

碳、氮比对有机肥料氮素释放和植物吸氮的影响*

李俊良

(莱阳农学院, 山东 265200)

韩琅丰 江荣凤 张福锁

(中国农业大学植物营养系)

摘要: 有机肥料中的碳含量与氮素释放关系很大。不同方法测定的C、N及其组成的C/N比与氮素释放和植物吸收氮的关系不同。有机肥料的全碳及碳氮联合测定的氮素之比(C/N比)和氮素矿化率成直线关系,和植物吸收氮素成幂函数相关。在C/N比低于17~21时,有机肥料开始释放无机氮,在C/N比小于14时,植物才能大量吸收有机肥料中的氮素。

关键词: 有机肥料; 氮素; 植物吸收氮; C/N比

中图分类号: S141

有机肥料的使用已有几千年的历史。有机肥料在土壤中的转化受到诸多因素的影响,温度、水分、微生物种类、有机肥料本身的性质等。过去这方面的研究多集中于有机肥料腐殖化率或矿化率等土壤有机碳的变化方面^[1,2]。在这些研究的基础上,我们从植物营养的角度研究了有机肥料中不同形态碳素与氮素的比值对有机肥料矿化及植物吸收氮的影响。

1 材料和方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试土壤 采自中国农业大学科学园,属潮土,有机质含量2.31%,全氮0.116%,碱解氮 $82.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷(P) $60.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾(K) $125 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。土壤经风干后,盆栽土样过了3~5 mm筛,化学分析土样磨细后分别过2 mm和0.25 mm筛。

1.1.2 供试有机肥料 供试有机肥料经风干磨细后分别过2 mm和0.25 mm筛。有机肥料的有机碳和全氮含量见表1。

1.2 培养试验

1.2.1 好气培养——间歇淋洗法 20.0 g土与20.0 g石英砂及1.00 g有机肥料混匀,装入铺有0.2~0.4 cm厚玻璃棉的6 cm漏斗中,将漏斗插在100 mL三角瓶中,加水至刚有水漏出,用带小孔的塑料薄膜扎紧漏斗口,置于30℃恒温下培养。定期用30~40 mL $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CaCl}_2$ 溶液淋洗无机氮,将滤出液于蒸馏器中加0.2 g戴氏合金和0.2 g MgO加热蒸馏、滴定。

1.2.2 好气培养法 20.0 g土与1.00 g有机肥料混匀置于50 mL三角瓶中,加水5 mL,用带水孔的塑料薄膜扎紧瓶口,置于30℃恒温下培养。定期检查瓶重补足水分。培养一定时间后,将土样与100 mL, $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KCl}$ 溶液一起振荡30 min,过滤。用戴氏合金-MgO扩散法测定滤液中的无机氮。

收稿日期: 1995-10-14

* 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目的一部分

表1 有机肥料中有机碳和全氮含量

Table 1 Organic carbon and total nitrogen content in organic manures

代号 No.	肥料名称 Manures	采样地点 Location of sampling	有机碳/% Organic C	全氮/% Total N	C/N
1	人粪尿堆肥 Human excrements compost	北京海淀	10.9	1.20	9.08
2	麦秸堆肥 wheat straw compost	河北大名	3.95	0.30	13
3	麦秸沤肥 Wheat straw wet compost	河北大名	3.68	0.36	12.3
4	兔粪 Rabbit dung	北京海淀	31.5	3.64	8.65
5	鸡粪 Chiken dung	北京海淀	26.7	4.71	5.67
6	猪粪 Pig dung	北京海淀	21.8	2.30	9.52
7	颗粒有机肥 Granulated organic fertilizer	山东福山	30.5	6.56	4.65
8	猪圈粪 Hogpen manure	河北大名	4.20	0.37	11.4
9	紫穗槐 Amorpha	北京海淀	42.5	3.78	11.2
10	垃圾堆肥 Garbage compost	北京朝阳	5.14	0.27	19.0

