

海藻酸增效剂对尿素在土壤中转化及损失的调控

张 静¹, 冀建华², 李絮花^{1*}, 陈 亮³

(1. 土肥资源高效利用国家工程实验室, 山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所, 江西 南昌 330200; 3. 曲阜市农业局, 山东 曲阜 273100)

摘 要: 通过海藻酸增效剂对尿素在土壤中的形态转化特征及其氨挥发损失的试验, 研究了海藻酸增效剂对氮肥增效的作用机理, 为进一步开发利用海藻酸资源、提高氮肥利用率提供科学依据。试验以山东潮土和安徽黄褐土为供试土壤, 以海藻酸增效尿素为供试肥料, 采用室内培养方法, 设置不施肥 (CK)、普通尿素 (U) 和海藻酸增效尿素 (AU) 3 个处理, 定期采集土壤样品测定土壤酰胺态氮、铵态氮、硝态氮含量及氨挥发量。结果表明, 1) 海藻酸增效剂能有效延缓土壤中尿素的水解。2) 与普通尿素处理 (U) 相比, AU 处理氨挥发总量降低 3.74% ~ 16.10%, 在潮土和黄褐土上氨挥发速率分别降低 11.54% ~ 21.57% 和 18.18% ~ 81.81%。3) AU 处理铵态氮的峰值在潮土和黄褐土上分别出现在第 5 和 7 d, 其峰值提高了 4.86% ~ 12.02%。4) 海藻酸增效剂抑制了第 5 ~ 7 d 内土壤铵态氮向硝态氮的转化。综上所述, 海藻酸增效剂可以减缓尿素的水解, 降低氨挥发速率和损失量, 抑制培养前期铵态氮向硝态氮的转化并且在不同的土壤中对氮素转化的影响效果不同, 对黄褐土中氮素转化的抑制作用更明显。

关键词: 海藻酸增效剂; 酰胺态氮; 氨挥发; 铵态氮; 硝态氮

世界农业发展的实践证明, 施用氮磷肥是提高作物产量、保持土壤肥力最快、最有效、最重要的措施之一^[1-2]。我国以占世界 7% 的耕地养活了占世界 22% 的人口, 取得举世瞩目的伟大成就, 化肥施用对于粮食增产起到了重要作用^[1-5]。朱兆良^[6-7]在 1992 年和 1998 年分别指出当时主要粮食作物氮肥利用率为 28% ~ 41%、30% ~ 35%。氮肥在施入土壤之后可以在短时间内转化为速效氮, 若速效氮不能及时被作物吸收, 则会通过氨挥发、硝化-反硝化、淋溶和径流等途径损失掉, 直接导致氮肥利用率低, 土壤质量下降等问题^[8]。化肥的低利用率不仅带来严重的经济损失, 同时也导致环境风险加大, 因此提高化肥利用率已经成为我国肥料施用及肥料产业的重要研究方向^[9]。

肥料增效剂是添加到肥料中促进和改善作物对肥料的吸收、利用, 从而提高肥料利用率的有机或无机物质^[10]。将海藻酸作为肥料的增效剂已经受

到了广大学者的关注, 并通过大量的科学实践取得了肯定的结果^[11-13]。海藻酸是以海藻为生产原料, 利用微生物发酵的方法制成的小分子活性物质^[11, 14-15]。将海藻酸作为肥料增效载体添加到尿素中, 可以显著提高尿素氮肥利用率^[16]。针对海藻酸如何影响土壤中氮素转化和氨挥发损失的研究却鲜有报道, 本文通过对海藻酸增效载体对氮肥在土壤中转化及损失影响的研究, 探讨其对氮肥在土壤中转化的机制, 旨在为进一步开发利用海藻酸资源, 提高氮肥利用率和海藻酸增效氮肥研发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤和肥料

