

NBPT/DMPP 对白浆土中尿素态氮转化调控效果研究^①

聂彦霞^{1,2}, 李东坡^{1*}, 李莉^{1,2}, 武志杰¹, 薛妍^{1,2}, 李会彬^{1,2}

(1 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 采用室内恒温、恒湿培养方法, 研究不同剂量 NBPT、DMPP 及其组合对尿素态氮在三江平原白浆土中的转化作用效果。研究表明, NBPT 在白浆土上的作用时间不到 14 天。NBPT 可以有效减少尿素的水解, 2.5%NBPT 效果好于 0.5%NBPT。DMPP 有效抑制白浆土中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 向 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的转化, 其有效调控时间长达 45 天以上, 1%DMPP 与 5%DMPP 作用效果相差不大。NBPT 和 DMPP 组合处理作用效果优于仅添加 NBPT 或者 DMPP 处理。0.5%NBPT+1%DMPP 组合处理可以有效地抑制尿素水解和保持土壤中大量的氮以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的形式存在。

关键词: NBPT; DMPP; 尿素态氮; 铵态氮; 硝态氮

中图分类号: S143.16

在氮素肥料中, 特别是尿素肥料中添加生化抑制剂(脲酶抑制剂和硝化抑制剂)以调控尿素的水解速率和尿素水解所产生的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 向 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的转化, 是目前生产缓/控释肥料、提高氮肥利用率十分有效而经济的技术手段。脲酶抑制剂和硝化抑制剂可以很好地调控施入土壤中的尿素水解速率和抑制水解产生的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化作用, 减少氮肥大量损失所导致的环境污染^[1-2]。目前已确定具有抑制尿素水解和控制 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 向 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 转化的生化抑制剂有 110 多种, 在已知的生化抑制剂中, 脲酶抑制剂 N-丁基硫代磷酰三胺(NBPT)和硝化抑制剂 3,4-二甲基磷酸盐(DMPP)是经济而有效的生化抑制剂^[3-5], NBPT 能够有效抑制施入土壤中的尿素水解, DMPP 显著延缓土壤中的硝化作用速率, 对土壤中的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 向 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 转化有很好抑制作用, 使土壤中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量维持在较低水平, 已经得到了公认^[6-9]。目前在世界范围内对二者的氮素转化调控效果研究较多, 在许多类型土壤上进行了研究, 并在美国和欧洲已广泛应用于农业生产。在我国这两种抑制剂的研究主要集中在黑土、棕壤、黄土、褐土、红壤、潮土等类型土壤上, 使用效果显著, 而在我国东北典型土壤类型之一的白浆土中应用效果研究鲜有报道。

白浆土与其他土壤相比, 在土壤发生和成土条件、土壤理化性质等诸多因素都有着本质的不同。白浆土是我国东北平原主要土壤类型之一, 主要分布在黑龙江的东部、东北部和吉林的东部, 三江平原白浆土面积为 223.05 万 hm^2 , 占三江平原总面积的 23.67%。在黑龙江省白浆土中有 67.31% 分布在三江平原地区。由于白浆土土质黏重, 亚表层有一个贫瘠的白浆土层, 传统地把它视为低产土壤。白浆土土壤肥力较低, 土壤有机质有时低至 1.5%, 而且养分不均衡, 缺氮、缺磷、不缺钾, 土壤微生物活动相对较弱, 数量较少。基于白浆土这些不同于其他土壤的特点, 有必要深入研究脲酶/硝化抑制剂对施入白浆土中尿素态氮转化的作用特点, 为研究针对白浆土的缓释尿素肥料提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤为三江平原白浆土, 采自黑龙江省八五三农场 0~20 cm 耕层土壤, 茬口为种植玉米。该地区属温带湿润、半湿润大陆性季风气候, 全年日照时数 2400~2500 h, 1 月均温 -21℃~-18℃, 7 月均温 21℃~22℃, 无霜期 120~140 天, 10℃ 以上活动积温

①基金项目: “十二五” 国家科技支撑计划项目 (2011BAD11B04)、“十一五” 国家科技支撑计划项目 (2009BADB3B07) 和中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-YW-N-078) 资助。

