

一般有機質在土壤中礦化潛能及礦化速率之估算

蔡宜峰¹ 莊作權² 黃裕銘²

1)台中區農業改良場

2)國立中興大學土壤系

摘 要

爲了農田能長期使用有機質肥料，消納有機廢棄物且避免過量施用，造成土壤中某些養分含量失衡，而不利作物生長或形成二次污染。必須瞭解有機質可利用性養分潛力(PAN)之大小。要使有機質肥料有效性發揮到最恰當，必須使有機質肥料的養分礦化速率與作物養分吸收速率互相配合。本文目的即在綜合討論目前有關一般有機質可利用性養分潛力及礦化速率之估算方法。

有機質肥料可利用性養分潛力之估算方法很多，最常使用者爲直接孵育法。此方法爲直接添加有機質於土壤中孵育，再定期採樣分析土壤中無機養分含量之變化，以估算養分的礦化量。惟此方法耗時較久，有學者採用化學分析法，利用特別化學抽出劑，萃取出有機質肥料成分，作爲估算可利用性養分潛力的指標。化學分析指標法雖較爲快速簡便，然而至今尚無一萃取法能滿足各種有機質肥料之評估，因此尚須進一步探討其準確性，並應考慮實際應用於田間的實用性。

有許多研究報告試驗證明，由一次反應式 $dY/dt = -kY$ 能應用於估算有機質肥料之礦化速率。由於有機質中含有不同分解速率之化合物成分，所以用多階反應程式(multiple-term)來描述有機質之分解應該比較符合有機質中含有不同化合物成分之反應。但是如何把有機質各種組合成分分開測定其分解速率，或者在不同組合成分混合一起情況下，只要由某一特定成分代表即可，仍有待深入探討。

因此，針對有機質中可礦化有機組成分發展適當化學分析指標法，並據以估算其可利用性養分潛力及礦化速率，是未來研究有機廢棄物處理的重要方向之一。

關鍵字：礦化潛能，礦化速率

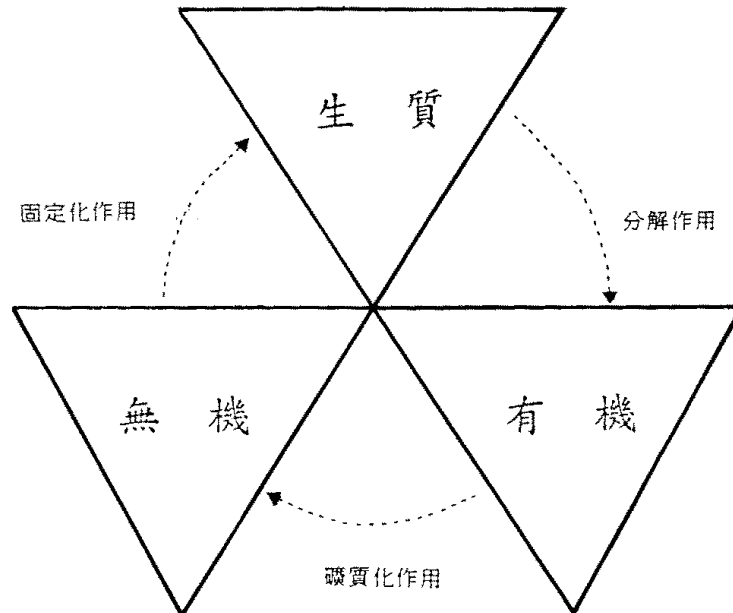
前 言

將有機廢棄物回歸于農田，已是現今消納有機廢棄物之重要方向之一。有機廢棄物經過適當處理以克服有毒重金屬及有機成分等限制因子後，不僅可以提供作物營養源，且有利於土壤的理化性及生物性之改善^(10,12)。有機質所含化合物成分在土壤中經過微生物之礦化作用

