

有机物料在维持土壤微生物体氮库中的作用

李世清, 李生秀

(西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨陵 712100)

摘要: 采用室内和田间培养试验, 研究了有机物料矿化过程中土壤微生物体氮的变化。测定结果表明, 有机物料对矿化过程和微生物体氮的影响, 既与有机物料本身性质和组成有关, 也与土壤肥力水平和施氮与否有关。加入 C/N 比高的有机物料后, 微生物对矿质氮的净固定持续时间长, 而加入 C/N 比小的则固定时间短; 高肥力土壤上的固定时间比低肥力土壤短。不同有机物料对土壤微生物体氮的影响不同。从加入绿豆茎叶、小麦茎叶、未腐解马粪、腐熟马粪、腐熟猪粪到厩肥, 土壤微生物体氮依次减小, 提供的有效能源物质丰富(如绿豆茎叶)或 C/N 比较高(如小麦茎叶)时影响效果突出。土壤肥力不同, 有机物料对微生物体的影响效果不同, 在低肥力土壤上的效果突出, 约为高肥力土壤的 4 倍。因此, 在评价有机物料对土壤微生物体氮的影响时, 既考虑有机物料的性质和组成, 也考虑土壤肥力水平、矿质氮含量和培养时期。

关键词: 有机物料; 矿化过程; 土壤微生物体氮

Effects of organic materials on maintaining soil microbial biomass nitrogen

LI Shi-Qing, LI Sheng-Xiu (Department of Resources and Environment Sciences, Northwestern Agricultural University, Shaanxi, Yangling 712100, China)

Abstract: The incubation experiments conducted in laboratory and fields showed that the effects of mineralization processes of organic materials on soil microbial biomass nitrogen were closely related to the properties and constitution of organic materials and relied on the soil fertility and nitrogen application. Adding organic material with high C/N ratio, the net fixation of fertilizer nitrogen by microorganisms maintained a longer period, on the contrary the period was shorter. The fixation period in soil with high fertility was shorter than in those with low fertility. Different organic materials had different impacts on soil microbial biomass nitrogen. The soil microbial biomass nitrogen decreased in sequence from adding mung bean straw, wheat straw, non-decayed excrements of horse, excrements of sheep, decayed excrements of horse, decayed excrements of pig to manure. The organic material with rich available energy substance (e. g. mung bean straw) or with higher C/N ratio (e. g. wheat straw) had greater impacts on soil microbial biomass nitrogen than other organic materials. In low fertility soils, the effects of organic materials on soil microbial biomass nitrogen was rather apparent, about 4 times of high fertility soil. Thereby, it's essential for considering the properties and constitution of organic materials, soil fertility and mineral nitrogen content, and incubation time to estimating the effects of organic materials on soil microbial biomass nitrogen.

Key words: organic material; mineralization process; soil microbial biomass nitrogen

文章编号: 1000-0933(2001)01-0136-07 中图分类号: S154.36, S158.3 文献标识码: A

有机物料(包括作物残体和有机肥)施入土壤后, 由于增加了能源物质, 矿质氮会被微生物固定^[1], 土壤微生物体氮相应增加^[2,3]。大量培养试验表明, 不同有机物料对微生物体氮的影响不同^[3], 但一般认为,

基金项目: 国家自然科学基金(39470409, 49890330, 39770425 和 39970151)资助项目

收稿日期: 1999-11-22 修回日期: 2000-02-28

作者简介: 李世清(1963~), 男, 甘肃泰安人, 博士, 副教授。主要从事氮素在旱地土壤-植物系统中的循环特征研究。

有机物料含氮量^[4,5]、C/N 比^[5,6]和碳源的有效性^[7]是决定微生物体氮增加量的关键因子。有机物料对土壤微生物体氮的影响,是土壤中氮素矿化—固定转化作用的综合映,因此,进行这一领域的研究在氮素管理上无疑有着重要意义。但迄今为止,绝大多数研究者仅限于室内培养试验,以比较不同有机物料对微生物体的影响,而没有把田间试验和室内培养试验相结合,更没有把土壤肥力状况,特别是供氮状况和有机物料相结合研究有机物料对土壤微生物体氮的影响,本文根据试验结果,对此加以论述。