* 通讯作者 (lidp@iae.ac.cn)

作者简介: 聂彦霞 (1985—), 女, 山东济宁人, 硕士研究生, 主要从事土壤植物营养与肥料高效利用, 以及土壤微生物生态研究。E-mail: nieyanxiade@163.com

2 300℃~2 500℃。冻结期长达 7~8 个月,最大冻深至 1.5~2.1 m。年降水量 500~650 mm, 75%~85% 集中在 6—10 月。土样采回后剔除杂物及根系,过 2 mm 筛备用。供试土壤基本理化性质为:有机质 38.79 g/kg,全氮 1.89 g/kg, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 9.78 mg/kg, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 108.94 mg/kg, 全磷 0.75 g/kg, 有效磷 52.19 mg/kg, 全钾 17.39 g/kg, 速效钾 128.17 mg/kg, pH (H_2O) 5.73 (土:水=1:2.5)。供试尿素为分析纯试剂,由国药集团化学试剂有限公司生产;脲酶抑制剂为 N-丁基硫代磷酸三胺(NBPT)、硝化抑制剂为 3,4-二甲基吡唑磷酸盐(DMPP),两者均为分析纯,由 J&K 化学技术有限公司生产。

1.2 试验设计

采用室内恒温、恒湿培养方法,尿素用量为 N 300 mg/kg 干土,脲酶抑制剂 NBPT 用量为尿素纯氮量的 0.5%, 2.5% 两个水平,硝化抑制剂 DMPP 用量为尿素纯氮量的 1%, 5% 两个水平, NBPT 与 DMPP 添加量分别为尿素纯氮的百分比。

试验设 8 个处理:①不施尿素和抑制剂处理(CK);②单施尿素处理(U);③0.5%NBPT+UREA (0.5%N+U);④1%DMPP+UREA (1%D+U);⑤0.5%NBPT+1%DMPP+UREA (0.5%N+1%D+U);⑥2.5%NBPT+UREA (2.5%N+U);⑦5%DMPP+UREA (5%D+U);⑧2.5%NBPT+5%DMPP+UREA (2.5%N+5%D+U);每个处理 3 次重复。

采用未封口塑料瓶装土培养,每瓶装 250 g 干土(过 2 mm 筛),分为 7 组同时培养,每组 24 瓶,共 168 瓶,用蒸馏水将每瓶土的含水量调至 20%,并称取瓶和土的总重量并标记,定期加水至标记的总重量,使含水量维持在 20%,土壤预培养 2 周使其恢复生物活性。预培养后,将抑制剂和尿素按上述用量均匀混合,将瓶中的土壤倒在塑料布上与混合好的抑制剂和尿素充分混匀再倒回瓶中,置于 25℃ 恒温培养箱中培养。在培养第 3、7、14、21、28、35、45 天进行取样,测定土壤中尿素态氮、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 及 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量,计算土壤表观硝化率。

1.3 分析方法

土壤基本理化性质采用常规方法测定,尿素态氮在取样后立即用 KCl-乙酸汞浸提,3-AA3 型流动分析仪测定; $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 在取样后立即用 2 mol/L KCl 浸提,3-AA3 型流动分析仪测定。

1.4 统计分析

数据采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS16.0 进行统计分析,采用 Duncan 最小显著极差法进行多重比较分析。表观硝化率(%) = ($\text{NO}_3^-\text{-N}/(\text{NH}_4^+\text{-N}+\text{NO}_3^-\text{-N})$