试验于 2017 年 10 月至 2018 年 4 月在江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所实验室进行。供试土壤: 石灰性潮土、黄褐土, 分别采自山东和安徽 0 ~ 20 cm 的耕层土壤, 自然风干后磨碎并过 2 mm 筛, 保存备用。供试肥料: 海藻酸增效尿素 (全氮含量为 44.0%)。将活化海藻酸按 3% 的比例添加到熔融尿素中, 充分混合均匀, 冷却后制成粉末, 制成海藻酸增效尿素试验产品。采用常规分析方法测定土壤养分, 供试土壤肥力情况见表 1。

收稿日期: 2019-11-04; 录用日期: 2020-01-11

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题 (2016YFD0200402)。

作者简介: 张静 (1994-), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 研究方向为植物营养机理与调控。E-mail: 1570249712@qq.com。

通讯作者: 李絮花, E-mail: lixh@sdaa.edu.cn。

表 1 土壤理化性质

土壤类型	pH	有机质 (g · kg ⁻¹)	全氮 (g · kg ⁻¹)	铵态氮 (mg · kg ⁻¹)	硝态氮 (mg · kg ⁻¹)	有效磷 (mg · kg ⁻¹)	速效钾 (mg · kg ⁻¹)
潮土	7.76	9.85	0.82	16.65	9.66	19.21	340.00
黄褐土	7.13	9.03	0.60	19.92	18.08	8.32	241.50

1.2 试验方案

1.2.1 培养试验

本试验采用培养试验方法, 每种土壤类型设置 CK (不施尿素)、U (普通尿素)、AU (海藻酸增效尿素) 3 个处理, 每个处理重复 3 次。每个处理施氮量为 300 mg · kg⁻¹ 干土, 先调节土壤含水量为田间持水量的 60%, 预培养 7 d, 然后再调节土壤含水量为田间持水量的 80%。称取 80 g 土样 (以干土计), 分别加入海藻酸增效尿素和普通尿素, 混匀于塑料杯中 (内径 8 cm, 高 10 cm), 用塑料薄膜封口, 并用针在薄膜上扎 4 个小孔 (一方面可以通气, 另一方面可定期向培养杯中加水以保持土壤水分恒定), 将塑料杯置于 25℃ 人工气候箱中进行培养, 在培养过程中损失的水分通过称重法补充。于培养期间第 1、3、5、7、10、15、22、30 d 取样, 测定土壤酰胺态氮、铵态氮、硝态氮含量及氨挥发量。

土壤酰胺态氮采用二乙酰一肟比色法测定; 土壤氨挥发测定采用硼酸-指示剂静态吸收法; 土壤铵态氮、硝态氮测定采用 2 mol · L⁻¹ 氯化钾溶液浸提, 流动注射分析仪比色测定。

1.2.2 氨挥发试验

采用静态吸收方法, 每种土壤类型设置 CK (不施尿素)、U (普通尿素)、AU (海藻酸增效尿素) 3 个处理, 每个处理重复 3 次。每个处理施氮量为 300 mg · kg⁻¹ 干土, 先调节土壤含水量为田间持水量的 60%, 预培养 7 d, 然后再调节土壤含水量为田间持水量的 80%。称取过 2 mm 孔径筛的土壤 150 g (以干土计), 分别加入海藻酸尿素和普通尿素, 混匀于塑料杯中, 塑料杯内置盛有 10 mL 2% 硼酸和指示剂的 25 mL 烧杯。将其封口后放入 25℃ 人工气候箱中进行培养, 分别在第 3、4、5、8、12、20、25、30 d, 取出塑料杯中的吸收杯, 用 0.01 mol · L⁻¹ 1/2 H₂SO₄ 标准液滴定, 计算氨挥发量。

1.3 数据处理与分析

土壤氨挥发速率:

$$V_{\text{NH}_3\text{-N}} = 0.01 \times \frac{M}{S \times D} \quad (1)$$

式中, $V_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 表示土壤中氨挥发速率 (kg · hm⁻² · d⁻¹), M 表示每个捕获装置平均每次测定的氨量 (mg), S 为捕获装置的横切面积 (m²), D 为每次持续收集的时间 (d)。

土壤 NH₃ 挥发累积损失量:

$$Af = \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^n [(V_i + V_{i-1}) \times (T_i - T_{i-1})] \quad (2)$$

