

第十一章 不同有機資材之分解與氮素礦化

林毓雯 王鍾和

行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

一、本省農民常用有機資材

目前本省農民使用在田間的有機資材種類，包括市售有機質肥料、作物殘株、綠肥、糞尿、自製的堆廐肥等。而根據肥料品目及規格表，把有機質肥料類分為大豆粕肥料、花生粕肥料、亞麻仁肥料、米糠粕肥料、雜項渣粕肥料、副產值物質肥料、乾燥菌體肥料、魚渣肥料、魚廢物加工肥料、肉渣肥料、肉骨粉肥料、生骨粉肥料、蒸製骨粉肥料、蒸製毛粉肥料、蒸製皮革粉肥料、副產動物質肥料、海鳥糞氮磷肥、禽畜糞加工肥料、禽畜糞堆肥、樹皮堆肥、混合有機質肥料、雜項有機質肥料、雜項有機液肥及垃圾堆肥等品目，因此施用到田間的有機資材種類之多可見一斑。

二、施用有機資材之作用

施用有機資材對土壤環境的影響，可分成土壤物理性、化學性及微生物三方面：

(一)改善土壤物理性

1. 增加及穩定土壤團粒，改善土壤構造，增進土壤通氣性，有助於根之穿透，使植物生長良好，且減少土壤沖蝕。
2. 有機資材分解後產生的腐植質，具有大的吸水表面積，可增加土壤保水力。

3. 腐植質使土壤顏色變暗，增進土壤吸收熱能，可增加土壤溫度。

(二) 改善土壤化學性

1. 有機資材中含有植物所需養分，如氮、磷、鉀、鈣、鎂等，分解後可供植物吸收，因此施用有機資材可增加土壤養分。
2. 分解物如有機酸等，可溶解被土壤礦物固定的無機營養元素，增加其有效性。
3. 有機資材及其分解產物可吸附養分陽離子，如鈣、鎂、鉀、銨等，提高土壤的保肥能力。
4. 含有植物生長的活性物質，如維他命及荷爾蒙等，可促進植物生長。

(三) 改變土壤微生物相

1. 含氮素較少的腐植質可增進土壤固氮菌的作用，增加土壤中的氮素。
2. 對土壤有益菌有增進時，可制衡有害菌的活動。

三、不同有機資材之分解與礦化

(一) 有機資材的分解及氮素礦化作用

有機資材添加到土壤中以後，由於其含有微生物所需的營養，因此成分會隨著微生物的活動而改變。微生物繁殖時需要從有機資材中取得的養分中，以碳素及氮素最為重要，除了用來合成微生物體之外，另一方面是供應新陳代謝所需的能量。一般微生物於繁殖個體及活動所需消耗的能量，是經由有機資材中的碳轉變為二氧化碳而來，而作為能源所需的碳約為個體繁殖的兩倍，亦即合成 1 公克的微生物體，需另外消耗 2 公克的碳作為能源，總共需要 3 公克有機資材的碳素。又以一般微生物體的碳氮比約為 10 來看，則合成 1 公克的微生物體，需要 0.1 公克的氮素。因此，有機資材的碳氮比大約需維持在 30 以下，則其所含氮素經過微生物分解後，才可充分供給微生物生長，如果碳

氮比大於 30 時，則微生物必須從環境中吸收氮素藉以合成體質（此即氮的同化作用），會造成施用初期土壤有效態氮素的下降。一般而言，當有機資材的碳氮比在 15 至 20 以下時，經微生物分解後，能有多餘的無機氮素釋出（氮的礦化作用），可供作物吸收。

（二）有機資材的成分

由於有機資材的種類繁多，因此成分差異很大（表一至表五）。以肥料成分中的氮素含量而言，依序為污泥、油粕類、禽畜糞及禽畜糞堆肥，作物殘株則一般含氮量較低；磷鉀含量則以禽畜糞及禽畜糞堆肥較高，其中尤以家禽糞尿含量最多，而作物殘體含量較低。若以有機資材乾物部分的組成而言，作物殘株含有較高的粗澱粉、纖維素、木質素等碳水化合物，禽畜糞及禽畜糞堆肥則含有較高的灰分（表一）。