釋出無機養分。所以，有機質礦化潛力即可定義為有機質可利用性養分潛力(PAN, Potentially Available Nutrient)^(1,5)。有機質在土壤中的礦化作用受到許多因子影響，如土壤特性(質地、結構、有機質含量等)，降雨量、土壤環境(溫度、水分、pH值)、有機質本身特性、施用量及施用時期等^(11,13)。現今已有例證顯示，長期施用單一有機質肥料，或一次過量施用有機質肥料，會造成土壤中某些養分含量失衡，而不利作物生長或形成二次污染^(2,7)。所以，審慎地估算有機質可利用性養分潛力(PAN)，有助於經濟且有效地使用有機質肥料。

一般有機質必須礦質化後才能釋出養分供作物吸收，其礦化釋出養分太早、或累積太多、或待作物生長旺期過後才釋出者，對作物生長及土壤環境皆不利⁽¹⁶⁾，因此要使用有機質肥料有效性發揮最大，必須使用有機質肥料的養分礦化速率與作物養分吸收速率互相配合⁽¹⁴⁾，所以，瞭解有機質肥料的礦化速率大小，才能達到經濟且有效地使用有機質肥料。因此，尋求合理迅速的分析方法以估算有機質肥料可利用性養分潛

力及礦化速率之大小，將是有機廢棄物處理工作上極為重要的步驟之一。本文綜合整理目前有關一般有機質可利用性養分潛力及礦化速率之估算方法，以供日後研究及應用之參考。



圖一.自然界養分循環示意圖

討論內容

討論內容分成(1)有機質礦化潛力(包括直接孵育法及化學分析指標法)，(2)有機質礦化速率(包括有機質化合物組成之影響及有機質礦化速率模式)二大部分。

一、有機質礦化潛力

自然界中養分平衡是由礦質化作用、吸收固定化作用及分解作用等循環作用之結果。

為維持自然界中養分平衡，以及經濟有效地使用有機質肥料，即須審慎地估算有機質可利用性養分潛力(PAN)，目前較常用之方法為直接孵育法及化學分析指標法。

(一)直接孵育法

直接孵育法是最早發展出以估算有機質可利用性養分潛力的方法之一。其方法是在土壤中直接添加有機質予以孵育，而後定期分析土壤中無機養分變化量，用以估算有機質可利用性養分潛力。此法測得之礦化量為淨礦化量。在土壤中固定化作用(把無機養分變成有機成分，如微生物之繁殖)和礦質化作用隨時都在進行中。當礦化作用大於固定化作用，才有多餘的無機養分釋出，反之則消耗土壤中已有的無機養分。

Castellanos和Pratt⁽³⁾針對禽畜糞等多種有機質所作孵育試驗之結果顯示(表一)，不同有機質在孵育期中氮素之礦化量即不同。如雞糞在孵育1週內，氮素礦化量可達39%之多，而後礦化量即呈較緩慢變化，經十週孵育後，其氮素礦化量可達48%，是所有有機物中氮素礦化量最高者。經過堆肥化的雞糞堆肥之礦化速率則較為緩和，孵育一週的氮素礦化量僅為18%，經十週孵育後，其氮素礦化量可達28%。同時可看出含氮量較低之乳牛廐肥，在孵育初期呈氮固定作用，到第五週時才有氮礦化釋放，到第十週時釋出10%的氮量。另乳牛糞堆肥在孵育全期均成氮礦化作用，但第十週的氮礦化量約為6%，低於乳牛廐肥的礦化量。由此可知，不同有機質的礦化特性即不同，且經過堆肥化的有機質之礦化速率較為緩和，其礦化量也低於原來有機材料。而經過長期孵育後，即可得到有機質的礦化潛能大小。

