

# 粘土矿物对蛋白质氮矿化的影响

沈其荣 史瑞和  
(南京农业大学土化系)

## 摘 要

本试验以粘粒(蒙脱)和蛋白质(明胶)为基本材料,较详细地研究了粘土矿物对蛋白质氮矿化的影响。指出:1.蛋白质与粘粒所处的状态不同,能导致蛋白质氮分解率的不同,其中复合物中的蛋白质氮分解率小于混合物,而后者又小于纯蛋白质氮;2.对于复合物或混合物来说,蛋白质在其中的比例越大其分解率就越大,而纯蛋白质氮则相反;3.蛋白质-粘粒中的氮或纯蛋白质氮在土壤中的分解率小于在石英砂基质上的分解率,即土壤具有保护蛋白质氮免遭微生物分解的作用,不同土壤的这种保护作用不一样,主要是由于不同土壤粘土矿物的不同所致。

表土的总氮中有 90% 以上是呈有机态的,有机氮在土壤中是比较稳定的,其矿化为无机氮是一个缓慢而长期的过程,这是因为土壤有机碳或氮中有 50—90% 是与土壤中的无机物质联在一起而形成复合体的<sup>[1]</sup>,这种复合体使得土壤中的有机物质免遭土壤微生物的迅速分解。不同的土壤间由于土壤矿物种类及粘粒含量的不同,使得虽然是同一种有机物质但其有效性却有差异,因此了解氮的有效性不仅要研究其在土壤中的化学形态,而且还要搞清楚这些有机物质在土壤中所处的状态。

长期以来,科学工作者们对粘土矿物吸附蛋白质的现象作了较多的研究<sup>[1,4,6,7,9]</sup>。纵观这些试验主要研究了:粘粒吸附蛋白质的机理;粘粒对不同蛋白质的吸附量;粘粒吸附蛋白质后晶层间距离的变化;外界因子如电解质浓度、pH 等对粘粒吸附蛋白质的影响。而对蛋白质被粘粒吸附后其受微生物分解程度的研究显得很少,国内熊毅对粘粒与有机物质的相互作用也作了综合性论述<sup>[2]</sup>,但较少涉及有机物质一但与粘粒结合后的有效性问题。本试验从这一点出发,较详细地研究了粘粒(蒙脱)对蛋白质(明胶)氮的矿化的影响,以说明粘土矿物在土壤氮素保持中的作用。

## 一、材料与方 法

选取明胶和蒙脱为两种基本试验材料,处理设纯明胶、明胶加蒙脱的混合物、明胶与蒙脱制成复合物三种,在每一种处理中按明胶的不同含量又分五个水平(见表 1)。

明胶与蒙脱混合物的制取:称取一定量的明胶和蒙脱充分混匀后待用。

明胶与蒙脱复合物的制取<sup>[1]</sup>:称取一定量的明胶和蒙脱,分别配成水溶液,用稀 NaOH 调至 pH 为 10,然后混和,振荡 10 小时,在此 pH 下,蒙脱与明胶均带负电,因此同质液容易得到,然后用 10% 的 HCl 将溶液 pH 调至 2.5,改变蛋白质的电荷,在此情况下,带负电的蒙脱将与带正电的蛋白质相吸引,悬液再振荡 10 小时,复合物过滤,干燥待用。

将纯明胶、明胶与蒙脱的混合物和复合物分别按表 1 与适当的添加剂混匀后, 装入  $\phi 30 \times 150 \text{mm}$  的硬质试管中, 用橡皮塞塞紧, 在  $30^\circ\text{C}$  恒温下好气培养 4 周。由于石英砂培养基对体系中 pH 的缓冲作用较小, 培养过程中会使 pH 上升, 因此在这些试管中悬吊一只盛有 2% 硼酸的小瓶以吸收可能挥发的氨。培养过程中每 2 天换气一次, 培养结束后, 向管中加 40 毫升  $2 \text{mol KCl}$ , 振荡 1 小时, 过滤, 吸取滤液 20 毫升, 加代氏合金蒸馏测定无机氮, 重复 2 次。

