilitat a posteriori, com indicatius per a dissenyar i simplificar dispositius experimentals en contextos més complets.

Els paràmetres inicialment estudiats, escollits per la seva probable influència en la definició dels sistemes, podem agrupar-los segons:

- a- Sòl: pH, %CO₃, C/N, C, textura i salinitat.
- b- Compost: dosi, aplicació i maduresa.
- c- Ambient: humitat i temperatura.

L'estudi l'hem realitzat sobre la mineralització del C per ésser l'element entorn al qual gira tota la dinàmica de la descomposició de la matèria orgànica.

Per estimar l'efecte de cada variable en el ritme de mineralització del C hem realitzat respirometries (3) de llarga durada (3 mesos) valorant el C-CO₂ després a diferents intervals de temps (3, 7, 15, 25, 35, 50, 65, 80 i 95 dies).

A diferència de (3), on interessaven els increments relatius en l'activitat microbiana induïts per l'addició d'adob en un temps concret, ací ens fixem en els valors absoluts de C-CO₂ després en intervals de temps successius.

Remarquem que la quantificació del C després és una mesura indirecta de la part complementària que resta en el sòl, és a dir, el C amb veritable interès.

En les diferents incubacions realitzades hem intentat variar únicament el nivell d'una sola de les variables.

No hi ha problemes per variar sobre un mateix sòl les variables referents a l'adob i a l'ambient. Però és pràcticament impossible disposar d'una col·lecció de sòls naturals cadascun dels quals es diferenciï d'un fonamental en el nivell d'un sòl paràmetre.

Per això, els sòls que han participat en l'experiència han estat "fabricats" a partir de dos sòls diferents manipulats, segons el cas, mitjançant:

- molturacions
- increments de matèria orgànica per incubació amb substractes de característiques diverses
- addició de substàncies
- barreges de sòls prèviament alterats

A les taules 1, 2 i 3, apareixen les característiques dels dos sòls originals, dels substractes orgànics introduïts en les manipulacions i dels sòls finalment emprats. La taula 4 recull informació sobre els compostos que han participat en l'experiència.

En la descripció dels processos de mineralització de la matèria orgànica hem fet servir models anomenats compartimentals. En aquests models hi contemplem diferents fraccions -reunint grups homogenis de substàncies amb nivells de biodegradabilitat semblants- sobre les quals establim dinàmiques particulars (2,5).

Els models compartimentals poden assolir un grau de complexitat indefinida a base d'anar considerant més fraccions i proposant més interrelacions.

En el nostre cas no busquem la descripció última dels fenòmens sinó més aviat una eina per a preveure els nivells de matèria orgànica que assoliran els sòls a partir de certes condicions i amb unes pràctiques d'adobatge concretes. Per tant, ens serveixen aproximacions relativament ajustades en el rang d'interès agronòmic pel que fa al temps i a la precisió.

El model de descomposició proposat es refereix al conjunt de la matèria orgànica: nativa i aportada per l'adobat amb compost.

Les premisses o hipòtesis assumides poden concretar-se en:

- 1- La velocitat de mineralització és proporcional al contingut de substrate en cada instant (1, 6, 7).
- 2- La constant de proporcionalitat és independent del contingut de substrate (1, 6, 7).
- 3- El potencial biològic del sòl no és limitant (7).
- 4- El conjunt de la matèria orgànica està constituïda per dos grups de compostos que mostren diferent resistència a la biodegradació (6).
- 5- La mineralització d'ambdós tipus de compostos és simultània (6).

Formalment, tot això pot expressar-se com (4):

$$C_t = R \cdot e^{-K_r t} + L \cdot e^{-K_l t} \quad \text{on}$$

C_t: Carboni total que queda després d'un temps t.

K_r: Constant per la fracció ràpidament mineralitzable.

K_l: Constant per la fracció lentament mineralitzable.

R: Part del Carboni total inicialment present que conforma la fracció ràpidament mineralitzable.

