

用 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 标记堆肥的研究*

赵伯善 李辉桃

许牡丹

(西北农业大学土壤农化系·陕西杨陵·712100) (西北轻工业学院)

摘 要 小型堆腐试验的结果表明:堆腐材料的 C/N 比和含 N 量,不影响堆肥有机 N 累积的比例,也不影响堆肥有机 N 组分的变化趋势。堆腐后,富含蛋白质的材料,氨基酸 N 和酸解胺态 N 的比例增加;富含纤维素和木质素的材料,提高未知态 N 和非酸解 N 的比例。加入的 ^{15}N 主要构成有机组分中的氨基酸 N。在降温阶段加入 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,能使氨基酸 N 比例增加。用 ^{15}N 直接标记堆肥,比用 ^{15}N 标记有机物料制造的堆肥,减少了 ^{15}N 损失,且提高了 ^{15}N 的转化率。

关键词 ^{15}N 标记 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ C/N 比 堆肥

Study on Method for Labelling Compost by Using $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Zhao Boshan Li Huitao

(Agrochemical Department of Soil Science, Northwestern Agricultural University, 712100,
Yangling District, Xianyang Municipality, Shaanxi Province)

Xu Mudan

(Northwestern Light-industrial College)

Abstract Small-sized composting experiment shows that the C/N ratio and N contents of the material for composting did not influence the rate of organic nitrogen accumulation in the compost, nor the change tendency of the organic N components. After composting, the proportions of the amino acid-N and ammonia-N of the total hydrolyzable N were increased with the material rich in protein and those of the acid-insoluble N and the unidentifiable N were increased with the material rich in lignin and cellulose. The ^{15}N added to the compost mainly constructed the amino acid-N of the organic N components. The addition of the $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ during the temperature-decreasing stage could increase the proportion of the amino acid-N. Labelling compost directly using ^{15}N had decreased its loss and increased its transformation rate compared with labelling the material for making compost.

Key words ^{15}N labelling; $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; C/N ratio; compost

参与土壤物质循环的元素中,氮既是农业生产最主要的养分限制要素,又是污染环境的重要因素。应用 ^{15}N 示踪技术研究氮肥的肥效和去向,虽有不少报道,但以标记化学氮肥的研究居多,而对有机 N 标记的研究较少。过去的研究,用 ^{15}N 标记有机 N 多限于绿肥和作物秸秆,对大量施用的动物排泄物的标记,仅我国初见报道^[1~3]。用 ^{15}N 标记有机氮源,对于研究有机

肥肥效、作用机理、开发利用和完善我国生态农业体系等重大理论问题有重要意义。本文比较了两种用¹⁵N 标记堆肥的方法,是对标记有机氮源的补充,有着广泛地应用前景。

1 材料与方法

根据高温堆肥腐熟原理,用作物秸秆、马粪等为堆制材料,调节 C/N 比,在严格控制水分、温度和通气条件下堆腐,于降温阶段加入无机氮和糖等,使其在微生物作用下转化为有机氮。

1.1 堆肥试验 I

用¹⁵N 标记的有机物料制造堆肥,试验设两个处理:处理 1,以¹⁵N 标记的小麦籽粒和秸秆等为主要材料,于降温阶段加入(¹⁵NH₄)₂SO₄ 和葡萄糖等(代号 I—1);处理 2,以非标记的小麦籽粒和秸秆为主要材料,降温阶段加入非标记(NH₄)₂SO₄ 和葡萄糖等(代号 I—2)。供试材料的用量等见表 1。

表 1 堆肥材料的 N,C 含量及配比

堆肥材料		I—1			I—2		
类型	名称	重量(g)	N(g·kg ⁻¹)	C(g·kg ⁻¹)	重量(g)	N(g·kg ⁻¹)	C(g·kg ⁻¹)
主要材料	小麦籽粒	750.0*	20.4	500	750.0	21.5	451
	小麦秸秆	150.0*	4.3	420	150.0	4.1	430
	小麦秸秆	725.0	3.7	400	725.0	3.7	400
	马 粪	875.0	11.5	481	875.0	11.5	481
	草 木 灰	25.0	—	—	25.0	—	—
	N,C 量(g/盆)	28.69 1 148.88			29.49 1 113.63		
添加材料	C/N 比	40.0			38.1		
	葡萄糖	50.0	—	440	50.0	—	440
	淀 粉	68.2	—	400	68.2	—	400
	硫酸铵	9.5*	210.1	—	9.5	20.8	—
	C/N 比	24.5			25.8		