表 1 处理一览表\*

Table 1 Treatments

明胶含量 (%) Gelatin content	培养基质 Incubation Medium (克)	无氮营养液 N-free nutrient solution (ml)	附加物 Additament (ml)
10.19	石英砂 10	1	黄筋泥土液 1
14.97	同上	1	同上
20.04	同上	1	同上
30.03	同上	1	同上
60.02	同上	1	同上
10.19	黄筋泥土壤 10	1	蒸馏水 2.7
14.97	同上	1	同上
20.04	同上	1	同上
30.03	同上	1	同上
60.02	同上	1	同上
10.19	石英砂 10	1	砂姜黑土液 1
14.97	同上	1	同上
20.04	同上	1	同上
30.03	同上	1	同上
60.02	同上	1	同上
10.19	砂姜黑土 10	1	蒸馏水 2.8
14.97	同上	1	同上
20.04	同上	1	同上
30.03	同上	1	同上
60.02	同上	1	同上

\*: 1. 所有培养基质中均加阴、阳离子树脂各 5 克。

2. 明胶含氮量 15.82%。

3. 每一处理所加的水是按其基质水分特征曲线在同一吸水力(巴)下计算所需加的水份。

## 二、结果与讨论

### (一) 蒙脱与明胶的不同处理方法对明胶氮矿化的影响

有机质一旦进入土壤后可能经历着从纯有机物质状态变化至与土壤混合的状态, 继而与土壤粘粒形成复合物, 尤其是在土壤耕作频繁的情况下, 有机物质大部分与无机粘粒形成复合物, 处于这三种状态的有机物质受微生物的分解程度是不一样的。

表 2 显示了明胶与蒙脱的复合物、混合物及纯明胶在石英砂培养基上的明胶氮矿化率。从表可知, 在培养 4 周后纯明胶氮中有 92.45% 被土壤微生物分解了, 这说明蛋白质如果不和无机粘粒结合在一起, 其在土壤中生存的时间是很短的, 大约只要一个月的时

表 2 不同状态下明胶氮的矿化率\*

Table 2 The mineralization percentage of gelatin-N in different states

状 态 State	明胶量 (g) Gelatin amount	蒙脱量 (g) Montmorillonite amount	矿化率 (%) Mineralization
纯 明 胶	0.0227	0	92.45
明胶与蒙脱的混合物	0.0227	0.2000	60.43
明胶与蒙脱的复合物	0.0227	0.2000	14.48

\*: 接种液为黄筋泥土液。

间土壤微生物就可以基本上全部把它分解掉。但是,蛋白质一旦与粘粒所接触,其分解率就会明显下降,存在于复合物中的明胶氮在培养 4 周后分解率只有 14.48%,这说明绝大部分的明胶与蒙脱形成了复合体而免遭了土壤微生物的分解,即使只是混合,粘粒降低明胶氮的分解率还是相当明显的,混合物中的明胶氮分解率是纯明胶氮分解率的 65.37%,这种降低作用除了被分解的明胶被蒙脱保护之外,蛋白质水解酶被蒙脱的失活作用也不能忽视<sup>(3)</sup>。然而,复合物中的蒙脱降低明胶氮的分解作用远比混合物大(见表 3)。从表可知,在低量明胶时复合物中明胶氮的分解率只有混合物中明胶氮分解率的 20% 左右,这种差异主要是因为复合物中的明胶已经进入蒙脱晶层间,而混合物中的明胶尚未达到这种程度。在高量明胶时,混合物中明胶氮分解不比复合物中的明胶氮分解大多少,其原因见后述。

表 3 复合物和混合物中明胶氮的分解比率\*

Table 3 The mineralization ratio of gelatin-N in the complex to that in the mixture

明胶含量(%) Gelatin content	10.19	14.97	20.04	30.03	60.02
分解比率 Ratio	23.95	29.94	80.16	92.99	95.16