1 材料和方法

1.1 土壤和有机物料

本研究共采用 4 种土壤(表 1),分别采集于陕西杨陵和永寿。土样采回后过 3 mm 筛孔,部分土样风干,用以测定基本性质,其余鲜土在 4℃ 冰箱中保存,以用作培养试验;选用 7 种有机物料(表 1),在 65℃ 下烘干,粉碎过 0.25 mm 筛孔后,装入广口瓶内,备用。

1.2 室内培养试验 (两次进行,简称培试 1 和培试 2)

1.2.1 培试 1 主要研究不同肥力土壤中有有机物料对土壤微生物体氮的影响。供试土壤为 2 种不同肥力的红油土和 1 种黑垆土。有机物料用 65℃ 下烘干、粉碎(下同)后的绿豆茎叶、小麦茎叶和未腐解马粪(表 1)。每种土壤设不加有机物料(对照),和每克土分别加入 8 mg(干重,下同)的绿豆茎叶、小麦茎叶及未腐解马粪 4 个处理,3 次重复。每种土样称取与 15.00 g 烘干土相当的鲜土 12 份。土样称好后,分别与有机物料和石英砂(15.00 g,粒轻 1~2mm)混匀,滴加蒸馏水,土壤含水量约达 22%~23%后,轻轻研磨使其形成良好结构后,全部转移到 60 ml 淋洗管中(淋洗管下部垫有石棉丝~10 g 石英砂~石棉丝)。装好土壤后,在其表面平铺少许石棉丝和 10 g 石英砂,即完成装管工作。随后,采用 Stanford & Smith^[8]的间歇淋洗通气培养法,分别在 0d、3d、7d、14d、21d、28d、42d、56d、70d、91d 和 112d,用 0.01 mol/L CaCl₂ 和无氮营养液进行淋洗,测定淋洗液中的矿质氮。最后一次淋洗后,从淋洗管中取出土壤,风干约至土壤含水量为 15%时,过 1 mm 筛孔。过筛后的一部分土样测定土壤含水量,另一部分测定土壤微生物体氮。

1.2.2 培试 2 目的在于研究培养条件下,不同有机物料对土壤微生物体氮的影响。土壤用红油土,有机物料用绿豆茎叶、小麦茎叶、未腐解马粪、腐解马粪、腐解猪粪、羊粪和厩肥,并以不施及仅施氮肥 2 个处理为对照。有机物料分别在施氮(每克土施 75 μgN,氮肥用硫酸铵)和不施氮的基础上加入(每克土加有机物料 8 mg),共 16 个处理。称取 16 份鲜土(含水量为 12.55%),每份重 281.38 g(相当于 250.00 g 烘干土)。土样称好后,分别与有机物料混匀,再加入(NH₄)₂SO₄ 溶液或蒸馏水(不施氮处理)。之后,以蒸馏水调整土壤含水量至 22.55%,充分拌匀,过 3 mm 筛孔,装入 250 ml 广口瓶。广口瓶用有微孔的塑料膜封闭,在 25±1℃ 培养箱中培养。培养期间损失的水分及时补充。分别在 14d、28d、53d、78d、103d、138d 时取样,测定微生物体氮、矿质氮(NO₃⁻-N+NH₄⁺-N)和易矿化有机物质(275 nm 下的紫外吸光度)。测定均重复 2 次。

1.3 田间培养试验

目的在万寿菊气候条件下,7 种不同有机物料对土壤微生物体氮的影响。土壤用红油土,有机物料同培试 2,以不加有机物料为对照,共 8 个处理。每克土加有机物料 8 mg,称取 8 份新鲜土(含水量

表 1 供试土壤和有机物料(g/kg)的基本性质
Table 1 Basic properties of soils and organic materials used in experiments

编号 No.	土壤或有机物料种类 Types of soils or organic materials	有机碳 Organic carbon	全氮 Total N	C/N
I 供试土样 ^①				
培养试验 1 ^②				
1	红油土 ^③	10.2	1.40	7.3
2	红油土 ^③	7.8	1.12	7.0
3	黑垆土 ^④	5.3	0.70	7.4
室内培养试验 2 和田间培养试验 ^⑤				
4	红油土 ^③	6.8	0.95	7.2
II 供试有机物料 ^⑥				
1	绿豆茎叶 ^⑦	372	21.2	17.5
2	小麦茎叶 ^⑧	449	5.5	81.6
3	未腐解马粪 ^⑨	418	10.9	38.3
4	腐解马粪 ^⑩	167	7.6	22.0
5	腐解猪粪 ^⑪	381	18.8	20.3
6	羊粪 ^⑫	268	16.1	16.6
7	厩肥 ^⑬	—	7.5	—