注:1)标*者为¹⁵N 标记物量,小麦籽粒¹⁵N 丰度 1.977%,小麦秸秆¹⁵N 丰度 3.547%,硫酸铵¹⁵N 丰度 30.36%;2)小麦籽粒、秸秆及硫酸铵的¹⁵N 自然丰度依次为 0.379%,0.389%和 0.365%;3)¹⁵N 丰度由河北省农林科学院测定。

1.2 堆肥试验 II

试验以非标记有机物为主要材料,每处理用小麦籽粒 80.0g,小麦秸秆 1 220.0g,马粪 700.0g(总 N 14.24g,总 C 860.7g),材料的 C/N 比为 60:1。降温阶段的添加材料同堆肥试验 I,用量比其高 1 倍。试验设两个处理:处理 1,材料堆腐后,于降温阶段添加(¹⁵NH₄)₂SO₄ 等(代号 II—1);处理 2,添加非标记(NH₄)₂SO₄(代号 II—2)。

1.3 堆腐方法

将各处理的堆腐材料混合均匀,加水,分别装入 22cm×30cm 的瓦钵内,压紧、覆盖干草防止水分蒸发和保温。钵内插一温度计,移至保温箱中,保持箱内温度比钵中低 1℃~2℃。堆腐期间,定时观察温度和检查水分。至堆内高温开始下降时,按不同处理将添加材料配成溶液,均匀洒浇于堆肥内。腐熟后,取出堆肥用柠檬酸酸化,于 70℃下烘干、粉细,作有机氮组分和¹⁵N 丰度测定^[4,5]。

2 结果与讨论

2.1 两种堆肥中的氮素平衡

用¹⁵N 标记有机物料制造堆肥和用¹⁵N 直接标记堆肥,在适宜堆腐条件下,都能使加入的无机氮转化为有机氮,但堆内的氮素都有较大损失,两试验也有差异(表 2)。

表 2 堆肥中的氮素平衡

试验	处理代号	堆腐前全氮量 (N g/盆)	堆肥全氮量		损失氮量		有机氮占堆肥 全氮(%)
			(N g/盆)	占堆前(%)	(N g/盆)	占堆前(%)	
I	I—1	30.69	22.23	72.4	8.46	27.60	99.90
	I—2	31.47	21.92	69.8	9.55	30.30	99.90
	平 均	31.08	22.08	76.1	9.01	28.95	99.90
II	II—1	18.23	14.33	78.6	3.90	21.40	99.60
	II—2	18.19	14.64	80.5	3.55	19.50	99.75
	平 均	18.21	14.49	79.6	3.73	20.45	99.68

在表 2 中,两试验的堆肥平均全氮和氮素损失有明显差异。这种差异并不在于堆腐前两者含氮量不同,而主要在于堆腐前的 C/N 比有别:试验 II 大于试验 I。对同一堆腐材料,C/N 比小,腐解快,产生游离氨多,易引起氨挥发。在堆腐期间,两试验的高温出现和持续时间有所不同,试验 I 比试验 II 提前 9~11d。莫淑勋指出,调节 C/N 比只影响初期阶段分解,不论施氮与否,对总的分解量影响不大^[6]。从表 2 也可看出,两试验有机氮累积比例基本相同,同一试验的处理间全氮量也很近似。因此,调节堆腐材料 C/N 比,对减少初期阶段分解产物的氮素损失有一定意义。

2.2 两种¹⁵N 标记对堆肥氮组分的影响

不同处理的堆肥有机氮占全氮的 99%以上,无机氮仅占 0.1%~0.4%,主要为 NH₄⁺-N, NO₃⁻-N 含量极微。采用 Bremner 土壤有机氮分组法^[4],测定堆肥的结果见表 3。

表 3 堆肥有机氮组分占全氮 %

有机氮组分	堆肥试验 I			堆肥试验 II		
	I—1	I—2	平 均	II—1	II—2	平 均
有机全 N	100	100	100	100	100	100
非酸解 N	14.3	12.7	13.5	20.0	14.2	17.1
酸 解 N	85.7	87.3	86.5	80.0	85.8	82.9
氨基酸 N	46.6	45.1	45.9	34.6	41.0	37.8
氨基已糖 N	2.7	4.3	3.5	2.8	4.3	3.6
铵 态 N	14.0	17.6	15.8	8.7	8.2	8.5
未知态 N	22.4	20.3	21.4	33.9	32.3	33.1