L: Part del Carboni total inicialment present que conforma la fracció lentament mineralitzable.

RESULTATS

Per a l'anàlisi estadística de les dades hem determinat les variables que influeixen significativament en els valors de cada constant. La taula 5 sintetitza els resultats d'aquesta fase de l'estudi.

Destaquem que no hem trobat influència significativa entre els límits considerats pel pH (6.5 - 7.5), la humitat (0.33 - 15 bars), el C oxidable total (1 - 1.7%) i la relació C/N (6 - 12).

Un cop discriminades les variables que afecten cada constant, la regressió multivariant ofereix un camí per quantificar aquest efecte, trobant expressions de les constants com funcions lineals dels paràmetres que les influeixen.

La taula 6 recull les equacions escollides. Un comentari detallat de les contribucions de cada variable a la formació dels valors de les constants la podem trobar a (4). També a (4) fem consideracions al voltant de les condicions experimentals que poden relativitzar el sentit d'algunes interpretacions i contrastem els resultats obtinguts amb les dades bibliogràfiques.

Comparant les taules 5 i 6 es pot observar, en aquesta última, el desdoblament de la textura en percentatges de sorra, llim i argila, així com l'absència de la forma d'aplicació i el % CO₂.

El % CO₂ no apareix en l'expressió de la K_r per la impossibilitat d'ajustar matemàticament la seva influència.

La forma d'aplicació no participa en l'equació de K_i en no trobar manera de descriure numèricament les diferents alternatives.

Els percentatges granulomètrics salven justament aquest últim inconvenient en el cas de la textura.

Les unitats per les variables que intervenen en les equacions de la taula 6 són:

maduresa:	valor de TMC ₇
dosi:	mg C afegit en els compost / mg C propi del sòl
temperatura:	°C
salinitat:	mmhos/cm
sorra, llim i argila:	percentatges

En un abús de nomenclatura hem fet servir les lletres R i L en dos sentits diferents.

En la tercera equació de la taula 6, R (i per tant, L, doncs L = 100 - R) representen percentatges. Quan operem amb el model, considerem que R i L recullen el resultat d'afectar el total del C (sòl + compost) pels valors de R i L en el sentit anterior.

CONCLUSIONS

La introducció del compost en el sòl dona com a resultat una important fracció de matèria orgànica de descomposició lenta. En una dosi aproximada de 30 Tm/ha d'un compost mig madur, un 95% del C total es mostra lentament mineralitzable. Els ordres de magnitud trobats per K_r i K_i són 10⁻² i 10⁻⁴ dies⁻¹, que representen vides mitjanes de les fraccions ràpida i lentament mineralitzables de l'ordre de dies i anys respectivament.

A tall de resum dels comportaments observats, podem afirmar que en un terreny de textura mitjana, amb pH al voltant de la neutralitat i en un règim agronòmic d'humitat—entre 1/3 i 1 bar—, la matèria orgànica total es descompondrà més ràpidament com més alta sigui la temperatura, major la dosi d'aplicació i més fresc sigui el compost introduït.

Per a donar idea de l'ordre en què poden afectar aquests paràmetres fonamentals, indiquem que, mantenint constants la resta de condicions, a un increment de temperatura des de 5 °C fins a 28 °C correspon un augment, en valor absolut, del 45% en la constant de mineralització lenta; si la dosi d'aplicació passa de 18 Tm/ha a 59 Tm/ha, l'augment de la mateixa constant es xifra en 38%, i si en lloc de compost madur fem servir un de fresc, la K_1 , pot quasi desdoblarse al mateix temps que la fracció lentament mineralitzable passaria d'un 97% del C total en el primer cas a un 91% en el segon.

Aquests increments en K_1 suposen que, en considerar un mateix temps després de la desaparició de la fracció ràpidament biodegradable (diem un any, per exemple), les reduccions relatives de la matèria orgànica present en els casos més desfavorables (major mineralització) seran aproximadament del 7% quant a dosi i temperatura, i del 15% entre compostos madurs i frescos.