式中, Af 为土壤氨挥发累积损失量 (kg · hm⁻²), n 为施肥后总的测定次数, T_i 为第 i 次测定施肥后的第 T_i 天, $T_i - T_{i-1}$ 为 2 个相邻测定日期之间的时间间隔 (d), V_i 为第 i 次测定时的氨挥发速率 (kg · hm⁻² · d⁻¹)。

采用 Excel 2016 进行数据处理, SPSS 22.0 软件进行统计分析和 Duncan 新复极差法 (LSR) 进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 海藻酸增效剂对土壤中酰胺态氮含量的影响

表 2 反映的是 2 种类型土壤不同施肥处理在培养期间的酰胺态氮含量变化。在潮土和黄褐土 2 种类型土壤中, 尿素在施入土壤后的 5 ~ 7 d 被快速分解, 导致酰胺态氮在土壤中的含量迅速下降。

在培养的第 1、3、5、7 d, 潮土 AU 处理酰胺态氮含量比 U 处理分别增加 20.20%、30.21%、21.25%、8.11%, 其转化率分别降低 10.07%、5.96%、0.87%、0.09%; 黄褐土 AU 处理比 U 处理分别增加 17.71%、14.31%、28.29%、23.31%, 转化率分别降低了 9.01%、3.95%、4.07%、0.23%。在培养的前 3 d, 尿素在潮土中的转化率比在黄褐土中的高, 分别高出 2.49%、15.90%; 培养的第 5、7 d, 尿素在黄褐土中的转化率更高, 分别比在潮土中高出 7.04%、15.20%。与 U 处理相比, 2 种类型土壤海藻酸处理的酰胺态氮含量明显增加, 说明海藻酸可以在前期抑制尿素的水解, 提高土壤中酰胺态氮含量。

表 2 海藻酸增效剂对土壤中酰胺态氮含量的影响 (mg · kg⁻¹)

处理	培养天数 (d)							
	潮土				黄褐土			
	1	3	5	7	1	3	5	7
CK	4.16 ± 0.58c	3.41 ± 0.79c	3.63 ± 1.93c	3.78 ± 0.00c	3.81 ± 0.50c	4.19 ± 1.37c	3.93 ± 0.64c	3.12 ± 0.00c
U	149.59 ± 1.89b	59.12 ± 2.35b	12.23 ± 1.10b	3.45 ± 0.00b	152.67 ± 1.23b	82.74 ± 1.32b	43.12 ± 2.56b	2.96 ± 0.00b
AU	179.81 ± 0.96a	76.98 ± 5.26a	14.83 ± 1.39a	3.73 ± 0.00a	179.71 ± 1.75a	94.58 ± 2.43a	55.32 ± 0.76a	3.65 ± 0.00a

注：表中数据为平均值 ± 标准差，同列的不同字母表示 0.05 水平差异显著。

2.2 海藻酸增效剂对土壤中氨挥发的影响

不同施肥处理的氨挥发累积量与氨挥发速率如图 1 所示。肥料施入土壤后，随着培养时间的延长，U 处理和 AU 处理氨挥发累积量均逐渐增加，前期氨挥发累积量变化不明显，随着时间的推移，氨挥发累积量出现差异，氨挥发最大速率出现在 4 ~ 6 d。

在潮土中，CK 处理的土壤在培养期间没有检测出氨挥发，施肥处理氨挥发总量在前 8 d 迅速增加并在第 8 d 达到峰值。在整个培养期间 AU 处理氨挥发累积量一直低于 U 处理，至培养结束，U 处理和 AU 处理氨挥发总量分别为 1.87、1.80 kg · hm⁻²，AU 处理氨挥发总量要比 U 处理降低 3.74%。U 处理和 AU 处理氨挥发速率在培养的前 5 d 逐渐增加，其中在培养前 3 d 增加缓慢，第 3 ~ 5 d 迅速增加，并在第 5 d 达到最大值，分别为 0.52、0.46 kg · hm⁻² · d⁻¹，在培养的第 4、5 d，AU 处理