表一、常見有機材料之成份

	全碳	全氮	C/N	灰份	粗澱粉	纖維素	木質素	粗蛋白
污泥	44.2	7.0	6.3	14.9	11.6	7.5	13.6	43.6
發酵牛糞	25.8	2.7	9.5	51.4	4.1	5.2	25.1	17.0
完熟堆肥	27.1	2.5	10.9	45.1	6.7	6.8	21.3	15.6
乾燥牛糞	30.9	2.0	15.5	39.8	10.9	15.9	17.3	12.4
中熟堆肥	31.4	2.0	16.1	37.7	7.9	13.4	25.4	12.2
樹皮堆肥	37.6	2.0	189.3	33.2	4.9	12.2	36.7	12.2
未熟堆肥	33.4	1.6	20.9	26.9	11.1	29.6	18.8	10.0
木屑堆肥	42.2	1.9	22.0	16.2	7.8	30.4	30.3	12.0
發酵製紙渣	31.0	1.1	28.5	43.3	4.2	15.7	24.2	6.8
水稻根	41.1	0.9	45.9	15.5	22.8	31.8	17.1	5.6
稻桿碎片	39.1	0.7	59.3					
稻桿粉末	39.1	0.7	60.2	12.8	25.0	37.0	11.2	4.1
稻谷殼	40.1	0.5	74.1	18.6	16.3	41.9	20.6	3.4
小麥桿	42.2	0.3	126	10.9	21.6	48.2	15.5	2.1
製紙渣	40.6	0.3	140	18.1	6.8	55.2	15.3	1.8
鋸木屑	50.4	0.2	242	1.3	10.9	48.2	30.5	1.3
試藥木質素	66.5	0.1	923					

（資料來源：洪，1995）

表二、家畜糞尿之成分

項目	水分%	有機質%	氮%	磷%	氧化鉀%
牛糞	83.5	14.6	0.27	0.15	0.05
馬糞	76.0	21.0	0.45	0.32	0.35
羊糞	65.0	30.5	0.60	0.45	0.25
豬糞	80.5	12.5	0.70	0.27	0.40
牛尿	93.5	3.2	0.60	痕跡	1.30
馬尿	89.5	6.9	1.50	痕跡	1.60
羊尿	86.5	7.5	1.90	痕跡	2.65
豬尿	98.7	1.0	0.25	0.10	0.75

(資料來源：盛，1956)

表三、家禽糞尿之成分

項目	水分%	有機質%	氮%	磷%	氧化鉀%
雞糞	56.0	25.5	1.63	1.54	0.85
鴨糞	56.0	26.3	1.00	1.40	0.62
鵝糞	73.0	13.4	0.55	0.54	0.94
鴿糞	51.0	30.8	1.76	1.78	1.00
蠶糞	60.0	30.0	1.44	0.25	1.10

(資料來源：盛，1956)

表四、各種油粕類肥料之成分

油粕	N %			P ₂ O ₅ %			K ₂ O%	粗脂肪%
	最多	最少	平均	最多	最少	平均	平均	平均
棉實粕	7.22	5.00	5.68	3.41	1.58	2.63	1.69	-
落花生粕	8.73	3.51	6.55	3.39	1.82	1.33	1.00	8.53
蓖麻子油粕	6.82	3.63	4.98	3.19	1.35	2.06	1.90	6.08
椰子油粕	7.95	2.23	3.14	2.26	0.64	1.33	1.99	11.27

表四 (續)

油粕	N %			P ₂ O ₅ %			K ₂ O%	粗脂肪%
	最多	最少	平均	最多	最少	平均	平均	平均
麻實油粕	5.61	3.74	4.59	3.20	1.51	2.58	1.10	11.07
茶實粕	-	-	1.64	-	-	2.03	0.39	-
芝麻粕	-	-	4.90	-	-	2.00	0.92	-
豆麻粕	-	-	5.10	-	-	1.87	1.55	10.29
桐實粕	-	-	2.60	-	-	0.94	-	-

(資料來源：盛，1956)

表五、堆肥原料之成分(%)

