

改性造纸黑液木质素——氨氧化木质素(AOL)作为缓释氮肥的肥效研究

朱兆华, 王德汉, 廖宗文, 游植粼

(华南农业大学资源环境学院新肥料资源研究室, 广东 广州 510642, E-mail: Zhaohuazhu@21cn.com)

摘要: 通过玉米和水稻盆栽实验对改性(氧化氨解)造纸黑液木质素——AOL 作为一种缓释氮肥的肥效进行了研究。结果表明,与等氮量的碳铵和尿素相比,AOL 对盆栽玉米有着良好的增产效果,能够提高玉米对氮肥的利用率,但对盆栽水稻增产效果则不及碳铵和尿素。出现这种现象的原因正是由于 AOL 的缓释性和抗淋溶性。实验表明 AOL 是一种良好的缓释氮肥。

关键词: AOL; 缓释氮肥; 肥效; 氮素利用率

中图分类号: S131.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2001)02 – 0098 – 03

Fertilizer Efficiency of Ammonia – oxidized Lignin(AOL)a Modified Lignin from Wastewater in Paper – Making Used as a Slow – Released Nitrogen Fertilizer

ZHU Zhao-hua, WANG De-han, LIAO Zong-wen, YOU Zhi-lin

(New Fertilizer Resources Lab, South China Agricultural University, Guangzhou 510642 China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study the fertilizer efficiency of Ammonia – oxidized Lignin (AOL) used as a slow – released nitrogen fertilizer on corn and rice. The result indicated that AOL could strikingly increase the yield of corn and utilization ratio of nitrogen compared with ammonium bicarbonate and urea. However, it did not seem to be as effective as that for rice. In consideration of the nature of AOL with slow – released and anti – leaching properties, it may be concluded that AOL can be regarded as an attractive slow – released nitrogen fertilizer.

Keywords: AOL; slow – released nitrogen fertilizer; fertilizer efficiency; utilization ratio of nitrogen

造纸工业的污染主要来源于造纸黑液,造纸黑液的主要成分是木质素。处理造纸黑液的最佳方式是进行综合治理,将其中的木质素进行资源化开发利用,变废为宝。在工业上,已有以造纸黑液木质素及其降解产物为原料的木质素产品出现,如将造纸黑液木质素直接或改性后作为减水剂、粘合剂、水泥粉碎助剂、土质稳定剂等应用于建筑、陶瓷、水泥制造、筑路及化工行业^[1,2]。造纸黑液木质素在农业领域的应用研究才刚刚开始。一般都是将造纸黑液木质素进行化学改性,作为缓释氮肥、磷肥活化剂、氮肥增效剂及拌种剂等^[3-5]。

木质素是一种网状高分子物质, C/ N 高(250 左

右), 活性基团多, 在土壤中分解缓慢, 是土壤腐殖质的前体^[5,6]。在造纸过程中木质素大分子大部分已经降解, 从造纸黑液中分离出的木质素多数由数个或数十个苯基丙烷单元组成, 具有多种活性基团, 因而具有较强的反应活性, 体现出螯合性和胶体性质^[1]。当利用氧化氨解法在黑液木质素分子结构上接上氮素时, 这些氮素绝大多数就成为有机键合态氮, 表现出较强的缓释性, 可以在土壤微生物的作用下逐渐矿化释放出来, 因而这种含氮的木质素可以作为一种缓释氮肥使用。本文对改性造纸黑液木质素——AOL 作为一种缓释氮肥的肥效进行了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

土壤: 河流冲积物发育的水稻土, 采于华南农业大学农场三区。其基本理化性质如表 1。

收稿日期: 2000 – 03 – 20

基金项目: 广东省高教厅六校联合科研项目(9753); 广东省自然科学基金(99074); 华南农业大学博士启动基金资助

作者简介: 朱兆华(1973—), 男, 华南农业大学资源环境学院研究生。

表 1 供试土壤的基本性质

Table 1 Physical and chemical properties of the soil studied							
pH	P ₂ O ₅	全氮	NO ₃ - N	NH ₄ - N	速效钾	OM	CEC
水 : 土 = 2.5	/mg · kg ⁻¹	/g · kg ⁻¹	/mg · kg ⁻¹	/mg · kg ⁻¹	/mg · kg ⁻¹	/%	/cmol · kg ⁻¹
6.07	49.3	0.015 6	10.55	18.51	206.70	2.34	6.69