的氨挥发速率比 U 处理分别低 21.57%、11.54%。

与潮土一致，黄褐土的 CK 处理在培养期间也没有检测出氨挥发。U 处理和 AU 处理在培养前 20 d 逐渐增加。在前 3 d 有极少量氨挥发，第 3 d 到第 8 d 氨挥发总量迅速增加，第 5 d 到第 20 d 氨挥发速率呈下降趋势，第 8 d 后氨挥发总量增加缓慢，至培养结束时，氨挥发总量分别为 0.62、0.52 kg · hm⁻²，AU 处理氨挥发总量要比 U 处理降低 16.10%。U 处理和 AU 处理氨挥发速率在第 3 ~ 5 d 迅速增加，在第 5 d 达到最大值之后又迅速下降，在培养的第 5 d，AU 处理的氨挥发速率比 U 处理低 18.18%，并且在整个培养期间 AU 处理氨挥发速率一直低于 U 处理。

在整个培养期，潮土和黄褐土的氨挥发量分别第 8、20 d 达到峰值，并且潮土比黄褐土高出 1.25 ~ 1.28 kg · hm⁻²，两者氨挥发速率都在第 5 d 达到峰值，潮土的最大氨挥发速率比黄褐土高出

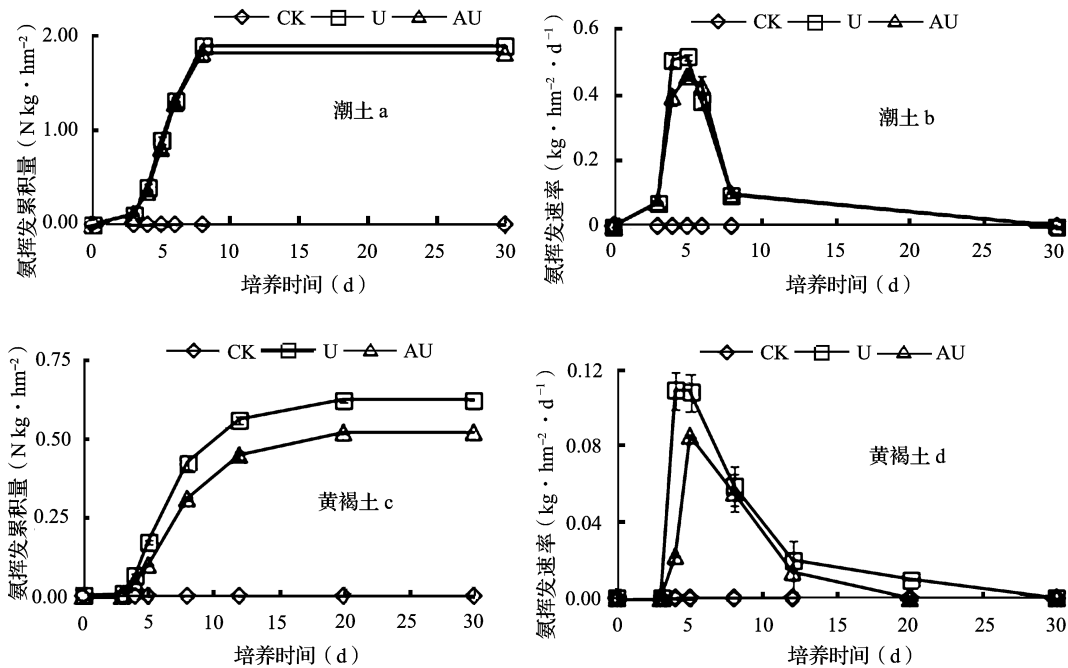


图 1 海藻酸增效剂对土壤氨挥发的影响

$0.37 \sim 0.41 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。海藻酸对黄褐土的氨挥发抑制效果更明显, 比对照土的氨挥发总量抑制和最大氨挥发速率的抑制分别高出 12.36%、6.64%。

2.3 海藻酸增效剂对土壤中铵态氮和硝态氮含量的影响

2.3.1 海藻酸增效剂对潮土中铵态氮和硝态氮含量的影响

不同施肥处理对土壤中铵态氮和硝态氮含量也有显著影响, 随着培养时间的延长, 铵态氮的含量呈现出先增加后降低的趋势 (图 2a、c), 硝态氮呈现出逐步增加趋势 (图 2b、d)。