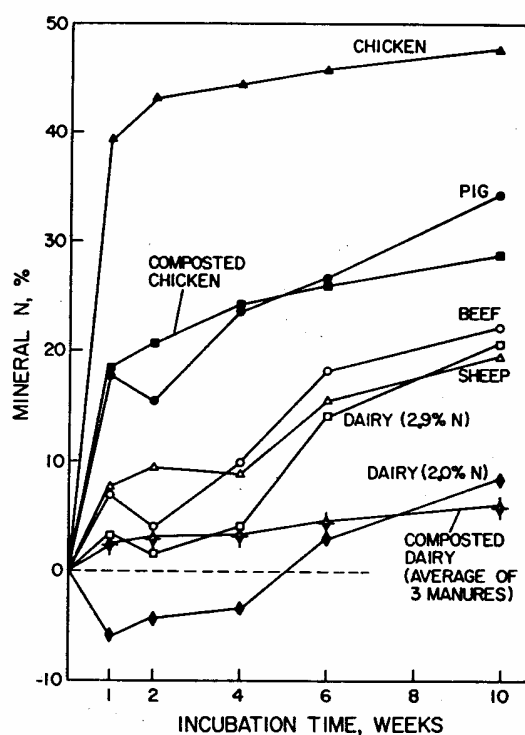
名稱	水分	有機物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	乾物質中 N
水稻桿	14.3	78.6	0.63	0.11	0.85	0.735
陸稻桿	14.3	77.9	0.97	0.11	0.85	1.132
大麥桿	14.3	81.2	0.64	0.19	1.07	0.747
小麥桿	14.3	81.1	0.48	0.22	0.63	0.560
玉蜀麥桿	15.0	80.5	0.48	0.38	1.64	0.565
大豆莖	14.0	82.8	1.31	0.31	0.50	1.523
菸草莖	18.0	75.5	2.46	0.92	2.82	3.000
甘藷莖(乾)	-	-	1.18	0.51	1.28	1.388
豌豆桿	16.0	77.7	1.04	0.35	0.99	1.238
蠶豆桿	16.0	79.5	1.63	0.29	1.94	1.940
茄子莖	20.8	71.4	2.24	0.57	3.16	2.929
野草(生)	70.0	28.0	0.54	0.15	0.46	1.800
落葉(闊葉樹)	14.0	81.0	1.00	0.22	0.29	1.163
海藻(風乾物)	15.0	72.8	1.64	0.42	1.70	1.930
蠶豆莢	15.0	79.5	1.68	0.27	3.55	1.976

(資料來源：盛，1956)

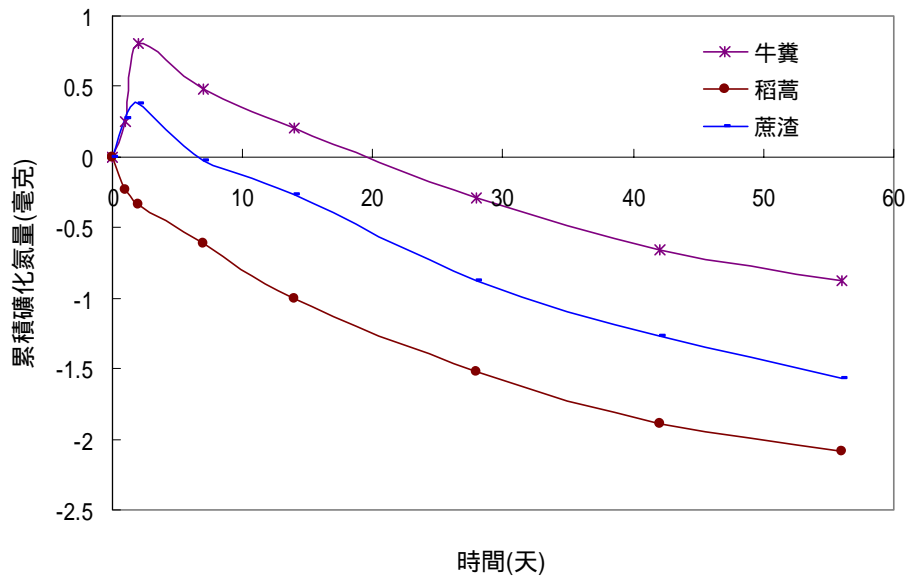
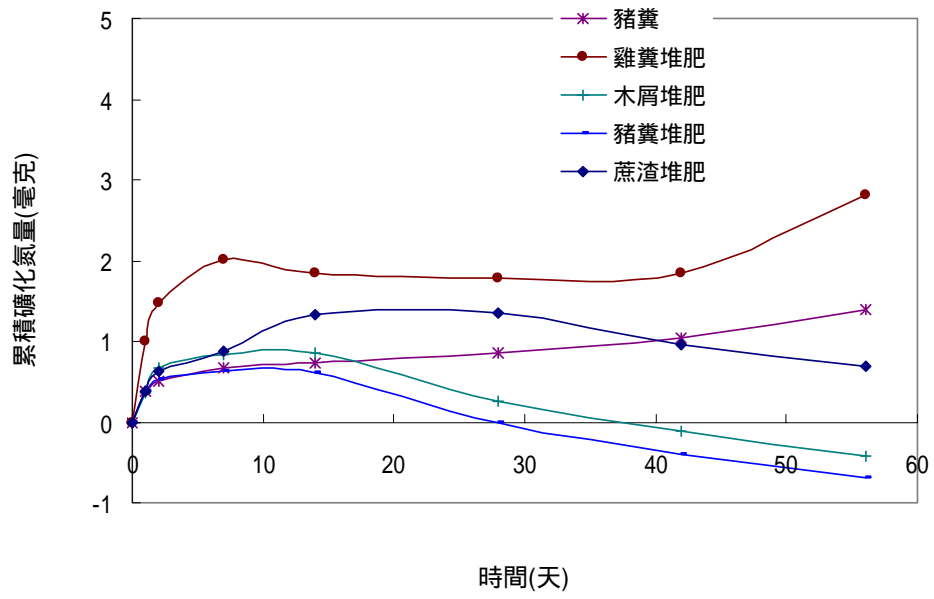
(三) 不同有機資材之氮素礦化特性