×100)。

2 结果与分析

2.1 土壤尿素态氮含量变化

尿素施入土壤后,在土壤脲酶的作用下快速水解,脲酶抑制剂可以有效减缓尿素水解速度,因此土壤中的尿素态氮含量是衡量脲酶抑制剂在该类型土壤中作用效果的重要指标。

培养第 3 天,含有 NBPT 处理土壤中尿素态氮含量显著高于单施尿素和单施 DMPP 的处理,2.5%N+U 和 2.5%N+5%D+U 处理尿素态氮含量最高,分别占施氮量的 45.9% 和 45.4%,二者尿素态氮含量差异不显著,但与其他处理差异极显著($P<0.01$) (图 1),说明 2.5% 的 NBPT 有效抑制尿素水解。其次 0.5%N+1%D+U 和 0.5%N+U 处理尿素态氮含量较高,分别占施氮量的 35.8% 和 33.7%,0.5%N+1%D+U 处理极显著高于 0.5%N+U,说明 0.5%N+1%D+U 处理显著优于单施 0.5%NBPT 处理,这与 Gioahccini 等^[10-12] 结果一致,说明添加 0.5%NBPT, DMPP 与 NBPT 在抑制尿素水解作用上的协同效果明显(图 1)。1%D+U, 5%D+U 和 U 处理尿素态氮含量分别占施氮量的 6.2%, 7.1%, 6.0%, 差异不显著($P>0.05$) (图 1),说明 DMPP 对尿素水解不起作用。第 7 天各处理尿素态氮含量很低,但 0.5%N+U, 0.5%N+1%D+U, 2.5%N+U 和 2.5%N+5%D+U 处理尿素态氮含量显著高于 1%D+U, 5%D+U 和 U 处理($P<0.05$) (图 1),说明培养第 7 天, NBPT 还能抑制尿素水解。第 14 天各处理土壤中尿素态氮的含量为 0,说明脲酶抑制剂在白浆土上的作用时间大于 7 天,小于 14 天,比棕壤作用时间缩短^[13]。

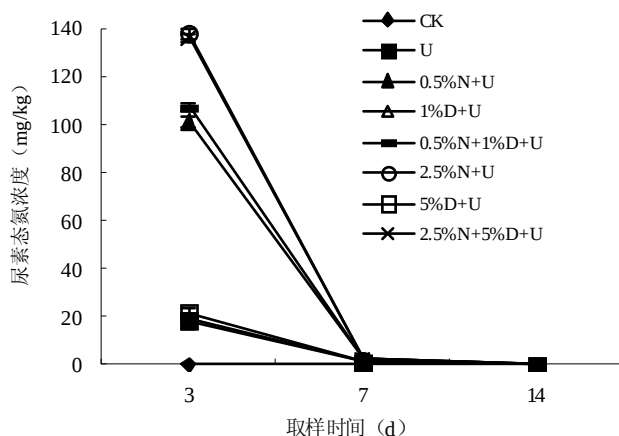


图 1 不同处理土壤尿素态氮动态变化

Fig. 1 Changes of soil urea nitrogen content under different treatments

2.2 土壤铵态氮含量变化

培养第3天, 1%D+U和5%D+U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量分别占施氮量的85.1%和80.2%, 二者差异极显著, 且极显著高于单施尿素处理, 说明只添加DMPP处理对土壤的硝化作用抑制效果差异极显著 ($P<0.01$) (图2), 培养第3天添加1%DMPP处理显著抑制了土壤的硝化作用, 使 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 维持在较高水平, 同时也说明1%D+U和5%D+U处理对施入土壤中尿素的水解抑制作用很差, 有大量尿素态氮水解为 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 。0.5%N+U和0.5%N+1%D+U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量分别占施氮量的52.7%和52.4%, 二者差异不显著, 但极显著高于2.5%N+U和2.5%N+5%D+U处理 ($P<0.01$) (图2), 2.5%N+U和2.5%N+5%D+U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量分别占施氮量的42.6%和43.4%, 二者差异不显著 (图2)。说明0.5%NBPT在第3天对尿素的水解抑制作用显著低于2.5%NBPT处理, 使大部分尿素水解生成铵, 这一点与土壤中相应处理尿素态氮的减少呈现一致。CK处理土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量最低, 因为没有外源氮的加入, 土壤中的铵只来源于土壤有机氮的矿化, 固定态与吸附态铵的释放和土壤中原有的少量铵。