在潮土中, 两个施肥处理的铵态氮含量变化趋势基本一致, 但是在不同的时间段, 不同处理间的铵态氮含量却差异很大。在培养前 3 d, U 处理和 AU 处理土壤中铵态氮含量呈急速上升趋势, 变化曲线基本重合, 并无差异, AU 处理和 U 处理中铵态氮含量都是在第 5 d 达到峰值, 峰值分别为 183、161 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, AU 处理比 U 处理高出 22 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 增幅为 12.02%, 并且在第 3 ~ 15 d, AU 处理铵态氮的含量一直高于 U 处理。第 5 d 之后, U 处理和 AU 处理土壤中铵态氮含量一直在下降, U 处理在第 10 d 之后土壤中铵态氮含量基本保持稳定, AU 处理中铵态氮含量则延长至第 15 d 趋于平衡, 第 15 d 之后, U 处理和 AU 处理土壤中铵态氮含量分别维持在 20.10 ~ 25.31、17.38 ~ 24.14 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

由此说明添加海藻酸增效剂在培养前期促进了尿素向铵态氮的转化, 并进一步说明海藻酸增效剂抑制了土壤中的氨挥发, 从而显著增加了土壤中铵态氮含量。

潮土 U 处理和 AU 处理在培养试验进行的前 3 d, 铵态氮转化为硝态氮的量甚微, 于第 5 d, U 和 AU 处理的铵态氮开始向硝态氮转化, 其中 AU 处理的硝态氮转化量略低于 U 处理的转化量, 低出 23.62 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 第 5 d 以后, U 和 AU 处理的铵态氮大量向硝态氮转化, 于第 10 d 达到峰值, 以后趋于稳定, 期间 AU 处理的硝态氮转化量略高于 U 处理, 其中第 15、22 和 30 d 分别高出 22.73、31.40 和 13.20 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。由此可见, 添加海藻酸增效剂在培养前期抑制了土壤铵态氮向硝态氮转化, 减少了硝态氮的转化量, 相反, 培养后期促进了土壤铵态氮向硝态氮的转化, 增加了硝态氮的转化量。

2.3.2 海藻酸增效剂对黄褐土中铵态氮和硝态氮含量的影响

黄褐土在整个土壤培养阶段, U 处理和 AU 处理的铵态氮含量变化趋势基本一致 (图 2c), CK 处理无论是铵态氮还是硝态氮含量变化基本平稳。U 处理的铵态氮含量在前 7 d 增加迅速并在第 7 d 达到峰值, 峰值为 144 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, AU 处理同样在第 7 d 达到峰值, 峰值为 151 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比 U 处理增加 7 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 增幅为 4.86%。AU 处理要比 U 处