有機資材中氮素絕大多數為有機態，必須先經過微生物分解後釋出無機態氮素，才能供作物吸收利用，這種氮素由有機態轉為無機態的過程即稱為礦化作用。由於有機資材的肥效主要決定於氮素的供應量，因此，其氮素礦化特性與資材的施用技術有密切的關聯。

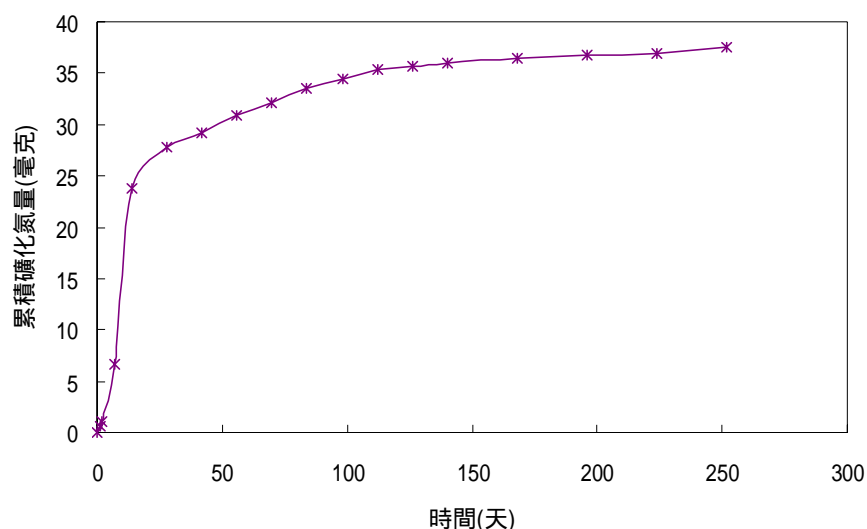
根據以往對有機資材氮素礦化特性的研究資料顯示，大部分的糞尿類及堆肥資材，會在施用初期不斷有無機氮素釋出，大約 1 到 2 週後達到高峰後，維持一段時間（長短因資材而異）無機氮素增加極少或甚至降低，之後會有第二波的氮素釋出，尤其以豬糞及雞糞兩種資材其氮素釋出可持續達 6 個月以上。另外，含纖維質高的有機資材如：稻草、木屑、蔗渣等，則自施用後皆呈現無機氮素減少的現象，表示這類資材不但不能供應作物氮素，還會用掉土壤中的氮。至於含氮量高的有機資材如：豆粕，施用初期會有一段微生物分解的遲滯效應，無機氮素釋出極少，這段時間大約維持 2、3 天，之後氮素就會大量放出，一直持續到 2 週後釋出量才漸漸減少，總計兩週氮素釋出量幾乎占 36 週釋出量的三分之二。