1.2.3 厌气培养法 10.0 g 土与 0.500 g 有机肥料混匀放入预先加 5 mL 水的试管中,再加水 5 mL,并插入一玻璃做搅拌用,加入 5~6 滴液体石蜡以隔绝空气。置于 30℃ 恒温下培养,定期用玻璃棒搅动以排出产生的气体。培养一定时间后,将土样与 40.0 mL 2 mol·L⁻¹ KCl 一起振荡 30 min,过滤。用 MgO-扩散法测定滤液中的 NH₄⁺-N。上述 3 种培养法的结果见表 2。

表2 不同培养法氮素的矿化量*

Table 2 Mineralized amount of nitrogen in different incubation methods ×10³mg·kg⁻¹

施用肥料 Manure added	好气培养/d Aerobic in cubation		厌气培养/d Anaerobic incubation		好气培养-间歇淋洗/d aerobic incubation intermittent leaching	
	30	60	30	60	30	60
	1	3.04	3.95	3.06	2.43	1.48
2	0.63	0.52	0.35	0.27	—	—
3	0.35	0.45	0.46	0.62	—	—
4	7.39	8.87	6.58	9.95	—	—
5	12.2	18.0	19.0	21.6	—	—
6	2.63	5.07	2.08	3.06	1.97	1.95
7	29.5	30.2	22.9	36.2	5.92	8.04
8	0.85	0.67	0.11	0.32	0.51	0.12
9	1.18	6.41	0.91	4.96	0.91	2.02
10	0.25	0.18	0.01	0.04	0.34	0.25

* 指有机肥料处理和土壤空白(CK)处理矿化量的差值

1.3 盆栽试验 盆栽试验采用塑料盆(20×18 cm)在网室中进行。每盆装土 4.0 kg,施有机肥料 100.0 g。共设 12 个处理[即 CK(不施肥),10 种有机肥料和氮磷钾化肥(每盆 N 0.80 g, P 0.26 g 和 K 0.50 g),肥料全部做基肥],4 次重复。先后种植冬小麦和夏谷子两季作物。收获后分别测定植株的含氮量。试验结果见表 3。

1.4 分析方法 土壤、肥料和植物分析均用常规法^[3]进行。另外对有机肥料中碳氮的分析方法进行一些改进,简述于下。

1.4.1 有机碳(K₂G₂O₇-H₂SO₄ 容量法 I) 准确称取有机肥料 0.1~1 g 于 26 mm×260 mm 试管中,加入 C(1/6K₂G₂O₇)=0.8 mol·L⁻¹的重铬酸钾溶液和浓硫酸各 10.00 mL。

表3 小麦和谷子的吸氮量*

Table 3 The Absorbed nitrogen in wheat and millet

施用肥料 Manure added	小麦吸氮(mg/盆) N absorbed by wheat (mg/pot)	谷子吸氮(mg/盆) N absorbed by millet (mg/pot)	总吸氮(mg/盆) Total absorbed Nitrogen (mg/pot)
1	201	161	362
2	41.0	57.0	98.0
3	20.0	41.0	61.0
4	337	390	727
5	197	593	790
6	148	298	446
7	109	419	528
8	63.0	12.0	75.0
9	226	415	641
10	2.00	4.00	6.00

* 指施肥处理减去对照(不施肥)处理的吸氮量

于 170~175℃ 的磷酸或油浴中加热至沸,保持微沸 5 min,转移入 100 mL 容量瓶中定容,吸取消煮液 20.00 mL 用标准硫酸亚铁滴定。

1.4.2 活性有机碳(K₂G₂O₇-H₂SO₄ 容量法 I) 操作方法同 1.4.1,只是加浓硫酸后放置 30 min,不加热。

1.4.3 K₂G₂O₇-N(I) 吸取 K₂G₂O₇-H₂SO₄ 容量法 I 的消煮液 25.00 mL,加碱蒸馏、滴定。

1.4.4 K₂G₂O₇-N(II) 吸取 K₂G₂O₇-H₂SO₄ 容量法 II 的消煮液 25.00 mL,加碱蒸馏、滴定。

1.4.5 NaOH-N 称取 0.25~1.00 g 有机肥料于扩散皿外室,加入 0.2 g 戴氏合金及 4~5 滴正辛醇,内室加 2 mL 2% H₃BO₃-指示剂,于外室加入 10.0 mL 1 mol·L⁻¹ NaOH 溶液,盖严后于 40℃ 下扩散 24 h,滴定。

