

阿魏酸、对羟基苯甲酸对土壤中氮矿化的影响*

王威, 祝心如, 吴萼, 马瑞霞, 刘秀芬 (中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要: 实验研究阿魏酸、对羟基苯甲酸对土壤中的氮矿化的影响, 分析了麦秸和麦秸在土中腐解时产生的酚酸与土壤中氮矿化作用的相关性. 结果表明, 2种酸对氮矿化的影响不同. 在对羟基苯甲酸存在下微生物对氮的固持作用大于在阿魏酸存在下的固持作用. 土样中加入酚酸与加入麦秸相比, 麦秸对土壤中氮的矿化的影响更为显著, 变化趋势也不同.

关键词: 阿魏酸, 对羟基苯甲酸, 氮矿化作用.

中图分类号: X131.3 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)01-0066-05

The Influence of Ferulic Acid and p-Hydroxybenzoic Acid on Nitrogen Mineralization in Soil

Wei Wang, Xinru Zhu, E Wu, Ruixia Ma, Xiufen Liu (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract: An investigation on the influence of the ferulic acid and p-hydroxybenzoic acid on the nitrogen mineralization in the soil was carried out. It was showed that ferulic acid and p-hydroxybenzoic acid could immobilize the nitrogen in the soil and the influence of the p-hydroxybenzoic acid was stronger than that of ferulic acid. The results also showed that the soil nitrogen mineralization was much stronger influenced by straws than that of phenolic acids, and with different trends.

Keywords: ferulic acid, p-Hydroxybenzoic acid, nitrogen mineralization.

已有很多文献指出, 植物凋落物在土壤中受微生物作用腐解时, 会产生酚酸^[1,2]. Blum, Einhellig 等人曾指出, 大部分存在于土壤中的酚酸, 来自于微生物对有机质残留物的分解, 例如有机残体腐解会产生苯乙酸, 4-苯基丁酸, 苯甲酸和肉桂酸等^[3,4]. 另一方面, 植物残体也为土壤中的微生物提供了营养, 使微生物种群、数量随有机残体的存在而变化 and 涨落. 土壤中的氮素在微生物的作用下, 也在发生着不断的转化. 植物残体的存在、酚酸的产生和氮的转化这3者之间有着相互联系. 本实验在研究土壤中氮的矿化过程的同时, 以阿魏酸、对羟基苯甲酸为代表研究了酚酸对氮矿化过程可能的影响.

1 实验

1.1 实验用土样及麦秸

从北京郊区平谷县农村小麦地采得麦地土

壤. 阴干后, 过0.9mm筛, 除去小石粒及植物残体, 留待实验用, 并测其理化性质(表1).

表1 实验土壤理化性状¹⁾

总氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	有机质/%	pH 值
931	647	17400	78	19	1.32	7.0

¹⁾表中给氮、磷、钾含量按元素计, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 测定土液比为1:2.5

实验用麦秸为“小偃六号”品种小麦的秸秆, 其含氮量为 $5.4\text{g}/\text{kg}$

1.2 实验方案及实施

实验中共设有6个处理, 每种处理4个重复(见表2).

将已过筛土样50g装入三角瓶中, 土样水分调节至50%的持水量. 6种不同处理, 共96

* 中国科学院“九五”攻关重点项目: KZ952-SI-230
 作者简介: 王威(1973~), 男, 硕士, 主要研究方向为秸秆还田对土壤中氮的影响.
 收稿日期: 1999-03-04

表2 实验中的6种处理

代码	a	b	c	d	e	f
处理	空白土样	土样+ 阿魏酸	土样+ 对羟基苯甲酸	土样+ 麦秸	土样+ 麦秸 + 阿魏酸	土样+ 麦秸+ 对羟基苯甲酸
土/g	50	50	50	50	50	50
麦秸/g	0	0	0	0.5	0.5	0.5
阿魏酸 ¹⁾ /ml	0	10	0	0	10	0
对羟基苯甲酸 ¹⁾ /ml	0	0	10	0	0	10