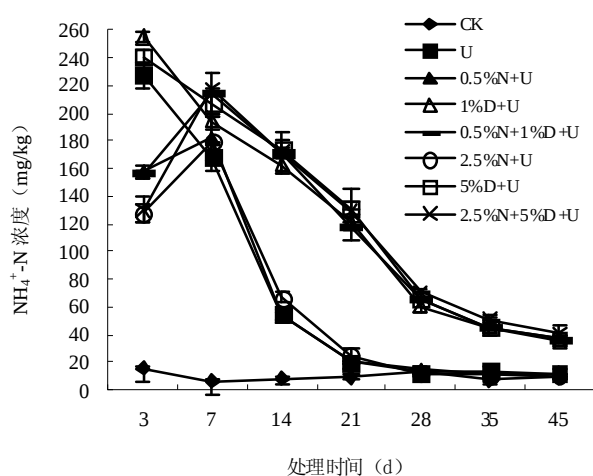


图2 不同处理土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量变化

Fig. 2 Changes of soil $\text{NH}_4^+\text{-N}$ content under different treatments

培养第7天, 2.5%N+5%D+U、0.5%N+1%D+U、5%D+U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量分别占施氮量的72.6%、71.5%和68.9%, 三者之间差异不显著, 但2.5%N+5%D+U和0.5%N+1%D+U处理显著高于1%D+U处理及单施NBPT和尿素处理, 说明NBPT的存在有效延缓尿素水解的同时, 在DMPP的作用下, 第7天土壤中仍然保持相当高的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, 同时说明2.5%NBPT作用效果优于0.5%NBPT, 5%DMPP好于

1%DMPP, 在单独使用DMPP的处理中, 5%DMPP的作用效果显著强于1%DMPP, 说明在白浆土中5倍于常量 (指其他土壤中推荐使用量) 的DMPP和NBPT在第7天作用效果最好。0.5%N+U、2.5%N+U和U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量分别占施氮量的60.7%、59.7%和56.1%, 含量较高; 0.5%N+U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量显著高于U处理, 2.5%N+U与0.5%N+U处理之间差异不显著 ($P>0.05$) (图2), 说明在白浆土中NBPT和DMPP组合处理效果好于单施抑制剂处理。NBPT浓度高者作用效果更好, 这与其他土壤研究结果一致。由于室内培养条件下, 土壤通透效果相对较差, 致使U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 氧化作用减弱, 此时也具有相对高的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量。

培养第14~21天, 含有DMPP处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量显著高于只施NBPT处理、只施尿素处理和CK。并且这4个处理间差异不显著, 同时2.5%N+U、0.5%N+U和U处理之间差异也不显著 ($P>0.05$) (图2), 说明在培养第14~21天, 添加1%DMPP和5%DMPP抑制硝化作用效果基本一致。

培养第28天, 2.5%N+5%D+U, 0.5%N+1%D+U, 5%D+U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量显著高于1%D+U处理及其他只添加NBPT和尿素处理, 而这3个处理间差异不显著, 说明添加5%DMPP和NBPT与DMPP两者组合处理在此阶段作用效果较好。

培养第35天, 2.5%N+5%D+U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量显著高于0.5%N+1%D+U和1%D+U处理, 与5%D+U处理差异不显著, 培养第45天, 2.5%N+5%D+U处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量显著高于1%D+U处理, 与5%D+U和0.5%N+1%D+U处理差异不显著 ($P>0.05$) (图2), 说明培养第28~45天, NBPT和DMPP组合处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量较高, 且高浓度组合处理较好, 原因在于DMPP在发挥抑制硝化作用的同时会降解, 含有高浓度DMPP处理降解时间持续较长。说明添加硝化抑制剂DMPP有效抑制了硝化作用, 并且在白浆土中的效果长达45天以上。另外, 添加DMPP处理, 土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量随培养时间的增加而减少, 也说明DMPP对土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化抑制效果随时间逐渐降低。

2.3 土壤硝态氮含量变化

培养至第3天, U处理 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量显著高于其他处理, 说明添加NBPT和DMPP在第3天一定程度上抑制了硝化作用, 0.5%N+U和2.5%N+U处理 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量显著高于添加DMPP处理, 而0.5%N+U处理 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量显著高于2.5%N+U ($P<0.05$) (图3), 说明在培养第3天添加DMPP抑制硝化作用效果好于