①Soil samples, ②Incubation experiment 1, ③Manual loessial soil, ④Dark manual loessial soil, ⑤Incubation experiment 2 and field experiment, ⑥Organic materials, ⑦Mung bean straw, ⑧Wheat straw, ⑨Non-decayed of horses, ⑩Decayed excrements of horses, ⑪Decayed excrements of pigs, ⑫Excrements of sheep, ⑬Manure.

16.82%),每份重 292.1 g,土样称好后,分别与有机物料混匀,装入水分和养分能自由通过,而植物根系无法穿过的尼龙网袋中,封口,埋在采土位置,埋深 20 cm。分别在 14d、28d、56d、84d 和 134d 取样,测定土壤微生物体氮和土壤含水量。测定均重复 2 次。试验期间连续记录 20 cm 深处的土壤温度。

1.4 土壤微生物体氮的测定和化学分析

1.4.1 土壤微生物体氮的测定 每个土样各称取 6.00 g 鲜土 8 份,分别置入 100 ml 塑料瓶中。4 份土样不熏蒸,4 份熏蒸。熏蒸采用 Jenkinson & Powelson^[9]法,将欲熏蒸土样置于内径 29 cm 的干燥器内隔板上。干燥器底部除置入装有 30 ml 无乙醇氯仿和少许石英砂的 100 ml 烧杯外,并加蒸馏水,使熏蒸时土壤含水量不变。以上工作完成后,盖好干燥器盖子,与抽气装置相连。随之抽气,直到氯仿出现气泡沸腾为止。接着密闭干燥器,并将其置于室温(14~16 °C)和黑暗处 24 h。取出土样,在通气良好的地方放置 2~3 h,使残留在土壤中的 CHCl_3 尽可能挥发。不熏蒸的土样,置于另一干燥器中,但用蒸馏水代替氯仿,与用氯仿熏蒸一样处理,作为不熏蒸的对照。熏蒸后试验 1 土样用淹水培养法、培试 2 和田间培养试验土样用 0.5 mol/L K_2SO_4 直接浸取铵态氮法测定微生物体氮^[10]。

1.4.2 化学分析 土壤和有机物料的化学分析均用常规方法分析测定。

2 结果与讨论

2.1 通气条件下有机物料对矿化的影响

加入有机物料不仅增加了土壤有机质含量,也增加了其含氮量。不同组成和性质的有机物料会影响土壤微生物活动,因而影响到矿化过程。培试 1 的矿化结果显示(表 2),加入小麦茎叶和未腐解马粪后在 3 种土壤上均表现出严重的矿质氮固定现象,小麦茎叶持续 70~112d,未腐解马粪持续 42~112d;绿豆茎叶也有固定现象,但持续时间短,在红油土上,约为 7d,黑垆土上约 70d。3 种有机物料加入后产生的不同现象与有机物的组成,特别是 C/N 比有关^[6]。小麦茎叶和未腐解马粪 C/N 比高(分别为 81.6 和 38.3),提供的能源物质丰富,促进了微生物的旺盛活动,但因有机物料供应的氮素不足,从而固定了土壤中的无机氮;绿豆茎叶 C/N 比低(为 17.5),因而很快分解。3 种有机物料加入后,土壤氮素由净固定转化为净矿化的过程不同形成了表观固定时间的长短不同。培养结束时,加入绿豆茎叶土壤的矿化量>加入未腐解马粪土壤的矿化量>加入小麦茎叶土壤的矿化量。培试 2 同样表明(表 3),不同有机物料对土壤中矿质氮固定和累积的影响有很大差别,C/N 比高者(如小麦茎叶)固定持续时间长,培养结束后累积的矿质氮少;C/N 比小者(如绿豆茎叶),固定持续时间很短,培养结束后累积的矿质氮多。培养结束后累积的矿质氮基本上随加入有机物料的 C/N 比增加而呈下降趋势。与不加有机物料的对照相比,加入 C/N 比较低的绿豆茎叶、腐解猪粪和厩肥后,净累积的矿质氮增加,加入小麦茎叶,大幅度下降,减少 66 $\mu\text{gN/g}$,其余处理基本与对照相当。