¹⁾加入的阿魏酸、对羟基苯甲酸的溶液浓度均为 10^{-2} mol/L

瓶. 加入的阿魏酸、对羟基苯甲酸的溶液浓度为 10^{-2} mol/L. 瓶口上覆盖微孔封口膜, 扎紧, 使其透气而不透水. 放入恒温培养箱中 30°C 培养, 总共培养44d. 从培养第5d开始采样, 以后每持续5d采样1次. 每次取样后立即分析, 测土样中的 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N值, 以及d、e、f3种处理样品中的铵化菌数目. NH_4^+ -N的测定使用奈氏试剂法^[6], NO_3^- -N的测定用酚二磺酸法^[7]. 铵化菌的测定使用MPN法^[6].

2 结果与讨论

2.1 阿魏酸、对羟基苯甲酸对铵化作用的影响

(1) 阿魏酸、对羟基苯甲酸对土样中铵氮含量的影响 从图1和表3可以看出, 土样中加入这2种酚酸之后, 其中的 NH_4^+ -N变化趋势与不加酚酸时大体一致. 在整个培养期间, NH_4^+ -N的量一直是在很低的水平上.

除去开始的大约15d时间, 空白土样中 NH_4^+ -N的量比加入阿魏酸的土样中的量要高. 在整个培养期间, 它们的 NH_4^+ -N含量差异显著(表3). 与空白土样相比, 加入了对羟基苯甲酸的土样中的 NH_4^+ -N量在培养的前8d里较高. 此后其 NH_4^+ -N量与空白土样基本相等. 并且在整个培养期间它们的差异不显著(表3).

有研究表明, 当酚酸量低于每g土中 $5\mu\text{mol/L}$ 时, 会促进土壤中微生物的生长^[1]. 在本实验中, 酚酸的加入量是在50g土加入浓度

为 10^{-2} mol/L的酚酸10ml, 相当于每g土中有 $2\mu\text{mol/L}$. 所以在培养初始阶段, 酚酸可能会促进铵化细菌的生长, 导致土样中 NH_4^+ -N含量比空白土样中的 NH_4^+ -N含量高.

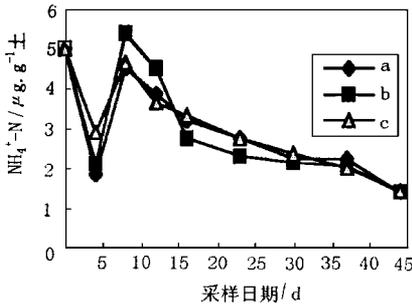
图1显示, 2种不同的酚酸对土中 NH_4^+ -N量的影响不同. 加入阿魏酸引起土中 NH_4^+ -N量变化显著, 而土样中加入对羟基苯甲酸之后, NH_4^+ -N量的变化并不显著. 在整个培养期间, 这2种不同处理的差异显著(表3).

Blum^[1]曾指出, 低浓度的酚酸会促进微生物的生长. 而微生物的生长又势必要利用 NH_4^+ -N或 NO_3^- -N而使土壤中的无机氮固持, 在开始的4d里, 土样b中 NH_4^+ -N相对较低应是这种因素所致. 随后在土样b中出现 NH_4^+ -N高值应是土壤中铵化微生物大量活动的结果. Blum认为, 通常土壤中的肉桂酸衍生物系列(如阿魏酸、香豆酸)对微生物的影响大于苯甲酸衍生系列(如香草酸、对羟基苯甲酸)的影响. 在本实验中, 添加阿魏酸的b样品中 NH_4^+ -N量有较显著变化, 其 NH_4^+ -N量的高峰值大于添加对羟基苯甲酸的c样品的 NH_4^+ -N量的高峰值. 本实验结果与Blum的推测是一致的. 从表3可见, 统计处理表明 NH_4^+ -N量在b、c 2种不同处理的土样中的差异是显著的. 同样, 在a、b 2种处理的样品中的差异也是显著的. 而在a、c 2种处理中差异不显著, 表明对羟基苯甲酸对 NH_4^+ -N量的影响甚小.