各方法的测定结果见表 4。

表4 有机肥料不同分析方法的氮素测定值

Table 4 The nitrogen values determined by different analytical methods in organic manures

肥料 Manures	全氮 Total N (N ₀)	有机碳 Organic C (C ₁)	活性有机碳 Active organic C (C ₂)	K ₂ G ₂ O ₇ -N(I) (N ₁)	K ₂ G ₂ O ₇ -N(II) (N ₂)	NaOH-N (N ₃)
1	12.0	109	85.9	11.7	9.40	1.50
2	3.00	39.5	31.3	2.40	2.30	0.59
3	3.00	36.8	29.2	2.00	2.20	0.47
4	36.4	315	285	29.0	25.5	2.85
5	47.1	267	219	31.0	22.0	5.06
6	23.0	219	180	19.6	17.0	1.88
7	65.6	305	257	50.6	45.2	3.71
8	3.70	42.0	32.3	2.60	2.40	0.95
9	37.8	425	372	33.4	27.3	2.75
10	2.70	51.4	27.0	2.00	1.50	0.33

2 结果和讨论

2.1 C/N 比与氮矿化率的关系 有机肥料的矿化除受环境因素影响外,还与有机肥料本

身 C/N 比的影响^[2]。为了研究 C/N 比的影响,将不同测定方法测得的有机碳和氮值组合成不同的 C/N 比,并与 3 种培养法中有机肥料矿化率作相关分析,它们的关系均为负线性相关(见表 5),这与有关资料结论一致^[4]。有机碳(C₁)、活性有机碳(C₂)和全氮(N₀),K₂G₂O₇-N(I)(N₁),K₂G₂O₇-N(II)(N₂)组成的 C/N 比对好气和厌氧培养法的有机氮矿化率呈极显著的负相关。而对好气培养——间歇淋洗法不同时间的矿化率的相关性多数未达显著水平。以 NaOH-N(N₃)为氮素与有机碳组成 C/N 比时,其与各培养法不同时间的矿化率的相关性多数也未达到显著水平。

根据 C₁/N₁ 比与培养法矿化率的回归方程,当矿化率为零时的 C/N 比为 17~21。此值一般称为有机态氮有机化和矿化的临界值。但应当指出,在应用此临界值时,还应注意有机碳组成对矿化率的影响。例如有机态氮矿化率与糖及淀粉含量之间呈正相关,而与纤维素、半纤维素和果胶含量之间呈负相关。

表 5 有机肥料 C/N 比与矿化率的相关系数(r)

Table 5 Correlation coefficients(r) C/N between ratio of organic manure and N mineralization rate

C, N 组合 C and N form	好气培养(60 d) Aerobic incubation	厌氧培养(60 d) Anaerobic incubation	好气培养——间歇淋洗(60 d) Aerobic incubation intermittent leaching
C ₁ /N ₀ **	-0.893***	-0.845	-0.425
C ₁ /N ₁	-0.800	-0.795	-0.555
C ₁ /N ₃	-0.513	-0.385	-0.056
C ₂ /N ₀	-0.910	-0.808	-0.445
C ₂ /N ₂	-0.891	-0.809	-0.560
C ₂ /N ₃	-0.389	-0.259	-0.086

* 矿化率 = $\frac{\text{有机肥料矿化量} - \text{有机肥料原有的无机氮}}{\text{有机肥料全氮} - \text{有机肥料原有的无机氮}} \times 100\%$

