木质素对土壤N、P转化及玉米产量的影响*

黄益宗 冯宗炜 张福珠
(中国科学院生态环境研究中心 北京 100085)

摘 要 研究造纸黑液中提取的木质素对土壤N、P转化及其对玉米生长和产量的影响结果表明,木质素可减缓NH_4^+向NO_3^-氧化,且随其施用量的增加效果更显著。木质素与磷酸二铵混合施用效果最佳,其次为硫酸铵>尿素。在30℃温度下培养27d,施用量为2%和5%的木质素可分别减少施尿素土壤N_2O释放83%和96%;而施磷酸二铵的土壤则分别减少83%和93%。施用木质素可促进难溶性P的溶解,对作物生长极为有利。玉米盆栽试验中施用木质素的根系较发达、粗壮,平均株高、地上部和地下部的鲜物质量和干物质量均高于不施木质素的处理。木质素用量为50μg/g和200μg/g时玉米籽粒产量分别提高4.2%和18.8%。

关键词 木质素 N、P转化 N_2O释放 玉米产量

Effect of lignin on N,P transformation in soil and corn yield. HUANG Yi-Zong, FENG Zong-Wei, ZHANG Fu-Zhu (Research Center of Eco-Environment Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085), *CJEA*, 2001, 9(3): 75~77

Abstract Effect of lignin isolated from black liquor of pulping process on N,P transformation in soil and corn yield has been determined. Results show that lignin can inhibit oxidization of NH_4^+ to NO_3^-, and the inhibiting effects increase with concentration. Both $(NH_4)_2HPO_4$ and $(NH_4)_2SO_4$ treatments are more effective for inhibiting nitrification than urea treatment when lignin is applied. Urea plus 2% and 5% lignin can reduce N_2O emissions by about 83% and 96%, respectively, while $(NH_4)_2HPO_4$ plus 2% and 5% lignin can respectively reduce N_2O emissions by 83% and 93% (30℃). Water-solubility P content in soil increases when lignin is applied. The results of potted test show that corn growth is better at lignin treatment than at non-lignin treatment. Lignin accelerates corn root and height growth. At concentrations of 50μg/g and 200μg/g, lignin increases corn yield 4.2% and 18.8%, respectively.

Key words Lignin, N P transform, N_2O emission, Corn yield

能源和化学原材料的短缺使人们日益关注资源的再利用问题,我国每年有大量富含木质素的造纸黑液被排放到水体中,导致大量资源浪费和环境污染。许多研究已报道,从造纸黑液中提取的木质素可作为燃料、聚合粘合剂、抗氧化剂、加固剂和肥料缓释剂等再利用,本试验侧重研究从造纸黑液中提取的木质素对土壤N、P转化及其对玉米生长与产量的影响。

1 试验材料与方法

供试土壤采自北京市北郊农场史各庄科技园耕地0~20cm表土,壤质为偏碱性潮褐土,土壤pH值为8.58,全N1.0g/kg,全P1.6g/kg,有机质13.4g/kg,C/N值为7.8。供试木质素由中国科学院生态环境研究中心资源再利用实验室提供,为造纸黑液酸性提取法产品。木质素对土壤N的影响试验,称取20g土壤置于250mL玻璃瓶内,加入4mg纯N尿素(a)、硫酸铵(b)和磷酸二铵(c);木质素施用量(在每g土壤中,下同)设0μg/g(CK)、10μg/g(Ⅰ)、50μg/g(Ⅱ)和200μg/g(Ⅲ)4个水平,土壤水分调节至田间持水量的70%,在20℃温度下进行通气培养,每处理3次重复,培养7d和14d后把培养箱中培养瓶取出分析瓶中土壤的NH_4^+-N和NO_3^--N含量。木质素对土壤N_2O释放的影响试验,称取20g土置于50mL试管中,加入2mg纯N的尿素或磷酸二铵,木质素的施用量设0mg/g、20mg/g和50mg/g3个水平,土壤水分调节至田间持水量的70%,用橡胶塞塞紧试管口以防漏气,每处理3次重复,在30℃温度下培养27d。分别在培养3d、6d、9d、12d、15d、18d、21d、24d和27d后从培养箱中取出试管,用30mL玻璃注射器采集气体样品,样品中的N_2O用