土壤不同,有机物料加入后释放出的矿质氮有高低(表 2)。在高肥力土壤上不管加入什么有机物料,矿质氮的固定持续时间短,矿化强度高。高肥力土壤、中等肥力土壤和低肥力土壤起始的微生物体氮分别为 72.0、47.6 和 38.8 $\mu\text{gN/g}$ 。高肥力土壤的微生物数量及活性较高,有利于矿化。

2.2 有机物料对土壤微生物体氮的影响

室内和田间培养测定表明(表 4、表 5 和表 6),加入有机物料后,微生物体氮均增加,增加幅度与有机物料种类、土壤肥力和培养条件有关。

培试 1 中的两种红油土上,加入绿豆茎叶,微生物体氮增加幅度最大,马粪居中,小麦茎叶最小。两个土壤平均,分别增加 38.3、33.6 和 28.7 $\mu\text{gN/g}$,为对照的 71.8%、63.3%和 55.8%。黑垆土与红油土略有不同:加入绿豆茎叶和小麦茎叶后增加量基本一致,分别为 8.0 $\mu\text{gN/g}$ (19.2%)和 11.6 $\mu\text{gN/g}$ (27.9%);加入马粪后增加量较小,仅为 3.8 $\mu\text{gN/g}$ (9.2%)。培试 2 和田间培养试验,虽然不同时间测定值变化不定,田间培养(培养期平均温度为 10 °C)结果显著高于室内培养(培养温度为 25 °C)。但两个试验的平均值有着一致的规律性,从绿豆茎叶(C/N=17.45)、小麦茎叶(C/N=81.6)、未腐解马粪(C/N=38.3)、羊粪(C/N=16.6)、腐熟猪粪(C/N=20.3)、腐熟马粪(C/N=22.0)到底肥,微生物体氮含量依次下降(表 5、6)。两个试验的测定数据极显著正相关($r=0.872, P<0.01$),进一步证明了不同有机物料对微生物体氮影

表 2 培养试验 1 中培养期间累积的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ($\mu\text{gN/g}$)

Table 2 Cumulative nitrate nitrogen during the incubation period in incubation experiment 1

土壤 Soil No.	有机物料 Organic material	培养时间(d) Incubation period									
		3	7	14	21	28	42	56	70	91	112
高肥力红油土 ^①	对照 ^②	5.8	9.6	12.4	22.0	29.3	40.2	56.3	66.4	76.1	85.8
	绿豆茎叶 ^③	0.5	3.5	12.3	45.6	63.6	84.9	110.8	132.0	149.7	165.4
	小麦茎叶 ^④	0.7	1.8	2.4	2.7	3.3	3.5	4.5	7.0	14.0	23.3
	未腐解马粪 ^⑤	0.4	1.5	2.3	2.8	3.4	5.9	13.0	20.5	30.3	43.0
中肥力红油土 ^⑥	对照 ^②	2.4	5.2	6.4	8.3	10.7	14.8	21.2	26.8	31.7	36.3
	绿豆茎叶 ^③	0.0	2.0	8.3	35.6	52.3	72.7	88.7	103.1	117.6	130.8
	小麦茎叶 ^④	0.0	1.1	1.9	3.3	3.9	4.2	4.2	5.1	6.0	14.8
	未腐解马粪 ^⑤	0.0	1.1	2.0	2.2	3.2	3.3	3.3	6.1	20.5	34.0
低肥力黑垆土 ^⑦	对照 ^②	1.2	2.9	4.7	8.8	11.5	16.3	19.9	24.4	28.2	33.3
	绿豆茎叶 ^③	0.0	1.1	2.0	2.3	3.2	4.3	5.6	7.7	10.1	15.2
	小麦茎叶 ^④	0.0	1.1	2.0	2.2	2.8	3.2	3.2	3.5	5.8	4.5
	未腐解马粪 ^⑤	0.0	1.1	2.3	2.7	3.2	3.4	3.4	3.4	3.7	12.3

* :淋洗液中的铵态氮为痕量, ammomiun nitrogen in leachate is trace. ①Manual loessial soil with high fertility, ②Control, ③Mung bean straw, ④Wheat straw, ⑤ Non-decayed excrements of horses, ⑥Manual loessial soil with medium fertility, ⑦Dark manual loessial soil with low fertility.