** 见表 4

*** n=10, $\alpha(0.05)=0.602$, $\alpha(0.01)=0.735$

2.2 C/N 比与植物吸收氮的关系

由于 C/N 比影响有机肥料矿化率,也会影响植物从有机肥料中吸收氮素。用不同组合的 C/N 比与小麦、谷子及其总吸氮量作相关分析,从散点图可以看出,它们的关系为非线性相关,对几种非线性模型进行拟合寻优,选择了幂函数模型。植物的吸氮量与 C₁/N₁ 比和 C₁/N₀ 比的相关性最好,其次为 C₂/N₂ 比和 C₂/C₀ 比,而和有机碳与 NaOH-N(N₃)的比值关系不大,这与 C/N 比对有机肥料矿化率的影响结果相同。以 C₁/N₁ 比为横坐标,以植物总吸氮量(小麦和谷子)为纵坐标作

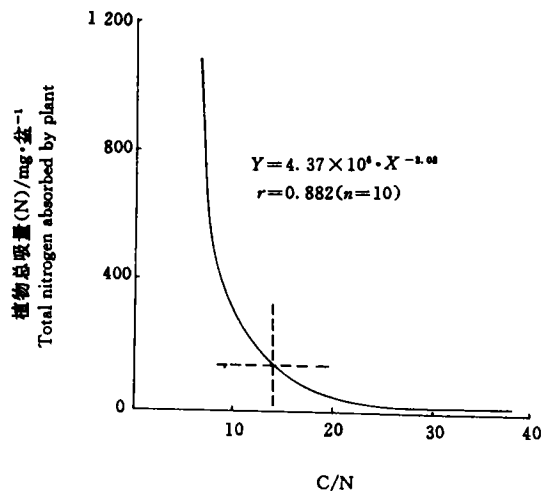


图 1 C/N 比与植物总吸氮量的关系曲线

Fig. 1 The relationship between C/N ratio and total nitrogen absorbed by plant

图如下(见附图)。从附图可以看出,植物吸氮量随 C/N 比的减少而增加,虽然 C/N 比为 20~22 时,植物开始吸收有机肥料中的氮,但只有 C/N 比下降到 14 时,植物吸氮量才急剧增加。因此,C/N 比小于 14 可作为评价有机肥料能否供应植物氮素的临界值。这个值比前述的有机肥料矿化临界值低。

3 结论

有机肥料的 C/N 比(C 为有机肥料全碳,N 为碳氮联合测定的氮)与其氮素矿化率成直线相关,C/N 比在 17~21 时,有机肥料开始释放无机氮,此值可作为有机肥料有机化和矿质化的临界值。有机肥料 C/N 比与植物吸氮成幂函数相关,C/N 比为 14 时可作为评价有机肥料能否供应植物氮素的临界值。

参 考 文 献

- 1 李忠佩等. 有机物质在茶园土壤中的转化特性. 土壤,1990,(6):298~307
- 2 林增泉等. 有机肥料矿化累积. 土肥建设,1981,(3):19~27
- 3 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京:科学出版社,1983
- 4 黄东迈等. 有机无机态氮肥在水田和旱地的残留效应. 中国科学,1982(10)

Effects of C/N on the Release of Nitrogen from Organic Manures and of Nitrogen Absorbed by Plant

Li Junliang

(Lai yang Agricultural college, Shandong 265200)

Han Langfeng Jiang Rongfeng Zhang Fusuo

(Dept. of plant Nutrition, CAU)

Abstract: There was a significant correlation between the carbon content and nitrogen release in organic manures. The correlation between c,N and C/N, and N release and plant uptake varied with the determination methods. There was linear correlation between the ratio of total carbon to nitrogen, and nitrogen mineralization rate, when both C and N were determined simultaneously. The nitrogen absorbed by plant was exponentially correlated to C/N ratio. The inorganic nitrogen in organic manures began to release if the C/N was less than 17~21. The plant began to absorb nitrogen in a large amount if the C/N was less than 14.

Key words: organic manure; nitrogen; nitrogen absorbed by plant; C/N ratio