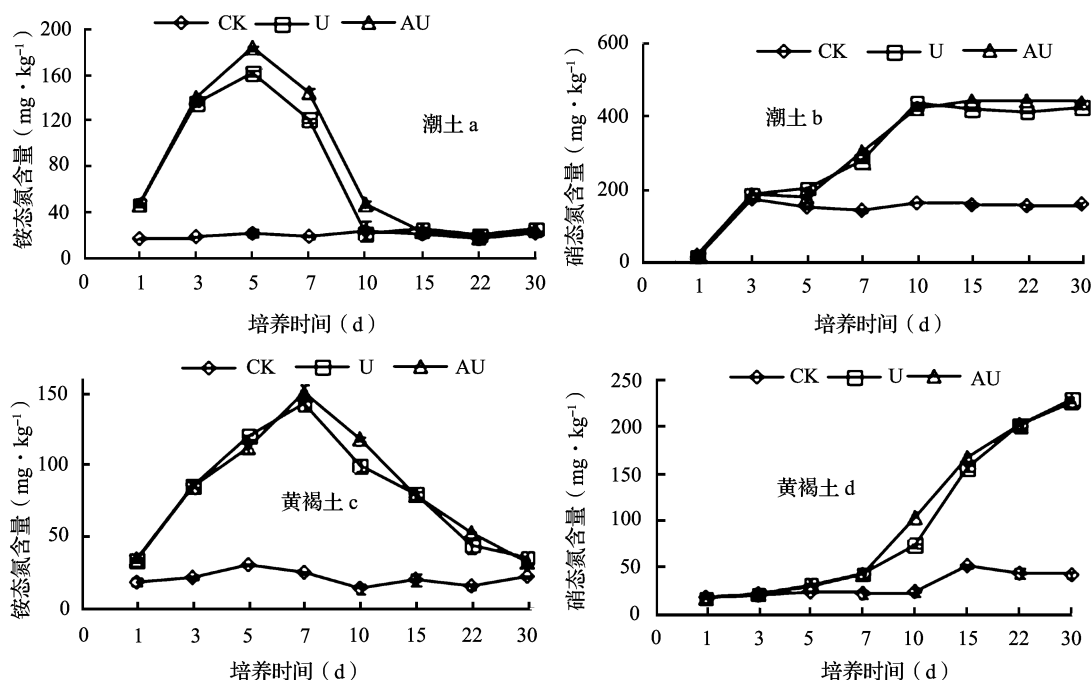


图 2 海藻酸增效剂对土壤中铵态氮和硝态氮含量的影响

理上升速度快。在第7 d之后各施肥处理含量陡然下降, AU处理要比U处理下降趋势缓慢。

由图2(d)看出, U处理和AU处理在培养试验进行的前3 d, 铵态氮转化为硝态氮的量甚微, 于第5 d, U处理和AU处理的铵态氮开始向硝态氮转化, 其中AU处理的硝态氮转化量略低于U处理的转化量, 分别在第5和7 d低出 1.37 、 $0.77 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 7 d以后, U处理和AU处理的铵态氮大量向硝态氮转化, 其中AU处理的硝态氮转化量在第10和15 d高于U处理的转化量, 分别高出 29.42 、 $10.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。由此可见, 添加海藻酸增效剂在培养前期抑制了土壤铵态氮向硝态氮转化, 减少了硝态氮的转量, 培养中期促进了土壤铵态氮向硝态氮的转化, 培养后期又抑制了土壤中铵态氮向硝态氮的转化。

潮土和黄褐土施肥处理的铵态氮峰值分别出现在第5、7 d, 海藻酸增效剂对潮土铵态氮含量的提升幅度比黄褐土高 7.16% , 其对潮土铵态氮向硝态氮转化的抑制时间更长; 海藻酸增效剂在潮土中主要在培养后期促进铵态氮向硝态氮的转化, 在黄褐土中主要在培养中期促进铵态氮的转化。

3 结论与讨论

尿素在施入土壤之后, 首先会在脲酶的作用下水解为铵根离子, 增加土壤中的铵态氮含量; 随后铵根离子在硝化细菌的作用下氧化为硝酸根离子, 土壤硝态氮含量增加, 同时释放出氨气^[17-18]。

应用海藻液、海藻渣可使尿素具备缓释性能^[19-21]; 海藻包膜尿素(以发酵海藻液作为包膜材料制备)对土壤脲酶活性具有一定的抑制作用^[19, 22], 可以使海藻包膜尿素具备一定的缓释效果, 这可能是施用海藻包膜尿素能够提高氮肥利用率的原因之一。

本研究结果发现, 潮土、黄褐土海藻酸增效尿素(AU)处理酰胺态氮含量在培养前7 d要高于普通尿素(U)处理(表2), 表明海藻酸增效剂在培养前7 d可以抑制尿素的水解。这可能是, 1)海藻酸增效剂直接抑制了土壤中脲酶的活性。2)海藻酸增效剂可以对影响土壤脲酶活性的土壤基本理化性质(如有机质、pH、微生物活性)产生一定的影响, 进而影响尿素的水解进程。