表 3 培养试验 2 中累积的矿质氮($\mu\text{gN/g}$)

Table 3 Cumulative mineral nitrogen during the incubation period in incubation experiment 2

处 理 有机物料 Organic material	Treatment 施氮处理 N fertilizer	培养时间(d) Incubation period						施氮与不 施氮平均 ^⑨	比不加有机 物料增加 ^⑩
		14	28	53	78	103	130		
不加 ^①	—	24.5	42.3	40.2	49.5	56.0	69.6	98.7	
不加 ^①	(NH ₄) ₂ SO ₄	98.5	93.5	90.2	95.2	93.9	124.8		
绿豆茎叶 ^②	—	21.7	63.1	71.8	88.2	94.8	161.5	161.0	62.3
绿豆茎叶 ^②	(NH ₄) ₂ SO ₄	66.3	86.2	98.1	104.2	102.8	160.5		
小麦茎叶 ^③	—	4.0	13.8	7.5	6.8	8.5	10.1	32.7	—66.0
小麦茎叶 ^③	(NH ₄) ₂ SO ₄	6.9	15.3	14.8	25.4	37.2	55.3		
未腐解马粪 ^④	—	5.4	13.8	11.7	6.9	14.6	81.2	89.3	—9.4
未腐解马粪 ^④	(NH ₄) ₂ SO ₄	55.9	42.4	40.7	47.9	56.9	97.4		
腐解马粪 ^⑤	—	25.1	33.3	30.8	39.7	46.8	58.1	84.6	—14.1
腐解马粪 ^⑤	(NH ₄) ₂ SO ₄	85.6	90.4	83.4	87.2	85.4	111.1		
腐解猪粪 ^⑥	—	44.3	57.2	57.8	67.4	73.2	99.8	119.7	21.0
腐解猪粪 ^⑥	(NH ₄) ₂ SO ₄	106.6	102.4	95.8	101.7	98.6	139.5		
羊粪 ^⑦	—	16.6	21.6	23.4	36.1	45.6	73.9	92.7	—6.0
羊粪 ^⑦	(NH ₄) ₂ SO ₄	81.6	74.5	72.6	80.3	81.4	111.6		
厩肥 ^⑧	—	48.3	57.2	55.8	64.7	67.2	89.1	113.3	14.6
厩肥 ^⑧	(NH ₄) ₂ SO ₄	111.5	108.8	100.1	102.2	98.6	137.4		

①Contral, ②Mung bean straw, ③Wheat straw, ④Non-decayed excrements of horses, ⑤Decayed excrements of horses, ⑥Decayed excrements of pigs, ⑦Excrements of sheep, ⑧Manure, ⑨Average both no N fertilizer and N fertilizer, ⑩Increament compared with no organic material

万方数据

响的差异。3 个试验中,绿豆茎叶对微生物体氮影响最突出,可能与绿豆茎叶易分解,在培养期间能提供丰富的有效能源物质有关。除豆科茎叶外,随 C/N 比下降,微生物体氮下降。

土壤浸提液在 275 nm 下的紫外吸光度(A_{275})能反映出可被微生物利用易矿化有机物质的多少^[11]。根据测定值计算,微生物体氮与 A_{275} 有着密切关系(表 7),两者间的相关系数在 0.516~0.814,均达显著或极显著水平,反映了有效能源物质的重要作用。因此,在研究有机物料对土壤微生物体氮的影响时,必须考虑有机物料所能提供有效能源物质的多少。

土壤肥力不同,有机物料对土壤微生物体氮的影响效果不同。尽管在两种肥力红油土中加入有机物料培养后,微生物体氮相差无几,但由于在不加有机物料时低肥力红油土的微生物体氮约为高肥力红油土的 2/3,因此,有机物料在低肥力土壤上的效果就更加突出:从 3 种有机物料平均看,加入有机物料后低肥力红油土上微生物体氮增加 49.2 $\mu\text{gN/g}$ (101.3%);高肥力红油土上增加 17.8 $\mu\text{gN/g}$ (25.8%)。培养结束后,不加有机物料的黑垆土和低肥力红油土微生物体氮相近;加入后,黑垆土显著低于红油土。