表 3 结果表明,虽两试验堆腐前的全氮含量、C/N 比不同,降温阶段添加的无机氮试验 II 比试验 I 高一倍,但堆肥各有机氮组分的变化趋势基本一致。在酸解氮中,各组分 N 所占有机全 N 的比例,呈现出氨基酸 N>未知态 N>铵态 N>氨基已糖 N 的规律。试验 I 的氨基酸 N 和铵态 N 高于试验 II,未知态 N 则低于试验 II。从堆腐材料分析,试验 I 与试验 II 的主要差别,在于前者的小麦籽粒和马粪用量高于后者,而秸秆用量后者高于前者。在试验 I 中,由于富含蛋白质物料的腐解,是其氨基酸 N 增多的主要原因。试验 I 中酸解铵态 N 也较试验 II 高,这种增高的原因,不是粘土矿物固定态铵的释放,而可能主要来自其它氨基酸和氨基糖在酸解过

程中的脱氨基作用,和酰胺水解的结果^[7,8]。

在试验 I 中,秸秆用量多,纤维素、半纤维素及木质素含量也高。Flaing 用小麦秸秆进行腐解研究证明,在木质素组成中,甲氧基含量减少,氮素含量增加,是形成腐殖质的重要条件^[8]。木质素降解产物及腐殖化和氨基酸化合物之间的缩聚产物,其稳定性增强,可能是未知态 N 较高的重要因素。同时,在堆腐过程中,未知态 N 的形成,也可能与酚、核酸及其衍生物和碳水化合物与含氮化合物等的亲核加成、或缩合反应有关^[7]。由于这些作用,不仅使试验 I 未知态 N 比例增加,而且也相应提高了非酸解 N 的比例,试验 II > 试验 I。

2.3 两种堆肥各氮组分的¹⁵N 分布

在两种¹⁵N 标记的堆肥中,各有机氮组分的¹⁵N 含量见表 4。

表 4 堆肥中各 N 组分的¹⁵N 含量

堆肥氮组分	I—1			II—1		
	含 N 量	¹⁵ N 含量	¹⁵ N 占堆肥	含 N 量	¹⁵ N 含量	¹⁵ N 占堆肥
	(mg. kg ⁻¹)		全 N 量(%)	(mg. kg ⁻¹)		全 N 量(%)
全 N	21 013.3	13 984.4	—	13 304.4	3 694.6	—
无机 N	21.0	2.1	<0.1	54.5	37.7	1.0
有机 N	20 992.3	13 982.3	99.9	13 249.9	3 656.9	99.0
酸解 N	17 990.4	12 215.5	87.3*	10 603.6	3 626.4	98.1*
氨基酸 N	9 782.4	7 092.2	50.7	4 581.8	2 265.0	61.3
氨基已糖 N	56.68	2 267.5	16.2	374.4	1 349.0	36.5
铵态 N	2 938.9			1 151.6		
未知态 N	4702.3	2 855.8	20.4	4 495.8	1.24	0.34
非酸解 N	3 001.9	1 766.8	12.6	2 646.3	30.5	0.83

注：* 为酸解 N(%)之总和。

由表 4 看出,用标记有机物料和无机氮制造的堆肥,腐熟后以无机氮形态存在的量极少,而 99%或者更多的¹⁵N 都形成了有机氮。在酸解 N 中,也均以氨基酸 N 为主,II—1> I—1。且 I—1 中,形成氨基已糖和铵态 N 的数量多,而形成未知态 N 的数量少,也大大降低了非酸解 N 的数量。结果表明,尽管在降温阶段堆内以腐殖化占优势,但加入的无机氮参与堆内加成、缩合等复杂反应的数量并不多,可能主要被堆内微生物所利用,提高了微生物活性,参与堆内其它化合物的降解、合成等过程。特别对 II—1 C/N 比大的堆腐材料,加入无机氮不仅能促进其腐熟,而且使氨基酸 N 数量增加。这一结果与 Flaing 用标记尿素研究植物残体腐解,得到氨基酸 N 增加的结论相一致^[8]。

2.4 两种标记堆肥的¹⁵N 损失及转化率

根据试验结果,可以比较两种标记方法对¹⁵N 损失、转化和¹⁵N 堆肥质量的影响(表 5)。

表 5 标记堆肥中的¹⁵N 损失、转化及质量

处理代号	¹⁵ (NH ₄) ₂ SO ₄ 及 ¹⁵ N 有机物料			堆 肥 质 量		
	加入总量(g) (¹⁵ Ng/盆)	¹⁵ N 转化率 (%)	¹⁵ N 损失率 (%)	无机 ¹⁵ N 占堆 肥 ¹⁵ N(%)	全 N 含量 (%)	¹⁵ N 丰度 (%)
I—1	17.95	82.3	17.6	<0.02	2.01	3.077
II—1	4.00	98.5	0.5	1.02	1.33	2.798