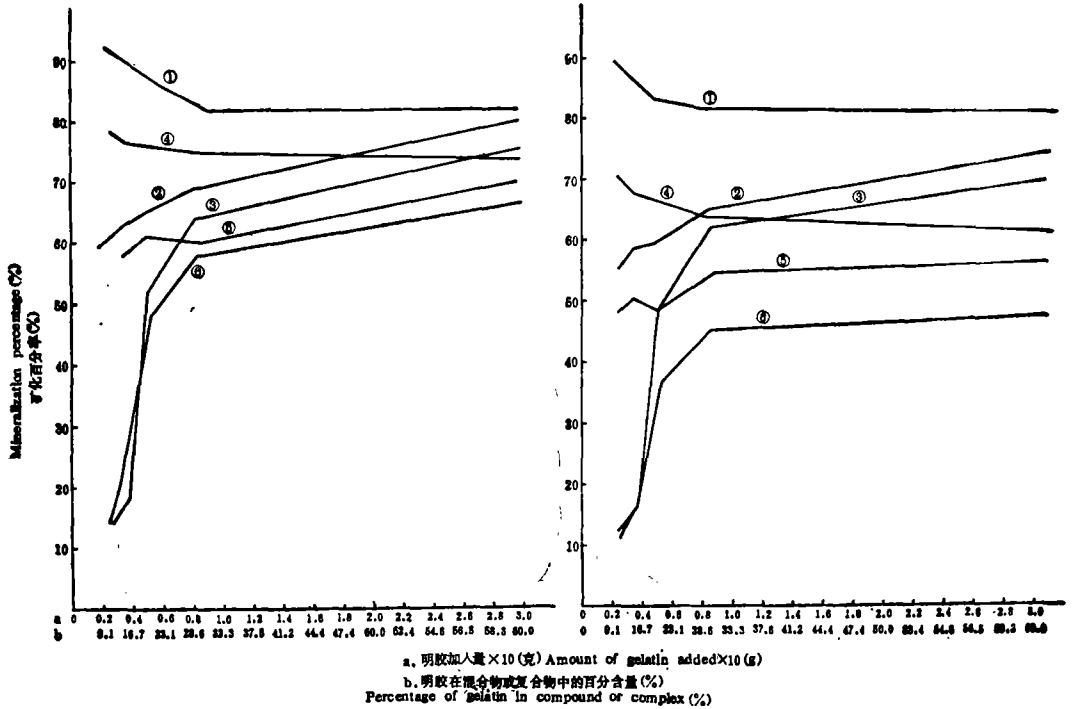
\*: 分解比率 =  $\frac{\text{复合物中明胶氮的分解率}}{\text{混合物中明胶氮的分解率}} \times 100\%$

由此可见,蛋白质在土壤中的维持时间取决于它与无机粘粒所结合的状态,不仅如此,就是处于同一状态的蛋白质由于其量的不同也会导致它的分解率不同。

### (二) 不同的 G/M (明胶/蒙脱)对明胶氮的矿化的影响

前面已提及,不同的明胶添加量对明胶氮的矿化率有着较大的影响。5 个不同水平的明胶添加量对明胶氮矿化率的影响随其不同的处理状态而异(见图 1)。总的来说,纯明胶的氮矿化率最大,复合物中明胶氮的矿化率最小,混合物居中。

纯明胶氮的矿化率随明胶量的增加而稍有减少,这可能是因为在纯明胶中低量的明胶分解产物不致引起影响微生物的活力,因而分解率较高,而随着明胶量的增加,微生物分解的产物就越多,体系中这种分解产物的累积可能对微生物继续分解蛋白质产生负反馈,因而随着明胶量的增加其分解率就稍有减小,但减小的速率没有象复合物中增加的速率那么大。