L'efecte de l'enterrament del compost es tradueix en un increment del 6% respecte a la mineralització corresponent a una aplicació superficial transcorregut un any des de l'incorporació de l'adob.

Les influències de la textura del terreny, salinitat i percentatge de carbonats, tot i ser significatives no segueixen comportaments tan senzills i per exemplificar-les és necessari recórrer a la casuística particular.

Volem remarcar la dificultat d'homologar resultats obtinguts en assajos de laboratori a les condicions de camp.

Entre les circumstàncies que separen les proves "in vitro" de les situacions reals, destaquem, per exemple, la presència de vegetals i el caràcter variable de les condicions ambientals, amb tota la transcendència que a efectes de mineralització tenen les seves alternàncies.

En qualsevol cas, ni la magnitud ni la direcció d'aquests efectes dispersius són coneguts i per valorar-les caldrà contrastar el model amb dades de camps d'història coneguda.

Finalment, a la vista dels resultats, sembla que la distinció de dos únics tipus de matèria orgànica—fraccions ràpidament i lenta mineralitzables— no és suficientment acurada. La fracció més làbil (10% del total) desapareix pràcticament en un mes, i a partir d'aquest moment tot el C restant el considerem homogeni quant a la seva resistència a la mineralització. Probablement això representi una simplificació massa grollera.

De tota manera, insistim en què l'objecte d'aquest tipus de proves és centrat en l'obtenció de valors indicatius que ajudin a plantejar experiències definitives sobre terrenys agrícoles en producció.

AGRAÏMENTS

Agraïm al Servei del Medi Ambient de la Diputació de Barcelona l'ajut concedit per la realització d'aquest treball.

TAULA Núm. 1

Origen i característiques dels Sòls Fonamentals

Codi	Origen	%COT	%N	C/N	pH	Salinitat	Textura
TC	Caldes de Montbui	1.05	0.17	6.3	7.5	1 mmhos/cm	Franco-argilo-arenosa
TOR	Tordera	0.45	0.05	9.0	7.0	0.07 "	Arenosa

TAULA Núm. 2

Característiques dels Substractes Orgànics introduïts en TC

SUBSTRACTE	%COT	%N	C/N
Torba Sphagnum Alemany	40.39	0.74	54.58
Fang Depuradora	21.64	4.31	5.02

Codi	Utilització	%COT	C/N	Salinitat (nmhos/cm)	pH	CO ₃ (%)	Arena (%)	Llim (%)	Argila (%)
	Maduresa del compost								
	Salinitat								
	COT; C/N								
TC	Humitat	1.05	6.29	1.00	7.52	11.0	68	12	20
	Temperatura								
	Dosi; CO ₃								
	Aplicació								
TOR	pH; Textura	0.45	9.00	0.07	7.00	0.0	92	4	4
S1	Salinitat	1.05	6.29	3.78	7.52	11.0	68	12	20
S2	Salinitat	1.05	6.29	6.00	7.52	11.0	68	12	20
M1	COT	1.74	6.29	n.d.	7.93	11.0	68	12	20
M2	COT	1.40	6.29	n.d.	8.11	11.0	68	12	20
T1	C/N	1.96	12.17	n.d.	7.73	11.0	68	12	20
T1/2	C/N	1.49	9.03	n.d.	7.95	11.0	68	12	20
C1	CO ₃	1.06	6.29	n.d.	n.d.	23.5	68	12	20
C2	CO ₃	1.06	6.29	n.d.	n.d.	32.4	68	12	20
PH1	pH	0.45	9.00	n.d.	6.50	0.0	92	4	4
PH2	pH	0.45	9.00	n.d.	7.50	0.0	92	4	4
TRTRX-2	Textura	0.45	9.00	n.d.	7.00	0.0	68	13	19
TORME	Textura	0.45	9.00	n.d.	7.00	0.0	80	9	11