圖一、SanEmigdio 土壤添加不同資材後氮素礦化曲線
(資料來源：Castellanos and Pratt, 1981)



圖二、有機資材孵育 8 週之氮素礦化特性曲線



圖三、豆粕之氮素礦化特性曲線

(四) 影響有機資材氮素礦化特性之因子

有機資材的分解會受許多因子的影響，包括資材本身的成分及其他環境因子如：溫度、水分、空氣、無機養分等。一般來說，在自然環境下，溫度越高分解越快；而水分是微生物生長所需的，但水分太多通常會造成通氣不良，影響好氣微生物分解有機物，因此需要有適當的水分；其次除了有機碳源外，微生物生長也需要其他無機養分，因此土壤中無機養分含量高也會加快分解速率，其中又以氮素最為重要。

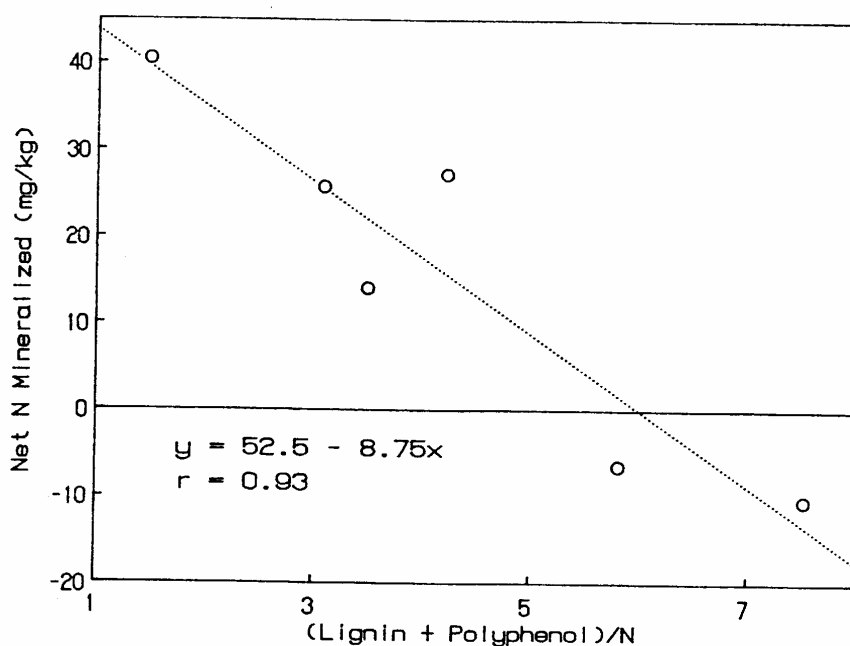
針對不同資材氮素的礦化特性，學者已經進行許多研究，結果顯示與資材的種類有關。糞尿類肥料中以新鮮糞尿比堆肥化過的易於礦化^{1,5,8}，家畜糞中則以雞糞的礦化最快，其次依序為豬糞、肉牛糞、綿羊糞、乳牛糞⁵。至於作物殘株的礦化方面，

一般豆科作物無機態氮的釋出比非豆科作物快^{7,12}，添加非豆科植物殘體會造成初期無機氮素的下降，豆科作物則增加氮素的礦化，礦化速率依序為三葉草 > 花生 > 大豆 > 燕麥 > 高粱 > 小麥 > 玉米¹²。也有

研究顯示氮素礦化速率為雞糞 > 堆肥 > 稻麥桿及木屑¹。

若對資材的成分加以分析，可發現氮素礦化特性與資材本身的組成分有相當大的關聯。由於微生物需要從資材中獲取碳及氮源以合成體質，且其體質本身的碳及氮有一定比例，因此資材的氮素含量及碳氮比，常左右資材分解過程可否有多餘的氮素釋出^{1,7,8,11}，一般氮素越高及碳氮比越低者氮素越易礦化。