- |              |                   |              |                    |
|--------------|-------------------|--------------|--------------------|
| (1) 纯明胶氮     | } 在石英砂基质、<br>黄筋泥接 | (1) 纯明胶氮     | } 在石英砂基质、<br>砂姜黑土接 |
| (2) 混合物中的明胶氮 |                   | (2) 混合物中的明胶氮 |                    |
| (3) 复合物中的明胶氮 | } 种液上的矿化率         | (3) 复合物中的明胶氮 | } 种液上的矿化率          |
| (4) 纯明胶氮     |                   | (4) 纯明胶氮     |                    |
| (5) 混合物中的明胶氮 | } 在黄筋泥土<br>壤上的矿化  | (5) 混合物中的明胶氮 | } 在砂姜黑土上<br>的矿化率   |
| (6) 复合物中的明胶氮 |                   | (6) 复合物中的明胶氮 |                    |

图1 不同明胶氮状态在不同培养基质上的矿化率

Fig. 1 The mineralization percentage of gelatin-N on different incubation mediums in different states

与纯明胶处理不同,复合物中的明胶氮分解率随明胶量的增加而增大。明胶在复合物中的百分率为15%以下时,其明胶氮的分解率很小( $<20\%$ ),而明胶在复合物中的百分率一旦超过15%,其明胶氮的分解率就急剧上升,直至30%以后才开始缓和下来,这一现象说明在低量( $<15\%$ )明胶时,所加入的明胶绝大部分进入蒙脱的晶层间而受到保护。Talibudeen<sup>[10]</sup>发现一层明胶与蒙脱的复合物厚度为 $4.8\text{ \AA}$ ,而总空间为 $14.2\text{ \AA}$ ,Pinck等<sup>[8]</sup>发现当复合物中明胶含量为10.6%时,其C-空间为 $15.0\text{ \AA}$ ,结合二者的结果,可以得出复合物中明胶含量为10%左右时,明胶以一层堆积在蒙脱晶层间,而当晶层间有二层或二层以上的明胶堆积起来时,这些明胶大多数就会遭到微生物的分解<sup>[8]</sup>。本试验表明明胶含量从14.97%变化到20.04%时,其分解率从19.03%突跃至52.48%,由此看来,本试验的复合物中明胶含量为15%左右是一个突跃点,即复合物中如果明胶含量为15%,则蒙脱晶层基本上被一层明胶所饱和,再增加明胶含量,粘粒对这些明胶就没有多少保护作用,从而明胶量的增加导致其分解率也增加。

与复合物一样,混合物中的明胶氮分解率随明胶量的增加也是增加的,但是,它没有

一个突跃点,基本上是一个渐变过程,这是因为混合物中的明胶尚未完全进入蒙脱晶层间。但是低量明胶时粘粒降低明胶氮的分解作用大于高量明胶,这一点比较类似于复合物中明胶的行为。

诚然,明胶在复合物或混合物中的百分率为 60.02% 时,三种处理状态的明胶氮分解率极为相近,约在 80%,这说明在高量的明胶处理时,明胶氮的分解率主要受着其它因子的影响,而处理状态的作用显得不明显了。

### (三) 土壤对纯明胶、混合物和复合物中明胶氮矿化的影响

土壤对蛋白质氮矿化的影响主要体现在两个方面:一是土壤肥力;二是土壤中的无机粘粒。土壤肥力越高,蛋白酶活性就越强,蛋白质的分解就越快;土壤中的无机粘粒(膨胀性矿物)越多,对蛋白质的分解降低作用越大(见图 1)。

1. 不同土壤接种液对明胶氮矿化的影响 表 4 列出了明胶氮在黄筋泥和砂姜黑土二种接种液下的分解率,黄筋泥的肥力远高于砂姜黑土,因此三种状态的明胶氮分解率都是大于砂姜黑土接种液下的分解率,但是差值不大,看来肥力对所添加有机物质的分解之影响还未达到能使有机物质在不同肥力上累积方面的显著差异性。

表 4 明胶氮在不同土壤接种液下的分解率\*(%)

Table 4 The mineralization percentage of gelatin-N in different soil inoculation solutions

状 态 State	黄筋泥接种液(A) Inoculation solution of HJN soil	砂姜黑土接种液(B) Inoculation solution of SJHT soil	F = A-B
纯 明 胶	90.66	87.61	3.05
混 合 物	63.56	59.43	4.13
复 合 物	19.03	16.34	2.69