潮土氨挥发总量在第8 d达到峰值, 黄褐土氨挥发总量在第20 d达到峰值; 两种土壤氨挥发速率均在第5 d达到最大值, 之后开始下降, 这与大

多数研究结果^[23-25]一致; AU处理氨挥发总量比U处理明显降低, 且在黄褐土上的降幅更大, 究其原因, 可能是海藻酸具有的强大内表面积和较强吸附能力, 使释放到空气中的氨量减少, 具体原因有待于进一步研究。

潮土AU处理铵态氮含量在培养3~10 d内高于U处理(图2a), 海藻酸增效剂在培养前8 d抑制了土壤中氨挥发(图1a); 黄褐土在培养第7~15 d内AU处理铵态氮含量高于U处理(图2c), 海藻酸增效剂在培养前20 d抑制了土壤的氨挥发(图1c、d)。海藻酸增效剂对氨挥发的抑制使土壤AU处理铵态氮含量高于U处理, 且在黄褐土上的抑制作用更明显。两种类型土壤中AU处理较U处理铵态氮的增加量大于氨挥发的降低量, 可能是由两个试验培养环境的差异造成的, 氨挥发试验采用的是密闭的培养装置, 氮素转化试验采用的是非密闭培养装置, 培养环境的差异造成了试验结果存在一定的差异。海藻酸增效剂在培养的第5~7 d抑制了土壤中铵态氮向硝态氮的转化, 在潮土和黄褐土的抑制率分别为 1.77% 、 11.78% 。海藻酸增效剂对黄褐土中氮素转化的抑制作用更明显。潮土在培养的第10~30 d, 土壤中无机氮主要以硝态氮的形式存在(图2b), 并且AU处理硝态氮含量高于U处理, 从而延长供氮时间; 黄褐土在培养的第7~30 d U处理和AU处理均增加了土壤硝态氮含量, 且AU处理硝态氮含量上升趋势大于U处理, 表明海藻酸增效剂可以使有效氮较长时间的保持在土壤耕层中供植物吸收利用, 进一步印证了海藻酸增效剂在抑制土壤氨挥发方面的作用。

参考文献:

- [1] 杨青林, 桑利民, 孙吉茹, 等. 我国肥料利用现状及提高化肥利用率的方法[J]. 山西农业科学, 2011, 39(7): 690-692.
- [2] Zhong Y, Yan W, Shangguan Z P. Soil carbon and nitrogen fractions in the soil profile and their response to long-term nitrogen fertilization in a wheat field[J]. Catena, 2015, 135: 38-46.
- [3] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.
- [4] 赵秉强, 张福锁, 廖宗文, 等. 我国新型肥料发展战略研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 536-545.
- [5] 赵秉强, 林治安, 刘增兵. 中国肥料产业未来发展道路——提高肥料利用率减少肥料用量[J]. 磷肥与复肥, 2008, 23(6): 1-4.
- [6] 朱兆良. 农田生态系统中化肥的去向和氮素管理[M]//朱