一般可知當有機質在土壤中被微生物分解時，利用有機碳為能源而釋出二氧化碳，同時分解釋出其他無機養分。又一般無機養分(如磷)一旦釋出即容易被土壤固定，造成分析上之誤差，有些無機養分在土壤中不穩定，易受土壤氧化還原電位變化左右或化學分析費時或敏感度不夠(如硫酸根)。此時利用二氧化碳的釋出與有機質分解之密切關係，可推知和其它養分釋出之關係。所以，分析有機質在土壤中分解釋出二氧化碳量，以估算有機質可利用性養分潛力是一個可行的方法。惟此法未能判別有機質是否為礦化作用或固定化作用，所以適用性仍有限。尤其直接孵育法必須耗費長時間的孵育期，King⁽⁸⁾即指出孵育期至少需16週以上，且一次分析樣品數量有限。因此，有許多學者研究尋求代替方法。

(二)化學分析指標法

有機質的礦化作用，是指有機質所含化合物成分經過微生物分解作用，才釋出無機養分。有機質所含化合物成分及含量因種類不同而差異性大，例如一般蛋白質、醣類、氨基酸等易被分解，其次是纖維素、半纖維素，而木質素最不易被分解，所以化合物成分及含量與有機質的礦化潛能有密切關係。因此，利用化學方法分析有機質所含化合物成分種類及含量，以估算有機質的礦化潛能之指標，稱為化學分析指標法。Castellanos和Pratt⁽³⁾研究多種禽畜糞等有機質的組成分及含量，並逐步迴歸統計，提出利用胃氮白酵素(pepsin)萃取有機質含氮量做參數成為單因子迴歸式，又配合短期孵育資料建立複因子迴歸式，以估算有機質的可利用性養分潛力(PAN)。King⁽⁸⁾研究污泥等有機質提出 $PAN=380+135N_o-128N_t+1020C/N_o-1120C/N_t$ $R^2=0.89$ (N_o = 有機氮含量, N_t = 全氮含量, C = 碳含量)，此複迴歸式所得估算值

與孵育法實測值之間有顯著的線性相關，當利用其它研究報告之實驗值所做驗證，發現估算值與實測值之正負誤差均在30%以內，證明此式具良好之一致性。

表一、一般有機質在不同孵育期氮素礦化量(%)

Table 1. The mineralization rate of organic fertilizers during different incubation periods.

有機物	週				
	1	2	4	6	10
雞糞	39	43	44	45	48
雞糞堆肥	18	21	23	25	28
豬糞	16	14	22	26	32
乳牛糞	-6	-5	-4	4	10
乳牛糞堆肥	3	4	4	5	6

source: Castellanos and Pratt, (1981)

Douglas and Magdoff⁽⁵⁾曾試驗多種單因子化學分析指標法，其中以WBN法(Walkey-Black acid dichromate digest)與孵育法及其它化學分析法所得相關性最穩定，相關係數均達顯著水準。另求得WBN法與孵育法所得氮素礦化量實測值之二次迴歸式相關性 $Y=1.4-0.6X+0.0037X^2$ (Y：孵育法氮礦化量，X：WBN測值)達極顯著相關 $R^2=0.89$ ，顯示WBN化學分析法適宜做為估算有機質可利用性氮素潛力之指標。因此，有機質可用性養分潛力可以利用單一抽取法做參數，或加入其它抽取法或短期孵育資料以評估之。

有學者認為田間狀況下，土壤採樣分析之變異性大，不容易採取少量樣品之分析值評估相關性。所以採用作物對養分的回收率(recovery)來推算有機質的養分釋出量，進而用以評估有機質的可利用性養分潛力。Bitzer and Sims⁽¹⁾提出 $PAN=80\%N_i+60\%N_o$ (N_i =有機質無機氮含量 N_o =有機質有機氮含量)來估算禽糞等有機質氮素礦化潛力，經田間試驗後，依作物對養分的回收量，修正為 $PAN=35\%N_i+66\%N_o$ ，由此顯示，在實驗室內發展出之估算迴歸式，經過田間試驗之修正後，仍具有頗高的實用性。Vigil等⁽¹⁵⁾也曾針對田間高粱殘渣的可利用性氮素礦化潛力，提出 $PAN=70.88-0.794(C/N)-0.942(ADF)$ ($ADF=acid-detergent\ fiber\ contents$ 酸洗纖維質含量)之迴歸式，且此迴歸式的估算值與實際氮素回收量之間有顯著($R^2=0.95$)的線性相關。