除了資材中的氮素含量之外，許多的研究也顯示氮素礦化與有機資材中含氮化合物的組成有很大的相關，資材中較難分解的含氮化合物量越高，則礦化速率越慢。有相當多的研究結果指出，資材中的木質素及多酚類化合物的含量，是很重要的影響成分^{4,6,9,10,13,14}，有一部分學者發現氮素的礦化（或資材的分解）和木質素含量成反比⁴，也有發現和木質素和氮的比值(lignin/N)成反比^{10,13}、和木質素加多酚與氮的比值((lignin+polyphenol)/N)成反比^{6,9}。另外，其他較難分解的成分如蠟類、纖維素、半纖維素等，也會降低資材中氮素的礦化。



圖四、添加豆科作物 6 週後植體木質素加多酚與氮的比值對淨氮素礦化量之直線迴歸（資料來源：Fox *et al.*, 1990）

(四) 有機資材的選用

農民施用有機資材的目的各不相同，有為了增進土壤肥力，也有為了改善土壤物理性、生物性等，因此，有必要對不同有機資材的成分及分解礦化特性加以了解，以作為選用有機資材之參考。一般可以資材的碳氮比作為選擇參考。若為提供氮素者，需選碳氮比在 20 以下的資材，農民可以肥料袋上的全氮及有機質含量自行計算，計算方法為將有機質含量除以 2 之後，再除以全氮含量，即可得到粗估的碳氮比。例如：以有機質含量 60%、全氮量 1.5% 的資材而言，其碳氮比約為 $60 \div 2 \div 1.5$ ，大約為 20 左右。

此以，亦可以一般資材特性作為選擇依據。大體而言，若為了增加土壤肥力，則應選用含肥料成分高者，如：乾燥禽畜糞、禽畜糞堆肥、綠肥、油粕等易分解的資材；若是為了改善土壤通氣、排水等物理性，則應選用含肥分少、疏鬆的資材，如：蔗渣、泥炭、樹皮堆肥等；如果是為了改善土壤的微生物相，則可視需求選用各種添加微生物菌體的有機資材，諸如添加固氮菌、溶磷菌、菌根菌等有機資材。

四、參考文獻

1. 前田乾一 志賀一一。 1978。 水田 件下 各種有機物資材 分解經過。 日本土壤肥料學雜誌。 49(6):455-460。
2. 洪崑煌。 1995。 有機物對作物生產的功能。 有機質肥料合理施用技術研討會專刊。 84年5月11-12日，台灣，台中。 pp.59-71。
3. 盛澄淵。 1956。 肥料學。 國立編譯館。 台北。 pp.99-144。
4. Allison, F. E. (ed.). 1973. Soil organic matter and its role in crop product. Dev. Soil Sci. 3. Elsevier, Amsterdam.
5. Castellanos, J. Z. and P. F. Pratt. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:354-357.
6. Clement, A., J. K. Ladha, and F. P. Chalifour. 1995. Crop residue effects on nitrogen mineralization, microbial

- biomass, and rice yield in submerged soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59(6):1595-1603.
7. Constantinides, M. and J. H. Fownes. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin, and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biol. Biochemistry.* 26(1):49-55.
 8. Douglas, B. F. and F. R. Magdoff. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization indices for organic residues. *J. Environ. Qual.* 20:368-372.
 9. Fox, R. H., R. J. K. Myers, and I. Vallis. 1990. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. *Plant and Soil.* 129:251-259.
 10. Jerry, M. M., D. A. John, and F. M. John. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology.* 63(3):621-626.
 11. Norman, R. J., J. T. Gilmour, and B. R. Wells. 1990. Mineralization of nitrogen from nitrogen-15 labeled crop residues and utilization by rice. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54(5):1351-1356.
 12. Smith, S. J. and A. N. Sharpley. 1990. Soil nitrogen mineralization in the presence of surface and incorporated crop residues. *Agron. J.* 82(1):112-116.
 13. Stump, L. M. and D. Binkley. 1993. Relationships between litter quality and nitrogen availability in Rocky Mountain forests. *Can. J. Forest Res.* 23(3):492-502.
 14. Vallis, I. and R. J. Jones. Net mineralization of nitrogen in leaves and leaf litter of *Desmodium intortum* and *Phaseolus atropurpureus* mixed with soil. *Soil Biol. Biochemistry.* 5:391-398.