表3 a、b、c 3种处理的土样中 NH_4^+ -N含量的变化

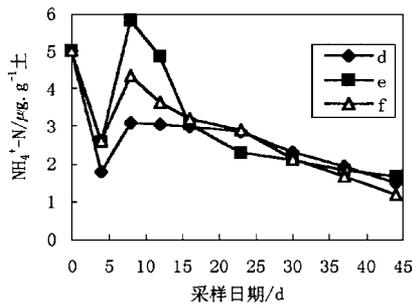
a, b		a, c		b, c	
变异来源	F 值及其显著性	变异来源	F 值及其显著性	变异来源	F 值及其显著性
时间	1268.27 ¹⁾	时间	542.63 ¹⁾	时间	886.84 ¹⁾
处理	271.51 ¹⁾	处理	0.22	处理	183.08 ¹⁾
时间×处理	105.87 ¹⁾	时间×处理	16.45 ¹⁾	时间×处理	56.52 ¹⁾

¹⁾ $a=0.01$ 时的差异显著性

图1 a、b、c 土样中不同采样时间的 NH_4^+-N 测定值表4 d、e、f 3种处理土样中 NH_4^+-N 含量变化

d、e		d、f		e、f	
变异来源	F 值及其显著性	变异来源	F 值及其显著性	变异来源	F 值及其显著性
时间	1617.42 ¹⁾	时间	2258.66 ¹⁾	时间	2467.79
处理	330.13 ¹⁾	处理	26.55 ¹⁾	处理	247.62
时间×处理	238.37 ¹⁾	时间×处理	108.09 ¹⁾	时间×处理	137.23

¹⁾ $\alpha = 0.01$ 时的差异显著性

图2 d、e、f 土样中不同采样时间的 NH_4^+-N 测定值

(2) 加入阿魏酸和对羟基苯甲酸对土样中铵化菌的影响 图3显示,在 e、f 添加了阿魏酸和对羟基苯甲酸的 2 种土样中,前 4 次采样时铵化菌的数目要高于未添加酚酸的 d 土样。加阿魏酸的 e 土样的铵化菌数要高于加对羟基苯甲酸的 f 土样。只有第 23 次采样为例外,第 37 次采样时 3 个土样中的数目相同。此时铵化菌的数目已较少,加之有计数带来的误差,用几个小量值来比较大小已意义不大。在 d、e、f 3 个土样中铵化菌数目及其变化趋势,与相应 3 个土样中的 NH_4^+-N 变化趋势相吻合。并且阿魏酸的作用强于对羟基苯甲酸。这表明在培养初期,土样中酚酸的加入和铵化菌数目的增多,以及 NH_4^+-N 含量的增高成正相关。

图2表明在添加麦秸的土样中,各处理土样中 NH_4^+-N 量的变化趋势基本相同。在整个培养期间, NH_4^+-N 值先降低、后升高,再渐渐降低至培养末期。在添加麦秸的土样中,再加入阿魏酸和对羟基苯甲酸,土样中 NH_4^+-N 值明显升高,并且阿魏酸的影响仍强于对羟基苯甲酸。但是,由于测定误差,数理统计表明(表4), NH_4^+-N 值在 e 与 f 2 样之间的差异不显著,只在 d 与 e, d 与 f 各样方之间有显著差异。

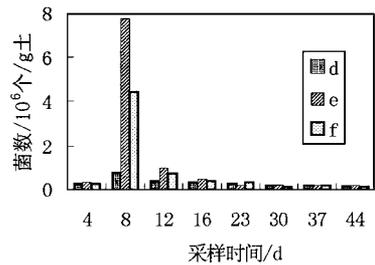


图3 d、e、f 土样中的铵化菌数

2.2 酚酸对硝化作用的影响

图4表明,加入酚酸后,在培养初期, NO_3^--N 的含量在添加的土样中与空白土样中相差无几,到培养后期,各添加的土样中的含量都低于空白土样中的含量。酚酸的加入为土壤中的微生物提供了碳源,引起微生物数目的增加,从而使微生物的同化作用增强。又由于土样中的 NH_4^+-N 含量很低,微生物同化将主要利用硝态氮为氮源。酚酸的加入造成的这种生物固持作用的增强,而使 NO_3^--N 的值显著降低。不过,2 种酚酸对土中的 NO_3^--N 变化的影响也并不相同。除第 12、13d 采样的测定值稍有不同外,在添加对羟基苯甲酸的土样中的 NO_3^--N 的含量显著低于添加阿魏酸的。有研究表明,阿