由以上各學者之研究結果顯示，利用不同化學方法可分析有機質中可礦化之有機組成分含量，再據以建立單因子或複因子迴歸式，能估算有機質的可利用性養分潛力。雖然複因子化學分析指標法有考慮有機質中不同化合物組成之影響，但在應用時必須做到複因子迴歸式是利用單一化學方法分析有機質中可礦化之有機組成分含量，做為估算有機質的可利用性養分潛力，在多位學者研究中都有正面的結果。惟至今尚無一萃取法能滿足各種有機質肥料之評估，因此尚須進一步探討，另經由實驗室發展出的迴歸式，當實際應用到田間時，必須由作物對養分回收率之分析試驗再加以修正，以避免在田間因淋洗或揮失作用所造成的誤差。如此可以從實驗室中利用化學方法發展出基本的迴歸式，做為估算有機質可利用性養分潛力之指標，再依不同土壤條件、氣候環境及作物種類等實施田間試驗加以修正，以提高其適用性。

二、有機質礦化速率

(一)有機質化合物組成之影響

表二、不同有機化合物成分有不同的分解速率情形

Table 2. The decomposition rate of different organic compounds.

有機物 及化合物	CO 分解釋出率(%)				
	週				
	1	2	4	8	12
氨基乙酸	74	78	83	89	89
葡萄糖	75	82	84	86	87
氨基葡萄糖	76	82	84	86	87
氨基酸	66	75	82	88	89
醋酸	60	66	74	77	80
澱粉	48	65	72	78	81
蛋白質	49	62	70	76	78
燕麥桿	31	39	47	56	62
酚酸聚合物	3	3	4	5	5
腐質酸	<1	<1	<1	1	1

Source: Martin and Focht, (1977)

Martin和Focht⁽⁹⁾針對不同有機化合物組成的分解速率加以研究(表二),結果發現不同有機化合物其分解速率相差很大,諸如氨基乙酸、葡萄糖等化合物很容易被礦化分解,在一週之內其分解率可達70%以上,而後分解速率即較為緩慢,到第12週時分解率約近90%左右。顯示此種化合物大部分在短時間內即大部分被分解。其次如澱粉、氮白質等化合物在一週之內其分解率可達約48%,而後分解速率雖較為緩慢,但仍有相當量被分解,最後到第12週時分解率約近80%左右,顯示此種化合物在分解過程中之分解速率較為穩定。而如酚酸聚合物(phenolic polymer)、腐植酸(humic acid)等化合物則屬較不易被分解者,在12週分解過程中僅有少量會被分解。因此,有機質肥料中含有不同的化合物組成,即可能影響到有機質肥料施用到土壤中之分解速率。

Bitzer和Sims⁽¹⁾在對禽糞廢棄物等有機質的礦化速率之研究,曾針對其礦化分解釋出氮素之情形加以探討,發現依分解日期不同可分成三個部分,第一部分為有機質本身含有的無機氮部分,其次為快速分解部分,會在14日內分解釋出,第三部分在14-140日分解釋出則為緩慢分解部分。由於不同種類的有機質在不同分解時期之礦化分解量即不同,顯然有機質在分解過程中,呈現有不同分解速率之情形。在Gale和Gilmour⁽⁶⁾對多種禽糞廢棄物之礦化速率的研究中顯示,有機質的分解速率常數於25C時,可分成三段式,分別為 $0.041d^{-1}$ 、 $0.011d^{-1}$ 、 $0.006d^{-1}$ 等不同值。依此結果判斷,其分解速率應可分成快、中、慢等三種程度。由以上多位學者之研究顯示一個相同的結果,即有機質在分解過程中,呈現有多種不同分解速率之情形,這可能是因為有機質中含有不同的化合物組成所造成,一般可歸納有機質中所含的碳水化合物(carbohydrate-like)為最易分解部分,其次為纖維質成分(cellulose-like),木質素(lignin-like)為最不易分解部分。