表 4 有机物料对土壤微生物体氮的影响(室内培养试验 1)
Table 4 Effects of organic materials on soil biomass nitrogen (Incubation experiment 1)

土样 Soil	有机物料 Organic material	微生物 体氮 $\mu\text{gN/g}$ Microbial biomss N	比对照增加 Increase compared to control	
			($\mu\text{gN/g}$)	(%)
高肥力	对照 ^②	68.8	—	—
	红油土 ^① 绿豆茎叶 ^③	92.4	23.6	34.2
	小麦茎叶 ^④	80.0	11.2	16.3
	未腐解马粪 ^⑤	88.0	19.2	27.9
中等肥力	对照	48.4	—	—
	红油土 ^⑥ 绿豆茎叶	101.6	53.2	109.9
	小麦茎叶	94.4	46.0	95.0
	未腐解马粪	96.8	48.4	100.0
低肥力	对照	41.6	—	—
	黑垆土 ^⑦ 绿豆茎叶	49.6	8.0	19.2
	小麦茎叶	53.2	11.6	27.9
	未腐解马粪	45.2	3.6	8.7

①Manual loessial soil with high fertility, ②Control, ③Mung bean straw, ④Wheat straw, ⑤ Non-decayed excrements of horses, ⑥ Manual loessial soil with medium fertility, ⑦Dark manual loessial soil with low fertility.

表 5 有机物料对土壤微生物体氮的影响(培养试验 2)($\mu\text{gN/g}$)
Table 5 Effects of organic materials on soil microbial biomass nitrogen(Incubation experiment 2)

处 理 Treatment		培养时间(d) Incubation time							平均 Mean
有机物料 Organic material	施氮处理 N fertilizer	14d	28d	53d	78d	103d	138d	Σ	
不加 ^①	—	75.7	150.9	155.1	239.4	150.5	209.0	980.5	163.4±56.5
不加	(NH ₄) ₂ SO ₄	90.6	104.9	156.3	207.7	174.7	190.5	924.7	154.1±47.1
绿豆茎叶 ^②	—	175.6	380.6	374.3	370.0	330.4	327.8	1957.8	326.3±77.7
绿豆茎叶	(NH ₄) ₂ SO ₄	292.6	365.6	380.1	407.0	317.2	317.2	2079.7	346.6±44.2
小麦茎叶 ^③	—	183.9	232.3	319.5	330.9	287.3	325.6	1679.5	279.9±59.6
小麦茎叶	(NH ₄) ₂ SO ₄	237.2	308.0	433.4	367.4	352.0	357.3	2055.3	342.5±65.5
未腐解马粪 ^④	—	84.9	284.7	295.7	333.1	298.3	333.5	1630.2	271.7±93.7
未腐解马粪	(NH ₄) ₂ SO ₄	184.4	265.9	288.8	394.2	328.2	298.8	1760.2	293.4±69.4
腐解马粪 ^⑤	—	81.8	147.2	166.8	202.0	231.0	190.5	1019.3	169.9±51.9
腐解马粪	(NH ₄) ₂ SO ₄	132.0	145.6	176.4	217.4	215.2	215.2	1101.8	183.6±38.2
腐解猪粪 ^⑥	—	99.9	231.4	230.4	240.7	204.6	232.8	1239.8	206.6±53.7
腐解猪粪	(NH ₄) ₂ SO ₄	114.0	240.2	191.8	235.4	232.8	261.8	1276.0	212.7±53.4
羊粪 ^⑦	—	140.8	280.3	310.8	353.3	268.8	227.5	1581.5	263.6±73.4
羊粪	(NH ₄) ₂ SO ₄	154.9	205.9	234.8	263.6	252.6	195.8	1307.5	217.9±40.4
厩肥 ^⑧	—	98.6	194.5	206.7	229.7	194.9	227.5	1151.8	192.0±48.3
厩肥	(NH ₄) ₂ SO ₄	147.0	223.1	179.0	135.1	149.6	198.4	1032.3	172.1±34.2
平均 ^⑨	不施氮 ^⑩	117.7	237.7	257.4	287.0	245.7	259.3		
	施氮 ^⑪	169.1	232.4	255.1	278.5	252.8	254.0		