\*: 明胶含量为 14.97%。

表 5 明胶氮在不同土壤上的分解率\*(%)

Table 5 The mineralization percentage of gelatin-N in different soils (%)

状 态 State	黄筋泥(C) HJN soil	砂姜黑土(D) SJHT soil	E = C-D	G = E-F
纯 明 胶	77.20	68.58	8.62	5.57
混 合 物	58.71	51.17	7.54	3.41
复 合 物	21.19	16.70	4.49	1.80

\*: 明胶含量为 14.97%。

2. 土壤对明胶氮矿化的影响 不同土壤对明胶氮的分解率的影响依明胶处理状态不同而异,其中不同土壤对纯明胶氮的分解率差异影响最大(见表 5)。二个土壤之差为 8.62,扣除表 4 中的肥力因子的影响后其差值为 5.57,这个差值完全是由于砂姜黑土中 2:1 型膨胀型矿物较多所致。而对于复合物来说,砂姜黑土中的矿物的这种影响就很小,差值为 1.80,这是因为如前所述,当复合物中的明胶含量小于 15% 时,复合物中所有的明

胶以一层进入蒙脱晶层间,而再有其它矿物存在对这些明胶的分解也没有很大的影响。

从图 1 我们可以清楚地看出,明胶氮在石英砂基质上的分解率都大于在土壤上的分解率,这种差异性在砂姜黑土上显得更大,这一现象也说明了土壤对蛋白质有吸持作用,这种作用对有机物质在土壤中的存在时间有较大影响。无疑,研究土壤氮素肥力需同时考虑有机物质和无机粘粒及其它们的相互作用。

### 参 考 文 献

- [1] 蒋剑敏、赵家焯,1964: 土壤胶体对蛋白质的吸附。土壤学报,第 12 卷 4 期,411—420 页。
- [2] 熊毅,1974a—1975b: 土壤有机无机复合 1—VI, 土壤农化参考资料。
- [3] 熊毅等著,1983: 土壤胶体,第一册, p351, 科学出版社。
- [4] Armstrong, D. E. and Chesters, G., 1964: Properties of proteinbentonite complexes as influenced by equilibration condition. *Soil Sci.*, 98: 39—52.
- [5] Ensminger, L. E. and Gieseking, J. E., 1941: The adsorption of proteins by montmorillonite clays and its effect on base exchange capacity. *Soil Sci.*, 51: 125—132.
- [6] Greaves, M. P. and Wilson, M. J., 1973: Effect of soil microorganisms on montmorillonite-adenine complexes. *Soil Biol. Biochem.*, 5: 275—276.
- [7] Mukherjee, H., 1954: Adsorption of proteins by montmorillonite. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 2: 49—53.
- [8] Pinck, L. A., Dyal, R. S. and Allison, F. E., 1954: Proteinmontmorillonite complexes, their preparation composition. *Soil Sci.*, 78: 109—118.
- [9] Sorensen, L. H., 1975: The influence of clay on the rate of decay of amino acid metabolites synthesized in soils during decomposition of cellulose. *Soil Biol. Biochem.* 7: 171—177.
- [10] Talibudeen, O., 1950: Interlamellar adsorption of protein monolayers on pure monemorillonoid clays. *Nature*, 166—236.

## EFFECT OF CLAY MINERALS ON MINERALIZATION OF NITROGEN IN PROTEIN

Shen Qirong and Shi Ruihe

(Nanjing Agricultural University)

### Summary

This paper deals with the effect of clay mineral (montmorillonite) on the mineralization of nitrogen in proprotein (gelation). The results obtained showed that (1) different states in which protein and clay mineral remained could lead to different mineralization percentages of nitrogen in protein in the order: complex < mixture < pure protein; (2) the more the protein-nitrogen in complex or mixture, the more the nitrogen mineralization, but the reverse was true for pure protein; (3) the mineralization percentage of nitrogen in protein was less in soil medium than in quartz sand medium no matter what state it existed, showing that soil might protect protein nitrogen from degradation by microorganisms, and this protection varied with different soils owing to the different clay minerals in different soils.