(二)有機質礦化速率模式

有關有機質在土壤中的礦化速率模式,有許多研究報告試驗證明,由一階的反應程式

(single-term)來描述有機質肥料之礦化速率。即假設分解速率與有機質濃度成比例關係

$$dY/dt = -kY \text{-----(1)}$$

Y = 單位體積土壤中有機質指標濃度 t = 時間 K = 分解速率常數。

如進一步將程式(1)加以積分可導出程式(2)

$$\ln(Y_t/Y_i) = -kt \text{-----(2)}$$

Y_i = 有機質原先含量, Y_t = 有機質經t時間後殘留量, k = 分解速率常數

Collins等人⁽⁴⁾即以程式(2)來模擬小麥殘渣在土壤中短期30日之礦化情形, 先將小麥殘渣依葉片(L)、穀殼(CH)、葉鞘(LS)及莖部(ST)等不同部位分開, 再混合成數種組合, 分別求其分解速率常數, 結果發現不同殘渣部位組合有不同的分解速率常數(k值), 也就是有機質分解過程符合一階反應程式(single-term)之反應模式。將所求得不同殘渣部位組合之分解速率常數依大小加以統計分析, 經由顯著性測驗(P=0.05)可以分成四組。同一組中, 不僅分解速率常數大小相近, 其化合物成分含量也相似。如分解速率常數最大的小麥葉片部分, 其所含化合物成分以易分解的可溶性碳量(soluble C)最多。而分解速率常數最大的小麥莖部部分, 其所含化合物成分以不易分解的木質素(lignin)含量最多。亦證明有機質中化合物成分種類及其含量會影響有機質的礦化速率。若將實驗所得之分解速率常數做進一步分析(k₁, k₂), 發現同一種小麥殘渣部分的分解速率常數大都可分成k₁及k₂兩類(表三), 例如葉片部分的礦化速率常數在分解初期(k₁)及後期(K₂)分別為0.071d⁻¹及0.0066d⁻¹, 莖部之k₁及k₂分別為0.046d⁻¹及0.007d⁻¹, 可看出葉部之k₁及k₂值相差較大, 而莖部之值相差較小。於是有多階反應程式(multiple-term)的說法。這種多階反應的情形, 可以由小麥殘渣的有機化合物成分分析來印證, 如小麥葉片中含易分解的可溶碳量較高, 不易分解性木質素較少。而相對地, 小麥莖部分含木質素量較高, 可溶碳量較低。

表三、利用多階反應程式模擬有機質礦化之分解速率常數

Table 3. The constants of decomposition rate in organic mineralization simulated by multipleterm model.

小麥殘渣	K ₁	ssK ₁ ¹	K ₁ ²	K ₂	SK ₂ ¹	K ₂ ²
葉部(L)	0.071	0.002	(2)	0.0066	0.0003	(5.4)
穀殼(CH)	0.108	0.003	(1)	0.0060	0.0001	(5)
葉鞘(LS)	0.059	0.001	(3)	0.0087	0.0001	(3)
莖部(ST)	0.046	0.004	(4.5)	0.0070	0.0002	(4)
LS+ST	0.027	0.005	(5.6)	0.0115	0.0005	(2)
LS+ST+CH	0.039	0.003	(5)	0.0103	0.0002	(2)
LS+ST+L	0.050	0.001	(4)	0.0106	0.0001	(2)
LS+ST+CH+L	0.018	0.004	(6)	0.0148	0.0007	(1)