AOL: 从造纸黑液中分离出的木质素通过氧化氮解导入氮素而制成的一种缓释氮肥^[5]。其全 N 量为 13.02%, 其中铵态 N: 7.15%、固形物含量: 15.26%、pH:8.87。

化肥:碳铵、尿素。
作物: 玉米, 品种为“超甜 43 号”; 水稻, 品种为“七华占”。

1.2 研究方法

1.2.1 玉米盆栽实验

本试验通过单施或配施的方式将 AOL 与等氮量的碳铵和尿素的肥效做了比较。共设有 10 个处理:①对照, N = 0; ②N = 100 mg · kg⁻¹(AOL); ③N = 100 mg · kg⁻¹(碳铵); ④N = 100 mg · kg⁻¹(尿素); ⑤N = 100 mg · kg⁻¹(20% AOL、80% 碳铵); ⑥N = 100 mg · kg⁻¹(50% AOL、50% 碳铵); ⑦N = 100 mg · kg⁻¹(80% AOL、20% 碳铵); ⑧N = 100 mg · kg⁻¹(20% AOL、80% 尿素); ⑨N = 100 mg · kg⁻¹(50% AOL、50% 尿素); ⑩N = 100 mg · kg⁻¹(80% AOL、20% 尿素)。以上各处理均施 100 mg · kg⁻¹ P₂O₅ 和 150 mg · kg⁻¹ K₂O, 分别由 KH₂PO₄、KCl 提供, 处理⑤—⑩中的比例为氮素含量比。每处理重复 4 次, 每盆装 2 kg 土, 留苗 3 株。第一造于 1998 年 9 月 12 日播种, 10 月 7 日收获, 收获后称重, 制样并测定植株含氮量。第二造不施氮肥, 补充磷钾 (其用量与第一造相同), 以观察氮肥的后效, 于 1998 年 10 月 16 日播种, 11 月 19 日收获。

1.2.2 水稻盆栽试验

试验共有 10 个处理, 各处理的施肥方案与玉米盆栽实验相同。每处理重复 4 次, 每盆装 5 kg 土, 每盆插秧 4 穴, 每穴 3 株。1998 年 7 月 31 日装盆, 浸泡 4 d 后, 移植秧苗, 秧龄为 19 d, 10 月 27 日收获并考察有效穗数、生物量、结实率、千粒重、谷秆比等指标以及测定籽粒、稻秆的含氮量。

2 试验结果

2.1 玉米试验

两造玉米试验的结果显示 AOL 有着良好的增产效果。如表 2 所示, 第一造单施 AOL 的生物量(8.99 g)比单施碳铵(7.74 g)、尿素(6.97 g)都高。AOL 与碳铵配施

表 2 盆栽玉米的生物量及氮素利用率
Table 2 Biomass and utilization rate on
nitrogen by corn in pot

处理	生物量/g · 盆 ⁻¹			植株含氮量/%		氮素利用率
	第一造	第二造	累计	第一造	第二造 (累计)	
①	5.38 c	2.71 a	8.09 c	1.11 c	1.09 a	—
②	8.99 a	2.71 a	11.70 a	1.41 b	1.09 a	44.69 c
③	7.74 b	2.79 a	10.53 a	1.65 ab	1.02 a	44.61 c
④	6.97 b	2.50 a	9.47 b	1.76 a	1.07 a	40.11 d
⑤	7.46 b	3.03 a	10.49 a	1.73 a	1.07 a	48.15 b
⑥	8.12 ab	3.70 a	11.82 a	1.73 a	1.16 a	62.76 a
⑦	7.12 b	2.65 a	11.06 a	1.61 ab	1.09 a	47.07 b
⑧	8.31 a	2.47 a	10.78 a	1.58 b	1.18 a	47.46 b
⑨	7.92 b	2.64 a	10.56 a	1.53 b	1.11 a	40.82 d
⑩	8.18 ab	2.74 a	10.92 a	1.49 b	1.12 a	42.21 d
⑤—⑦平均	7.57	3.13	11.12	1.71	1.11	52.66
⑧—⑩平均	8.14	2.62	10.75	1.54	1.14	43.50