* 国家自然科学基金项目(39790100)资助
收稿日期:2000-06-12 改回日期:2000-07-16

配有美国 Varian 公司生产的电子捕获检测器的 SP-3410 气相色谱仪(北京分析仪器厂)进行测定。用渗漏计试验研究木质素对土壤 P 转化的影响,渗漏计土柱高 20cm,直径 8cm,装 1.4kg 土壤,土柱底部铺有 2.5cm 细沙,试验肥料为磷酸二铵,施用量以每 kg 土壤 0.3gP_2O_5 计算。木质素设(在每 g 土壤中)0μg/g、100μg/g、500μg/g 和 1000μg/g4 个水平,3 次重复,控制渗漏速度在100ml/h左右,每 10h 收集渗漏液,分析其水溶性 P 含量和 pH 值。木质素对玉米产量的影响,试验用盆栽 28.5cm 28.5cm,装土 15kg,供试玉米品种为"96-1"(由中国农业科学院提供),土壤施肥磷酸二铵 0.15g/kg。N 的计算试验为木质素(在每 g 土壤中)设 0μg/g、50μg/g 和 200μg/g3 个水平,3 次重复。1999 年 6 月 25 日种植玉米和施肥(种植前玉米种子经过催芽培养),每盆定植 4 株;1999 年 8 月 19 日测定玉米株高、地上部鲜物质量和干物质量、地下部鲜物质量和干物质量;1999 年 9 月 29 日收获玉米并测定产量。

2 结果与讨论

2.1 木质素对土壤 N 转化的影响

N 肥施入土壤后,经过硝化反应把 NH_4^+ 氧化为 NO_3^-。NO_3^- 和 NH_4^+ 虽是作物可利用的有效性氮,但 NO_3^- 比 NH_4^+ 在土壤中易于移动和被淋溶损失掉,造成肥料浪费和污染水体,硝化反应过程也可产生 N_2O。木质素能减缓 NH_4^+ 向 NO_3^- 氧化,其效果因施 N 土壤不同而异(见图 1)。施用尿素、硫酸铵和磷酸二铵的土壤经过 I、I 和 II 处理施用木质素并培养 7d,NH_4^+-N 含量分别比对照提高16.0%～27.8%、20.4%～46.1%和28.8%～62.4%,NO_3^--N 含量分别降低了 9.4%～16.8%、10.4%～23.1%和11.6%～26.5%;培养 14d,NH_4^+-N 含量分别比对照提高了 30.1%～88.9%、49.5%～97.1%和 50.9%～107.0%,NO_3^--N 含量分别比对照降低了5.1%～15.8%、9.4%～19.3%和10.4%～21.3%。

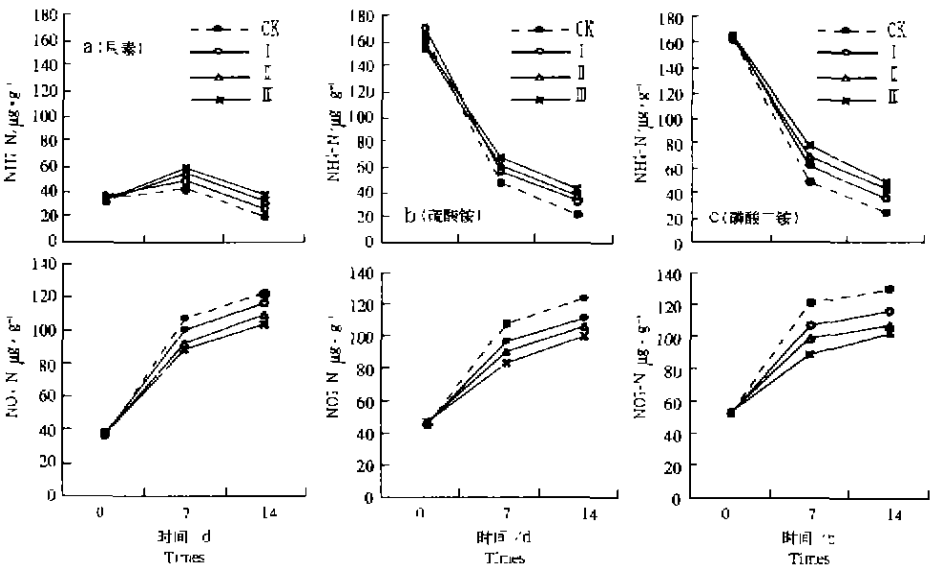

图 1 木质素对不同施肥处理土壤 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 含量的影响

Fig. 1 Effect of lignin on NH_4^+-N and NO_3^--N content in soil treated with different fertilizers