魏酸比对羟基苯甲酸更易于被土壤所结合^[5]. 当添加酚酸数日之后, 游离的对羟基苯甲酸应比阿魏酸稍多, 而对羟基苯甲酸一旦使土样中的 NO₃⁻-N 的含量降低后, 随后 NO₃⁻-N 的含量

就将在已经较低的水平下变化.

统计处理表明, 在3种处理土样中 NO₃⁻-N 含量的差异是显著的(表5).

图5给出了土样中加入麦秸后, NO₃⁻-N 量

表5 a、b、c 3种处理土样中 NO₃⁻-N 含量的变化

a、b		a、c		b、c	
变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾	变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾	变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾
时间	1917.46	时间	1617.50	时间	1295.69
处理	554.29	处理	4298.81	处理	1019.08
时间× 处理	79.66	时间× 处理	1088.85	时间× 处理	737.73

¹⁾a= 0.01时的差异显著性

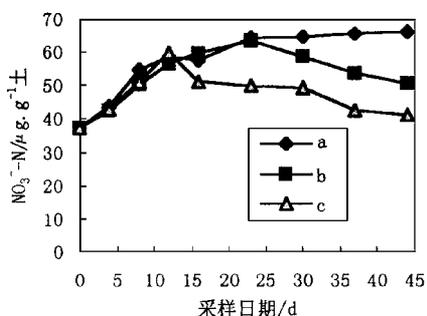


图4 a、b、c 土样中 NO₃⁻-N 随时间变化的测定值

的变化情况. 可以看出, 其变化情况与未添加麦秸时有显著不同. 在培养的初期, 土中的 NO₃⁻-N 值一直下降. 直到第12d 采样, 土样 d (土+ 麦秸) 中的 NO₃⁻-N 含量开始回升, 而土样 e (土+ 麦秸+ 阿魏酸) 在第16d 采样时才观

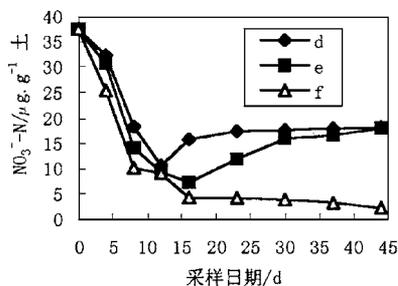


图5 土样 d、e、f 中 NO₃⁻-N 随时间的变化测定值

察到 NO₃⁻-N 值的回升. 土样 f (土+ 麦秸+ 对羟基苯甲酸) 中的 NO₃⁻-N 量一直下降到培养末期. 同时加麦秸和酚酸的土样, 其 NO₃⁻-N 值的下降甚于只加酚酸的土样, 且整个培养期间的变化趋势有所不同. NO₃⁻-N 量在3种处理土样中的差异是显著的(表6).

表6 d、e、f 3种处理土样中 NO₃⁻-N 含量变化趋势

d、e		d、f		e、f	
变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾	变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾	变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾
时间	32342.71	时间	53625.44	时间	37260.30
处理	1939.96	处理	8020.51	处理	14963.10
时间× 处理	995.6	时间× 处理	583.58	时间× 处理	1115.98

¹⁾a= 0.01时的差异显著性

显然, 这种明显下降是加入麦秸造成的. 麦秸高 C/N 比, 会造成微生物对 N 的固持作用的增强. 土样中的 NH₄⁺-N 值很低, 因此微生物将主要利用 NO₃⁻-N 来完成自身的同化作用, 致使 NO₃⁻-N 含量下降.

从表7可见, 添加麦秸对土样中的 NO₃⁻-N 含量的影响显著大于添加酚酸对土样的影响.