的生物量(7.46 g、8.12 g、7.12 g)比单施碳铵的高, 比不上单施 AOL 的。AOL 与尿素配施的生物量(8.31 g、7.92 g、8.18 g)比单施尿素的高。各施肥处理的第二造生物量差异不显著, 总体来说 AOL 与碳铵配施的效果较其它处理好些。如果将两造的生物量相加进行比较可以发现不论是单施还是配施有 AOL 的处理都要比没有 AOL 的处理高。

通过计算玉米的氮素利用率(表 2)可以发现, 单施 AOL 的氮素利用率(44.69%)与单施碳铵(44.61%)相当, 比单施尿素(40.11%)高。AOL 与碳铵配施的 3 个处理(48.15%、62.76%、47.07%)都要比单施 AOL 和单施碳铵的高; AOL 与尿素配施的 3 个处理(47.46%、40.82%、42.21%)要比单施尿素高, 与单施 AOL 相当。

为了从整体上比较 AOL 与碳铵和尿素配施的效果, 将 AOL 与碳铵、尿素配施的 3 个处理的生物量、含氮量及氮素利用率平均后可以看出, AOL 与碳铵配施有着比单施 AOL 及碳铵更高的氮素利用率; AOL 与尿素配施有着比单施尿素更高的氮素利用率, 与单施 AOL 相当。

从以上分析可以看出, 与等氮量的碳铵和尿素相比, AOL 无论是单施还是配施都对盆栽玉米有着良好的增产效果, 能够显著提高玉米的生物量和氮素利用率。

2.2 水稻试验

水稻收获后考察了产量、生物量、千粒重、结实率、谷秆比、有效穗数等指标,见表 3。从产量和生物量上比较,单施 AOL 的产量和生物量(43.85 g、80.81 g)与单施碳铵(44.74 g、81.17 g)相当,比不上单施尿素(50.14 g、89.00 g)。AOL 与碳铵配施的产量和生物量(43.13 g、78.24 g,43.41 g、78.95 g,44.17 g、81.77 g)与单施 AOL 及单施碳铵差异不显著;AOL 与尿素配施(42.93 g、80.15 g,46.52 g、87.48 g,43.32 g、71.84 g)

比不上单施尿素,与单施 AOL 相当或更低。为了从整体上比较 AOL 与碳铵和尿素配施的效果,将 AOL 与碳铵和尿素配施的各个处理的生物量或产量平均后可以看出,AOL 与碳铵和尿素配施没有明显差别。各施肥处理的千粒重和谷秆比差异不显著,AOL 与碳铵配施的结实率较高。从有效穗数上看,单施尿素的有 效穗数最高,其它处理则较低。80%AOL 与 20%尿素配施可以明显提高水稻的穗粒数,其它施肥处理较小。

表 3 水稻盆栽试验考种指标(表中数据均为平均值)
Table 3 Checked index of rice in the pot test (all data in the table in mean value)