①Control, ②Mung bean straw, ③Wheat straw, ④Non-decayed excrements of horses, ⑤Decayed excrements of horses, ⑥Decayed excrements of pigs, ⑦Excrements of sheep, ⑧Manure, ⑨Average, ⑩No N application, ⑪N application

表 6 有机物料对土壤微生物体氮的影响(田间培养试验)($\mu\text{gN/g}$)

Table 6 Effects of organic materials on soil microbial biomass nitrogen (Field incubation expiriment)							
有机物料 Organic material	培养时间 (d) Incubation time					平均 Mean	室内培养 Incubation in laboratory
	14	28	56	84	134		
对照 ^①	66.4	46.4	48.4	39.2	62.0	52.5	163.4
绿豆茎叶 ^②	350.0	152.4	127.6	135.2	172.0	187.4	326.3
小麦茎叶 ^③	172.8	138.0	110.0	61.2	136.8	123.8	279.9
未腐解马粪 ^④	72.8	78.0	127.6	64.0	113.2	91.1	271.7
腐解马粪 ^⑤	76.8	114.4	59.0	42.8	82.8	75.3	169.9
腐解猪粪 ^⑥	76.8	81.6	57.2	84.8	92.4	78.6	206.6
羊粪 ^⑦	132.4	154.0	49.6	77.2	109.2	104.5	263.6
厩肥 ^⑧	87.6	68.4	63.6	108.4	89.2	83.4	192.0

①Contral,②Mung bean straw,③Wheat straw,④Non-decayed excrements of horses,⑤Decayed excrements of horses,⑥Decayed excrements of pigs,⑦Excrements of sheep,⑧Manure.

表 7 不同测定时期浸提液的 A_{275}
Table 7 A_{275} measured in different periods

处理 Treatment		培养时间(d) Incubation period						平均 Mean
有机物料 Organic material	施氮处理 N fertilizer	14	28	53	78	103	138	
不加 ^①	—	0.187	0.184	0.182	0.161	0.191	0.179	0.181±0.010
不加 ^①	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.177	0.185	0.184	0.167	0.192	0.185	0.182±0.009
绿豆茎叶 ^②	—	0.275	0.260	0.265	0.223	0.304	0.304	0.272±0.031
绿豆茎叶 ^②	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.252	0.247	0.246	0.239	0.251	0.377	0.269±0.053
小麦茎叶 ^③	—	0.222	0.212	0.227	0.208	0.250	0.314	0.239±0.040
小麦茎叶 ^③	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.238	0.219	0.284	0.214	0.244	0.332	0.255±0.045
未腐解马粪 ^④	—	0.246	0.241	0.263	0.226	0.286	0.265	0.255±0.021
未腐解马粪 ^④	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.240	0.245	0.254	0.225	0.290	0.270	0.254±0.023
腐解马粪 ^⑤	—	0.192	0.188	0.204	0.184	0.217	0.218	0.201±0.015
腐解马粪 ^⑤	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.192	0.193	0.210	0.183	0.215	0.201	0.199±0.012
腐解猪粪 ^⑥	—	0.210	0.205	0.221	0.189	0.231	0.217	0.212±0.014
腐解猪粪 ^⑥	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.218	0.205	0.223	0.204	0.228	0.221	0.217±0.010
羊粪 ^⑦	—	0.277	0.294	0.311	0.213	0.301	0.312	0.285±0.037
羊粪 ^⑦	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.285	0.282	0.299	0.201	0.287	0.294	0.275±0.037
厩肥 ^⑧	—	0.213	0.191	0.213	0.190	0.219	0.202	0.205±0.012
厩肥 ^⑧	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.205	0.195	0.222	0.200	0.221	0.201	0.207±0.011
A_{275} 与 B_N 之间的相关系数 $r^{\textcircled{9}}$		0.506	0.647	0.703	0.780	0.747	0.727	0.814