注：1)¹⁵N 转化率(%)=形成有机¹⁵N 量/加入¹⁵N×100；
2)¹⁵N 损失率(%)=(加入¹⁵N 量—堆肥中¹⁵N 量)/加入¹⁵N 量×100。

I—1堆腐材料的C/N比大, ^{15}N 于降温阶段一次标记,可能由于这一原因,I—1的 ^{15}N 转化率提高,损失率极少。而I—1的主要堆腐材料为标记有机物料,C/N比<I—1,堆肥氮的损失高,在堆腐期间氮素总损失量为8.46g/盆(见表2),其中 ^{15}N 为3.159g/盆,占氮素总损失量的37.4%。在损失的 ^{15}N 中来自降温阶段加入的 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的 ^{15}N 损失0.466g/盆,仅占 ^{15}N 损失量的14.7%。也就是说有85.3%的 ^{15}N 损失来自堆腐的有机物料(标记的小麦籽粒和秸秆),因此,堆肥中氮的损失主要发生在堆腐的初期阶段,即高温阶段或降温阶段以前。在I—1中 ^{15}N 损失极少也证明了此结果。综上所述,在降温阶段加入C/N比25:1的 ^{15}N 直接标记堆肥,比用标记有机物料制造堆肥更为简捷、快速,大大降低生产费用。

从标记堆肥的质量看,两者的 ^{15}N 转化率都较高,无机态N含量少,pH为7.2~7.5,全氮含量也符合有机肥标准。虽 ^{15}N 丰度不高,属低富集化类型,但根据国外研究,只要 ^{15}N 标记物的丰度大于自然丰度的二倍,就认为适合要求,两种 ^{15}N 标记的堆肥已完全可满足一般有机肥研究的要求。

我们把此种 ^{15}N 堆肥用在研究“有机肥与化肥配合施用”的盆栽试验中。事实证明,这一材料用来研究土壤氮的形态、转化、氮挥发、肥效及其后效等方面,都有满意的结果(另文发表)。

随着我国人口增长,食品结构的改善和作物产量的提高,粪肥、秸秆等处理问题,也会随复种指数的提高,而使直接还田的难度加大,制造堆肥可能是今后有机肥发展的方向,加强这方面的研究,有着十分重要的意义。

3 结 论

1) 堆腐试验证明,堆肥的氮素损失,不取决于堆腐材料的含氮量,而主要取决于材料的C/N比。调节C/N比,可减少初期阶段的氮损失。

2) 不同含氮量和C/N比,不影响堆肥中各有机N组分的比例变化趋势。富含蛋白质的材料,氨基酸N和铵态N比例增加;富含纤维素和木质素的材料,未知态N和非酸解N的比例提高。

3) ^{15}N 在各组分中以形成氨基酸N为主。降温阶段加入的无机N并不参与堆内的复杂反应,主要被微生物利用,使氨基酸N增加。

4) 直接用 ^{15}N 在降温阶段标记堆肥,比标记有机物料制堆肥,能减少 ^{15}N 损失,提高 ^{15}N 转化率。两种标记堆肥的 ^{15}N 和含氮量,都达到了满足一般有机肥研究的要求。

参 考 文 献

- 1 蔡大同,吴毅文,史瑞和.免粪尿和硫酸铵在不同土壤上的肥效和 ^{15}N 去向.南京农业大学学报,1989,12(2);
- 2 廖先苓,周卫军,何电源.应用 ^{15}N 示踪法研究稻草喂羊及还田的效应.核农学通报,1994(2);
- 3 吴珊眉,倪苗娟.有机-无机态肥料氮在微型农业生态系统的转移和循环研究.应用生态学报,1990(1);
- 4 布伦纳J M(曹亚澄译).土壤氮素分析.北京:农业出版社,1981.
- 5 Burech B J等.同位素 ^{15}N 研究中的分析方法.土壤学进展,1985,13(1);
- 6 莫淑勋.秸秆类有机物施用的研究.见:土壤养分,植物营养与合理施肥,北京:农业出版社,1983.
- 7 卓苏能,文启孝.土壤未知态氮.土壤学进展,1992,20(1);
- 8 Flaing W.土壤有机质分解的动力学.土壤学进展,1985,13(1);