与空白或是添加了酚酸的土样相比, 添加麦秸造成的土中的 NO₃⁻-N 的变化趋势也大不相同. 这说明, 添加2μm o/L 的酚酸对土样中的 N 的影响远没有添加1% 的麦秸的影响大.

2.3 酚酸对氮矿化作用的影响

将每一采样日期所测土样的 NH₄⁺-N 值与 NO₃⁻-N 值之和作为当时土样中的矿化氮值(图

6). 而将培养结束时的矿化氮值与培养开始时 矿化氮值之差做为整个培养期土样的矿化氮

表7 添加酚酸和添加麦秸对土样中的 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 影响的比较

a, d		b, e		c, f	
变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾	变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾	变异来源	F 值及其显著性 ¹⁾
时间	610.93	时间	600.87	时间	3512.12
处理	159086.6	处理	121423.7	处理	358052.1
时间×处理	4738.68	时间×处理	3662.77	时间×处理	8382.06

¹⁾ $\alpha = 0.01$ 时的差异显著性

值. 则6种处理的土样在整个培养期的矿化氮值为($\mu\text{g/g}$ 土): 土样 a 24.92; 土样 b 9.21; 土样 c 0.81; 土样 d - 22.68; 土样 e - 22.80; 土样 f - 38.98.

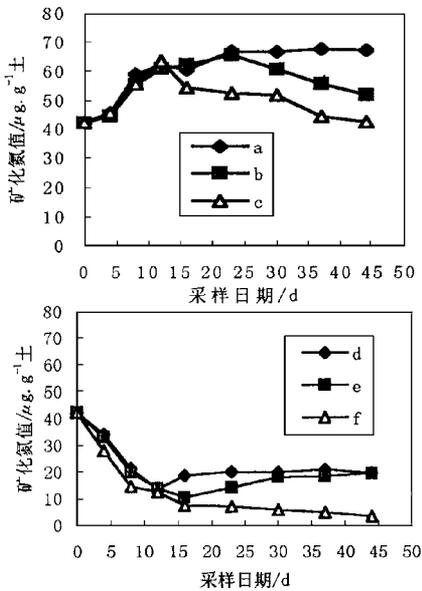


图6 6种土样中矿化氮的变化

整个培养期的矿化氮的最高值出自于不加酚酸的土样. 最低值则出自于添加了对羟基苯甲酸的土样. 未添加麦秸的土样, 矿质氮都有增加; 而添加了麦秸之后, 土中的矿质氮基本上消耗殆尽. 土样中加入酚酸之后, 虽也有固持氮的

作用, 但影响远不如麦秸. 各种处理中, 氮的矿化都与时间呈现了较好的相关性. 尽管阿魏酸、对羟基苯甲酸对氮的矿化也有着一定的影响, 但添加麦秸对氮矿化的趋势影响更为显著.

致谢 本实验中麦田土壤由贾敬业提供, 实验用麦秸由李继云提供. 谨致诚挚谢意.

参考文献

- 1 马瑞霞等. 小麦根区微生物分解小麦残体产生的化感物质及其生物活性的研究. 生态学报, 1996, 16(6): 632~639
- 2 马永清, 张玉铭. 小麦秸秆的生化化感效应. 生态学杂志, 1993, 12(5): 36~38
- 3 Blum U et al. Phenolic Acid Content of Soils from Wheat-No Till, Wheat-conventional Till, and Fallow-Conventional Till Soybean Cropping Systems. Journal of Chemical Ecology, 1991, 17(6): 1045~1068
- 4 Einhellig F A et al. Potentials for Exploiting Allelopathy to Enhance Crop Production. Journal of Chemical Ecology 1988, 14(10): 1829~1844
- 5 祝心如, 王大力. 酚酸类物质对植物生长的影响及在土壤中的滞留. 化学生态学, 中国生态学会化学生态专业委员会1991年学术讨论会论文集, 上海: 上海科技文献出版社, 1992, 71~77
- 6 严昶升. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社, 1988. 218~221
- 7 郑洪元, 张德生. 土壤动态生物化学研究法. 北京: 科学出版社, 1982. 180~182