1 觀測值偏差的平方和

2 經統計分析(p=0.05)數字不同代表不同之族群

3 Source: Collins et al. (1990)

但Collins等人⁽⁴⁾認為在自然狀態下, 各種成分同時存在, 其分解狀況可能無法由各別成分之分解速率所能得到。由表四中混合有不同部位的小麥殘渣, 其分解速率常數k₁及k₂分別為0.018d⁻¹及0.0148d⁻¹, 兩者差異不太大, 所以他們認為小麥殘渣在土壤中短期分解過程仍以一階反應程式來描述較恰當。

結 論

綜合以上各學者之研究結果顯示，有機質肥料可利用性養分潛力之估算方法很多，最常用者為直接孵育法⁽³⁾。此方法為直接添加有機質於土壤中孵育，再定期採樣分析土壤中無機養分含量之變化，以估算養分的礦化量。由於一般無機養分(如磷)一旦釋出即容易被土壤固定，造成分析上之誤差，有些無機養分在土壤中不穩定易受土壤氧化還原電位變化左右或化學分析費時或敏感度不夠(如硫酸根)。由於二氧化碳的釋出與有機質分解有直接關係，可推知和其他養分之釋出有密切關係。因此可以利用分析有機質在土壤中分解釋出二氧化碳量，以估算有機質可利用性養分潛力⁽³⁾。惟此法未能判別有機質是否為礦化作用或固化作用，所以適用性仍有限。尤其必須耗費長時間的孵育期。因此，有許多學者研究尋求代替方法。由於有許多研究證明有機質中化合物成分的種類及含量，是影響有機質礦化潛能及礦化速率大小的主要因子之一^(3,4,5,6,9)。所以，可以利用化學分析方法萃取有機質中可供微生物礦化分解之化合物成分的種類及含量，作為估算有機質可利用性養分潛力的指標^(3,5,8)。化學分析指標法雖較為快速簡便，然而至今尚無一萃取法能滿足各種有機質肥料之評估，因此尚須進一步探討其準確性。經由實驗室發展出化學分析指標法的迴歸式，當應用到實際田間時，如果由作物對養分回收率之分析試驗再加以修正，可以避免在田間因淋洗或揮失作用所造成的誤差。

有許多研究報告試驗證明，由一階反應式 $dY/dt=-kY$ 能應用於估算有機質肥料的礦化速率^(4,6,6)。由於有機質中含有不同分解速率之化合物成分，所以用多階反應程式(multiple-term)來描述有機質分解過程可以符合有機質中含有不同化合物成分。但是在自然情況下，當有機質所含有的不同化合物同時被微生物分解，此時用一次反應式就足以描述其礦化分解過程⁽⁴⁾。所以如何把有機質各種組合成分分開測定其分解速率，或者在不同組合成分混合一起情況下，或者在某特定時期微生物僅以單一有機組成分為主要分解對象，只要由某一特定成分代表即可，仍有待深入探討。

因此，針對有機質中可礦化有機組成分發展適當化學分析指標法，並據以估算其可利用性養分潛力及礦化速率，是未來研究有機廢棄物處理的重要方向之一。

參考文獻

1. Bitzer, C. C. and J. T. Sims. 1988. Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. *J. Environ. Qual.* 17:47-54.
2. Chang, C. T. G. Sommerfeldt and T. Entz. 1991. Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.* 20:475-480.
3. Castellanos, J. Z. and P. F. Pratt. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:354-357.
4. Collins, H. P. L. F. Elliott, R. W. Rickman, D. F. Bezdicsek. and R. I. Papendick. 1990. Decomposition and interactions among wheat residue components. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:780-785.
5. Douglas, B. F. and F. R. Magdoff. 1991. An Evaluation of nitrogen mineralization indices for organic