TAULA Núm. 4

Característiques dels composts utilitzats

Codi	Origen	Maduresa	%COT	Observacions
M1B1-240	Montargis	Francament Madur (0.73)	13.05	Compost de deixalles i fang de digestió anaeròbica. Edat 240 d.
AU-240	Auxerre	Madur (1.57)	14.97	Compost obtingut pel sistema Casel-Fouchet. Edat 240 dies.
M1B1-60	Montargis	Mig Madur (1.70)	15.78	Compost de deixalles i fang de digestió anaeròbica. Edat 60 d.
M2B2-120	Montargis	Mig Madur (2.36)	18.39	Compost de deixalles i fang no digerit. Edat 120 dies.
LO-2	Lorca	Fresc (6.90)	20.19	---

N.B.: Els índex entre parèntesi corresponen a les Taxes de Mineralització Complementària als 7 dies (TMC7), determinades experimentalment per l'elaboració de (3).

TAULA Núm. 5

Variabls assajades.

Variabls amb influència significativa en els valors de K_r , K_i , I R al nivell de l'1% (amb "X")

Maduresa	Dosi	Temperatura	Aplicació	Textura	Carbonats	
X	X	X		X	X	K_r
X	X	X	X			K_i
X	X					R

Salinitat	C/N	COT	Humitat	pH	
					K_r
X					K_i
X					R

TAULA Núm. 6

Equacions lineals que donen les millors estimés de K_r , K_i , i R en funció de les variables amb

INFLUENCIA SIGNIFICATIVA

$K_r =$	-0.0623			
	-1.8050	10^{-3}	(maduresa) ²	
	+5.7215	10^{-3}	1/dosi	
	-6.4532	10^{-3}	temperatura	
	-1.2438	10^{-5}	(arena) ²	$R^2 = 0.887$
	+3.6058		1/llim	
	-2.6877		1/argila	
$K_i =$	-1.8296	10^{-4}		
	-1.8853	10^{-4}	1n (maduresa)	
	+4.5953	10^{-5}	1/dosi	
	-6.7508	10^{-7}	(temperatura) ²	$R^2 = 0.812$
	+7.7383	10^{-6}	(salinitat) ²	
$R =$	5.2372			
	+0.9712		maduresa	
	+5.6652		dosi	$R^2 = 0.940$
	-4.3503		1/salinitat	

BIBLIOGRAFIA

- 1-GILMOUR, J.T. and GILMOUR, C.M.: A Simulation Model for Sludge Descomposition in Soil. *J. Environ. Qual.*, vol. 9, nº 2, p. 194-199. 1980.
- 2-JENKINSON, D.S., RAYNER, J.H.: The Turnover of Soil Organic Matter in some of the Rothamsted Classical Experiments. *Soil Science*, 123, (5), p. 298-305. 1977.
- 3-MORÉ, J.C.: Control Analític de la Qualitat del Compost i Estudi de la seva Maduració. Treball Final de Carrera. Escola d'Agricultura de Barcelona. 1983.
- 4-MORÉ, J.C.: Determinación y Cuantificación de los Parámetros que Afectan a la Mineralización del Compost en el Suelo. Treball realitzat pel Servei del Medi Ambient de la Excm. Diputació de Barcelona. 1984.
- 5-MOREL, R.: Cinétiques Relatives de l'Azote et du Carbone dans le Sol. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France*, 67, (10), p. 903-909. 1981.
- 6-SINHA, M.K., SINHA, D.P., and SINHA, H.: Organic Matter Transformations in Soils. V. Kinetics of Carbon and Nitrogen Mineralization in Soils Amended with Diverses Organic Materials. *Plant and Soil*, nº 46, p. 579-590. 1977.

7-VAN VEEN, J.A., and PAUL, E.A.: Organic Carbon Dynamics in Grassland Soils. I Background Information and Computer Simulation. Can. J. Soil Sci., n° 61, p. 185-201. 1981.