2.2 木质素对土壤 N_2O 释放的影响

由图 2 可知木质素对施尿素土壤 N_2O 释放的影响,不施木质素的对照处理 N_2O 释放至第 6d 时达最大值,为 52.6mg/m³,第 6d 后 N_2O 释放迅速下降,至第 15d 时 N_2O 释放仅为 1.2mg/m³。施用 20mg/g 的木质素后 N_2O 释放大大减少,培养第 15d 时仅有较小的 N_2O 释放高峰(4.6mg/m³)。施用 50mg/g 木质素后 N_2O 释放量更少,可忽略不计。经计算,培养 27d 施用 20mg/g 和 50mg/g 的木质素比对照 N_2O 释放分别减少 83%和 96%。当 N 素肥料为磷酸二铵时对照 N_2O 释放从第 3d 的 27.0mg/m³增至第18d的99.7mg/m³,第18d后迅速下降,培养至

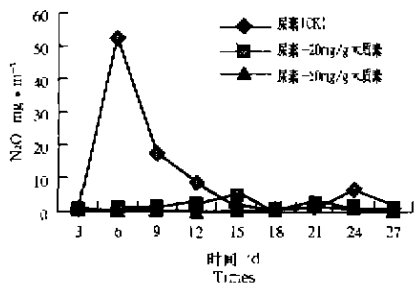

图 2 木质素对施尿素土壤 N_2O 释放的影响

Fig. 2 Effect of lignin on N_2O emission from soil treated with urea

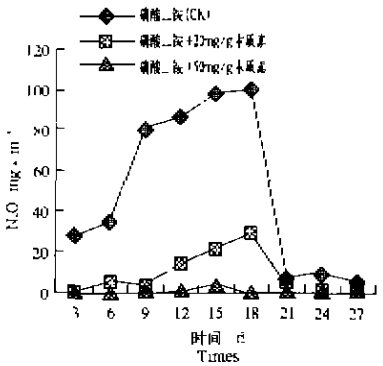

图 3 木质素对施磷酸二铵土壤 N_2O 释放的影响

Fig. 3 Effect of lignin on N_2O emission from soil treated with $(NH_4)_2HPO_4$

第 21d 时 N_2O 释放量很少。施用 20mg/g 的木质素后 N_2O 释放明显减少，其 N_2O 释放高峰值（第 18d）比对照减少 71%。而施用 50mg/g 的木质素后 N_2O 释放极少：在 27d 培养过程中经过 20mg/g 和 50mg/g 的木质素处理后，N_2O 释放分别比无木质素处理的对照减少 83%和 93%（见图 3）。

2.3　木质素对土壤 P 转化的影响

土壤施 P 后，P 易在土壤中积累。据报道，P 肥当季利用率仅有 10%～25%，每年施入的 P 约有 75%～90%积累在土壤中。P 在土壤中易与 Ca、Al、Fe 和 O 等形成无机磷复合体。成瑞喜等认为，在中、酸性土壤中 Ca_2-P、Al-P 和 Fe-P 是土壤有效磷的重要来源，O-P 和 Ca_{10}-P 在土壤中较稳定，对作物基本无效[1]。在施用磷酸二铵的土壤中经过木质素处理后，土壤中水溶性 P 的释放提前，不施木质素的处理至 30h 后才有水溶性 P 释放出来，而施木质素后第 10h 即可检出水溶性 P 存在（见图 4）。木质素施用量越高，水溶性 P 的释放量越大，且迅速达到最大值。施用木质素后土壤渗漏水的 pH 值变化不大，故木质素促进水溶性 P 的释放不是因 pH 值的变化所引起，而可能是由于木质素与土壤的 Ca、Al、Fe 等元素发生作用，使 P 与这些元素形成难溶性复合体的机会减少，或由于木质素为无机磷矿化菌和无机磷溶解菌提供丰富的碳源，这 2 种细菌大量繁殖促进了土壤难溶性 P 的溶解原因所致。