- residues. *J. Environ. Qual.* 20:368-372.
6. Gale, P. M. and J. T. Gilmour. 1986. Carbon and nitrogen mineralization kinetics for poultry litter. *J. Environ. Qual.* 15:423-426.
 7. Jacobs, L. W. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop production. *ASPAC/FFTC Extension Bulletin No.* 313:1-29.
 8. King, L. D. 1984. Availability of nitrogen in municipal, industrial, and animal wastes. *J. Environ. Qual.* 13:609-612.
 9. Martin, J. P. and D. D. Focht. 1977. Biological properties of soil. In *Soils for management of organic wastes*. ed. by Elliott, L.F. et al. Madison, Wisconsin, USA. p.114-169.
 10. Nugroho, S. G. S. Yoshida, and S. Kuwatusuka. 1992. Concurrent observation of several processes of nitrogen metabolism in soil amended with organic materials. V. Effects of long-term application of farmyard manure and nitrogen fertilizer on N cycling processes in upland field soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 38(4):619-629.
 11. Nugroho, S. G. and S. Kuwatusuka. 1990. Concurrent observation of several processes of nitrogen metabolism in soil amended with organic materials. I. Effect of different organic materials on ammonification, nitrification, denitrification, and N fixation under aerobic and anaerobic conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.* 36(2):215-224.
 12. Piccolo, A. and J. S. C. Mbagwu. 1990. Effects of different organic waste amendments on soil microaggregates stability and molecular sizes of humic substances. *Plant and Soil.* 123:27-37.
 13. Sims, J. T. 1986. Nitrogen transformations in a poultry manure amended soil: Temperature and moisture effects. *J. Environ. Qual.* 15:59-63
 14. Smith, S. R. and P. Hadley. 1989. A comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizers: Their nitrate-N and ammonium-N release characteristics and effects on the growth response of lettuce (*Lactuca sativa* L.cv.Fortune). *Plant and Soil.* 115:135-144.
 15. Vigil, M. F. D. E. Kissel, and S. J. Smith. 1991. Field crop recovery and modeling of nitrogen mineralized from labeled sorghum residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1031-1037.
 16. White, R. H. 1979. Nutrient cycling. In *Introduction to the principles and practice of soil science*. Blackwell Scientific Publications Oxford London p.129-143.

The Evaluation of the Potential Available Nutrient and Mineralization Rate of Organic Fertilizers

Yi-Fong Tsai¹, Tzo-Chuan Juang² and Yu-Ming Huang²

1)Taichung District Agricultural Improvements Station

2)Dept of Soil Sci., National chung Hsien Unvi.

Abstract

The use of organic wastes as organic fertilizer resources to apply to farmland has been increasingly recognized as a feasible method in waste managements. In order to maintain the farmland in arable conditions and avoid the secondary pollution after long-term application of wastes, the element contents of wastes should be controlled under safety requirements. The most efficient way to use organic fertilizers was to know their PAN (potentially available nutrient) and manage their mineralization rates to meet the amounts of nutrients needed for crops. The purpose of this article was to review papers concerning the methods in estimating the rate of mineralization of organic fertilizers.

Incubation of organic fertilizers in soils was the most common method to estimate their PAN values, but its time-consuming character prompted the developing of chemical extracting methods for quick evaluation. The principle of chemical extracting method is to extract the part of organic fertilizers which is readily mineralized in a crop season after applied to fields. However, none of a single chemical extracting method was satisfied in the wide ranges of organic fertilizers. A good method should consider both in precision and practicality. It is necessary to modify a PAN value given from laboratory results to field situations.

Single-term models ($dY/dt = -kY$) have been verified in good performances in estimating the mineralization rate of organic fertilizers, although multiple-term models including other chemical and physical properties may estimate more precisely. The measurements of parameters used in multiple-term models some were quite complicated, so in practice, the most precise model was not necessary the best one.

Therefore the future efforts should concentrate on developing a chemical extracting method which can evaluate the value of PAN and its mineralization rate simultaneously.

Key words: Mineralization rate, Organic fertilizer