- 兆良, 文启孝. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992. 228-245.
- [7] 朱兆良. 我国氮肥的使用现状、问题和对策 [M] // 李庆逵, 朱兆良, 于天仁. 中国农业持续发展中的肥料问题. 南京: 江苏科学技术出版社, 1998. 38-51.
- [8] 王庆仁, 李继云. 论合理施肥与土壤环境的可持续性发展 [J]. 环境科学进展, 1999 (2): 117-125.
- [9] 杜伟. 有机无机复混肥优化化肥养分利用的效应与机理 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [10] 林葆. 对肥料含义、分类和应用中几个问题的认识 [J]. 中国土壤与肥料, 2008 (3): 1-4.
- [11] 温延臣, 袁亮, 林治安, 等. 海藻液对玉米苗期生长的影响 [J]. 中国农学通报, 2012, 28 (30): 36-39.
- [12] 周红梅. 海藻提取物对石灰性土壤磷及小油菜品质的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2006.
- [13] Martinez M T, Romero C, Gavilan J M. Solubilization of phosphorus by humic acids from lignite [J]. Soil Science, 1984, 138 (4): 257-261.
- [14] 王付生. 海藻酸尿素产品的研究与应用 [J]. 中氮肥, 2017 (3): 32-35.
- [15] 刘金凤, 张娟. 海藻酸的农业应用及测定方法研究 [J]. 中国果菜, 2015, 35 (8): 20-23.
- [16] 李志坚, 林治安, 赵秉强, 等. 增效磷肥对冬小麦产量和磷素利用率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19 (6): 1329-1336.
- [17] 鲁如坤, 时正元, 赖庆旺. 红壤养分退化研究 (II) —— 尿素和碳铵在红壤中的转化 [J]. 土壤通报, 1995 (6): 241-243.
- [18] 钟宁, 曾清如, 张利田, 等. 土壤酸碱性对尿素转化特征的影响 [J]. 土壤通报, 2006 (6): 1123-1128.
- [19] 黄建林, 王德汉, 刘承昊, 等. 载体尿素的研制及其释放机理研究初探 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12 (3): 451-453, 458.
- [20] 张琳, 韩西红, 王海朋, 等. 海藻酸及海藻寡糖在肥料增效剂领域的应用 [J]. 种子科技, 2018, 36 (10): 34-35, 40.
- [21] 周勇明, 商照聪, 宝德俊, 等. 海藻酸尿素对夏玉米产量和氮肥利用率的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2014 (3): 23-26.
- [22] 袁亮, 赵秉强, 林治安, 等. 增值尿素对小麦产量、氮肥利用率及肥料氮在土壤剖面中分布的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (3): 620-628.
- [23] 王朝辉, 刘学军, 巨晓棠, 等. 北方冬小麦/夏玉米轮作体系土壤氮挥发的原位测定 [J]. 生态学报, 2002 (3): 359-365.
- [24] 杜建军, 苟春林, 崔英德, 等. 保水剂对氮肥氨挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26 (4): 1296-1301.
- [25] 李伟, 袁亮, 赵秉强, 等. 增值尿素的氨挥发特征及其对土壤微生物量碳和脲酶活性的影响 [J]. 腐植酸, 2013 (6): 15-20.

Effects of Alginate Synergist on the conversion and loss of urea in soil

ZHANG Jing¹, JI Jian-hua², LI Xu-hua^{1*}, CHEN Liang³ (1. National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong 271018; 2. Institute of Soil Fertilizer and Resource Environment, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang Jiangxi 330200; 3. Qufu Agricultural Bureau, Qufu Shandong 273100)

Abstract: It is tested that the effects of Alginate Synergist on the conversion characteristics of urea in soil and the loss of ammonia volatilization, which provides scientific basis for further development and utilization of alginate resources and the improvement of the nitrogen fertilizer utilization rate. Indoor incubation method was adopted using fluvo-aquic soil and yellow-cinnamon soil as tested soil, alginic acid-enhanced urea as tested fertilizer. Three treatments were set up: no fertilizer application (CK), common urea (U) and alginic acid-enhanced urea (AU). Soil samples were collected periodically during the incubation period to test the contents of soil amide nitrogen, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen and the volatilization volume of ammonia. The results showed that 1) Alginate Synergist effectively delayed the process of urea hydrolysis. 2) Compared with common urea treatment (U), the total amount of ammonia volatilization from AU treatment decreased by 3.74% to 16.10%, and the ammonia volatilization rate decreased by 11.54% ~ 21.57% and 18.18% ~ 81.81% in fluvo-aquic soil and yellow-cinnamon soil, respectively. 3) The peak value of ammonium nitrogen in the fluvo-aquic soil and yellow-cinnamon soil appeared on the 5 and 7 d, respectively, and the content increased by 4.86% ~ 12.02%. 4) Alginate Synergist inhibited the conversion of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen in soil from 5 to 7 d. In conclusion, Alginate Synergist can slow down the process of the hydrolysis of urea, decrease the rate and loss amount of ammonia volatilization, and inhibit the conversion of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen in the early stage of incubation. Alginate Synergist has different effects on nitrogen transformation in different soils, with more efficient effect in yellow-cinnamon soil.

Key words: Alginate Synergist; amide nitrogen; ammonia volatilization; ammonium nitrogen; nitrate nitrogen