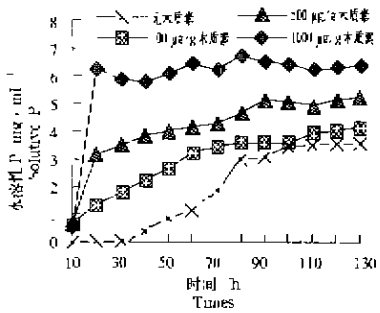

图 4　不同木质素施用量对土壤 P 转化的影响

Fig. 4　Effect of lignin on P transform in soil

2.4　木质素对玉米生长与产量的影响

木质素对玉米生长影响的盆栽试验结果见表 1，由表 1 可知木质素可促进玉米生长和提高籽粒产量，玉米种植 55d 后木质素施用量 50μg/g 和 200μg/g 时，平均株高分别比不施木质素的对照增加 5.7%～12.6%，地上部干物质量增加14.6%～21.8%，地下部干物质量增加36.6%～63.4%。施用木质素后玉米根系较发达、粗壮，有利于对土壤养分吸收，木质素处理比对照玉米籽粒产量提高 4.2%～18.8%。木质素提高作物产量的原因是它为 1 种天然的高分子化合物，具有复杂的网状结构分子和多种活性基团（羧基、酚羟基、羟基醌等），在木质素吸附和络合作用下大大提高土壤的 N、P 有效性，满足作物的生长需要。穆环珍等研究了木质素包衣尿素的一些物理和化学特性，发现该肥料比普通尿素水溶性降低，可抑制土壤脲酶活性，减缓尿素的水解，从而减少氨的挥发损失。木质素包衣尿素供 N 水平较普通尿素高 0.4～1.1 倍[2]，开发和利用从造纸废液提取的木质素，对环境保护和资源的再利用均具有十分重要的现实意义。

表 1　木质素对玉米生长及产量的影响*

Tab. 1　Effect of lignin on corn growth and corn yield

施用量/μg·g⁻¹ Amount of lignin applied	平均株高/cm Mean plant height	鲜物质量/g·盆⁻¹ Fresh mass 地上部 Over ground	地下部 Under ground	干物质量/g·盆⁻¹ Dry mass 地上部 Over ground	地下部 Under ground	产量/g·盆⁻¹ Yield
0	133.7	646.0	61.2	100.5	9.3	300.4
50	141.3	714.4	80.8	115.2	12.7	313.1
200	150.6	742.8	97.2	122.4	15.2	356.8

* 平均株高、地上部和地下部鲜物质量、干物质量为玉米种植 55d 后测定结果；产量为玉米收成后测定结果。

参 考 文 献

1　成瑞喜等. 磷肥对中酸性土壤无机磷形态转化及其有效性的影响. 土壤，1995，27(5)：225～268

2　穆环珍等. 木质素氮肥增效剂研制与增产效应研究. 农业环境保护，1999，18(6)：251～253

欢迎订阅 2002 年《华北农学报》

《**华北农学报**》是由北京、天津、河北、山西、内蒙古、河南 6 省（区）市农科院和农学会联合主办的大农业学术刊物。主要刊登农业各学科的学术论文、研究报告、科研简报及学术动态，适于农业科研人员、技术人员、大专院校师生等阅读。本刊为季刊，每期定价 5.00 元，全年 20.00 元，邮发代号：18-10，全国各地邮局均可订阅。漏订者可汇款至本刊补订，地址：(050051)石家庄市和平西路 598 号《华北农学报》编辑部。

欢迎订阅 2002 年《中国果树》

《**中国果树**》是由中国农业科学院果树研究所主办的技术期刊，主要报道我国果树科研新成果、新技术、新经验，交流果树生产先进经验，普及果树科技知识，提供国外果树科技信息等。本刊为双月刊，每期定价 4.00 元，全年 24.00 元，邮发代号：8-106，全国各地邮局均可订阅。漏订者可汇款至本刊补订，地址：(125100)辽宁省兴城市中国农业科学院果树研究所《中国果树》编辑部。