$r_{0.05}(14)=0.49,r_{0.01}(14)=0.623$; ①Contral,②Mung bean straw,③Wheat straw,④Non-decayed excrements of horses,⑤Decayed excrements of horses,⑥Decayed excrements of pigs,⑦Excrements of sheep,⑧Manure,⑨The correlation coefficients between A_{275} and soil microbial biomass nitrogen

不同有机物料与氮肥配合施用,对土壤微生物体氮的影响也不尽相同。培养初期(14d),在施氮的基础上加入有机物料(表 8);比对照增加 104.6 $\mu\text{gN/g}$ (138.2%),比施氮增加 89.7 $\mu\text{gN/g}$ (99.0%);培养结束后(138d),加入有机物料比对照增加 57.5 $\mu\text{gN/g}$ (27.5%),在施氮的基础上加入有机物料比仅施氮增加

万方数据

表 8 有机物料和氮肥配合对土壤微生物体氮的影响(培养试验 2, $\mu\text{gN/g}$)
Table 8 Effects of coordination both organic materials and nitrogen fertilizer on soil biomass nitrogen (Incubation experiment 2)

处理 Treatments	培养 14d B _N after incubation 14d	培养 138d B _N after incubation 138d	培养 14~138d 平均 Average B _N from incubation 14d to 138d
对照 ^①	75.7	209.0	181.0
(NH ₄) ₂ SO ₄	90.6	190.5	166.8
有机物料 ^②	123.6	266.5	268.4
有机物料 ^② + (NH ₄) ₂ SO ₄	180.3	263.5	267.2

①Control, ②Organic material

73.0 $\mu\text{gN/g}$ (38.3%)。14~138d 培养期间的平均值与培养结束时的趋势一致。有机物料和氮肥配合比单施有机物料能否增加更多的微生物体氮,同时受有效能源物质和土壤累积的矿质氮所控制。培养前期加入有机物料,有效能源物质丰富,土壤中矿质氮低,加入的肥料氮很快被微生物固定,微生物体氮随之较高;后期能源物质较少,土壤中累积的矿质氮增加,氮肥效果相对减弱。小麦茎叶的 C/N 比高,能源物质丰富,土壤中累积的矿质氮水平一直很低,因此,与氮肥配合施用后微生物体氮一直比不施氮高^[12]。

由上面分析看出,在研究有机物料对微生物体氮的影响时,既要考虑有机物料种类,也要考虑土壤肥力水平、矿质氮的含量和矿化时期。

参考文献

[1] 程励励,文启孝. 有机肥料氮的转化以及有机——化学氮肥的综合管理. 见:朱兆良,文启孝主编. 中国土壤氮素. 南京:江苏科学技术出版社,1992. 256~266.

[2] Hirose S. Mineralization of organic nitrogen of various plant residues in the soil under upland conditions. *J. Sci. Soc. Manure. Jpn.*, 1973, **44**:157~163.

[3] Aoyama M and Nozawa J. Microbial biomass nitrogen and mineralization-immobilization processes of nitrogen in soils incubated with various organic materials. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 1993, **39**:23~32.

[4] 王维敦. 麦秸、氮肥与土壤混合培养时氮素的固定、矿化与麦秸的分解. 土壤学报,1985, **23**(2):97~104.

[5] Sinha M K, Sinha D P and Sinha H. Organic matter transformation in soils: V. Kinetics of carbon and nitrogen mineralization in soils amended with different organic materials. *Plant and Soil*. 1977, **46**:579~590.

[6] Stevenson F J. *Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. John Wiley & Sons, New York. 1985, 155~215.

[7] Ocio J A, Brookes P C and Jenkinson D S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N. *Soil Biol. Biochem.*, 1991, **23**:171~186.

[8] Stanford G and Smith S T. Nitrogen mineralization potential of soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 1972, **36**:465~472.

[9] Jenkinson D S and Powlson D S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil: V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 1976, **8**:209~213.

[10] 李世清,李生秀. 土壤微生物体氮测定方法的研究. 植物营养与肥料学报,2000, **6**(1):36~42.

[11] Fox R H and Piekielek W P. A rapid for estimating the nitrogen——supplying capacity of a soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1978, **42**:751~753.

[12] Kanamori T and Yasuda T. Immobilization, mineralization and the availability of the fertilizer nitrogen during the decomposition of the organic matters applied to the soil. *Plant and Soil*. 1979, **52**:219~227.