处理	产量 /g·盆 ⁻¹	生物量 /g·盆 ⁻¹	千粒重 /g	结实率 /%	谷秆比	有效穗数	穗粒数
①	32.19d	62.38f	18.62 a	94.65 ab	1.07b	3.7 c	504 a
②	43.85 c	80.81b	17.33b	91.26 c	1.19 ab	6.1 ab	453bc
③	44.74 c	81.17b	17.88b	94.47 ab	1.23 a	6.0 ab	446 c
④	50.14 a	89.00 a	17.34b	92.28 bc	1.29 a	7.1 a	475 b
⑤	43.13 c	78.24 c	17.38b	91.17 bc	1.23 a	6.1 ab	442 c
⑥	43.41 c	78.95 c	18.02 ab	94.52 a	1.22 a	5.8 b	444 c
⑦	44.17 c	81.77b	17.69b	95.64 a	1.17 ab	5.6 b	458bc
⑧	42.93 c	80.15b	17.63b	92.32 bc	1.15 ab	5.7 b	467 b
⑨	46.52b	87.48 a	18.02 ab	93.63 b	1.34 a	6.3 ab	445 c
⑩	43.32 c	71.84d	17.59b	91.62 c	1.52 a	5.5 b	492 a
⑤—⑦平均	43.57	79.65	17.70	93.78	1.21	5.83	448
⑧—⑩平均	44.26	79.82	17.15	92.52	1.34	5.83	468

对收获后的水稻籽粒、秸秆的含氮量也进行了测定,并计算了氮素利用率,如表 4 所示。比较各处理的氮素利用率可以看出,在盆栽条件下,单施 AOL 的氮素利用率(41.72%)比不上单施尿素(67.88%)和碳铵(44.37%)。AOL 与碳铵配施的 3 个处理中,除 80% AOL 与 20%碳铵配施的氮素利用率(47.32%)比单施 AOL 和单施碳铵的高外,其余的两个处理都比单施

AOL 和单施碳铵低;AOL 与尿素配施的 3 个处理的氮素利用率都要比单施尿素低,与单施 AOL 相比,除 80%AOL 与 20%尿素配施比单施 AOL 低外,其余的两个处理都要比单施 AOL 高。由此可以看出,不论是单施还是与碳铵、尿素配施,AOL 对盆栽水稻的增产效果与单施碳铵或尿素相比不够理想。

水稻和玉米的增产量与肥料养分利用率取决于肥料的养分供应。影响肥料养分供应主要有两个因素:肥料养分的释放和损失。肥料不同,养分的供应和损失特点也就不同。由于 AOL 中的氮素绝大多数为有机键合态氮,在淹水条件下释放缓慢,从 AOL 的矿化实验来看,在 3 个月内 AOL 中的氮素还不能完全释放,因此在作物的生长过程中 AOL 中的氮对作物并非全部有效,无机氮肥则刚好相反,其养分全部是有效氮。也正是由于 AOL 的氮素释放缓慢,它的另一个特点是具有较好的抗淋溶特性,淋溶实验的结果也证实了这一点,在等氮量的条件下,AOL 的淋溶损失最小,其次是碳铵,尿素的损失最大。盆栽实验中各施肥处理的肥料养分供应实际上是养分释放和损失的

(下转第 119 页)

表 4 水稻的氮素利用率

Table 4 Utilization rate on nitrogen by rice

处理	籽粒含氮量 /%	秸秆含氮量 /%	吸氮量 /mg	水稻的氮素利用率 /%
①	1.22 a	0.86 a	0.089 3 c	—
②	1.25 a	0.85 a	0.156 3 ab	41.72 c
③	1.25 a	0.86 a	0.156 2 ab	44.37 b
④	1.32 a	0.98 a	0.149 4 b	67.88 a
⑤	1.34 a	0.79 a	0.161 5 ab	40.83 c
⑥	1.27 a	0.83 a	0.183 4 a	39.12 c
⑦	1.29 a	0.85 a	0.159 9 ab	47.32 b
⑧	1.32 a	0.85 a	0.160 4 ab	46.50 b
⑨	1.15 a	0.86 a	0.150 5 ab	47.24 b
⑩	1.36 a	0.82 a	0.152 6 ab	34.39 d
⑤—⑦平均	1.30	0.82	0.170 0	42.42
⑧—⑩平均	1.28	0.84	0.154 5	42.71