NBPT, 同时说明 2.5%NBPT 抑制硝化作用效果优于 0.5%N+U。添加 DMPP 处理间 NO_3^- -N 含量差异不显著, 土壤 NO_3^- -N 含量在 126.18 mg/kg 与 128.10 mg/kg 之间, 说明在培养第 3 天添加 1%DMPP 和 5%DMPP 作用效果差异不大, 这与在第 3 天 NH_4^+ -N 含量分析结果一致。

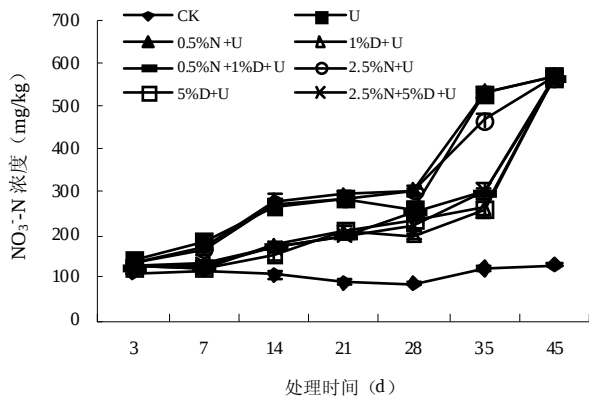


图 3 不同处理 NO_3^- -N 含量变化

Fig. 3 Changes of soil NO_3^- -N content under different treatments

培养第 7 天, 0.5%N+U, 2.5%N+U 和 U 处理土壤 NO_3^- -N 含量显著高于添加 DMPP 处理, 其中 U 处理 NO_3^- -N 含量显著高于 2.5%N+U 处理, 与 0.5%N+U 处理差异不显著, 而添加 DMPP 各处理差异不显著 ($P > 0.05$) (图 3), 土壤 NO_3^- -N 含量在 124.06 ~ 131.87 mg/kg 之间, 说明在第 7 天, 2.5%N+U 处理在减少 NH_4^+ -N 氧化作用上优于 0.5%N+U 处理, 主要是显著抑制了尿素水解, 减少铵的生成释放, 同时说明添加 DMPP 处理显著抑制了土壤的硝化作用。

培养第 14 ~ 21 天, 0.5%N+U, 2.5%N+U 和 U 处理 NO_3^- -N 含量差异不显著, 并显著高于添加 DMPP 处理, 说明在第 14 天, NBPT 降解, NH_4^+ -N 的氧化作用底物增加。培养第 14 天, 2.5%N+5%D+U, 0.5%N+1%D+U, 1%D+U 处理 NO_3^- -N 含量显著高于 5%D+U 处理, 说明在培养第 14 天, 添加 5%DMPP 处理效果较好。培养第 21 天, 2.5%N+5%D+U, 0.5%N+1%D+U, 1%D+U 和 5%D+U 处理 NO_3^- -N 含量差异不显著 ($P > 0.05$) (图 3)。说明在第 21 天, 1%DMPP 和 5%DMPP 抑制硝化作用效果基本一致。

培养第 28 天, 0.5%N+U 和 2.5%N+U 处理 NO_3^- -N 含量最高, (图 3), 显著高于只添加尿素处理和其他处理, 原因在于 NBPT 的降解使得尿素水解产生大量的 NH_4^+ -N 被氧化。0.5%N+1%D+U 处理 NO_3^- -N 含量

显著高于 5%D+U、2.5%N+5%D+U 和 1%D+U 处理, 而后三者 NO_3^- -N 含量分别占施氮量 78.3%、78.1%、66.1%, 1%D+U 处理 NO_3^- -N 含量最低, 说明在培养第 28 天, 单施 1% 剂量的 DMPP 就可以达到抑制硝化作用的理想效果。

培养第 14 ~ 28 天, 0.5%N+U、2.5%N+U 和 U 处理 NO_3^- -N 含量缓慢增加, 其中 U 处理在第 28 天还出现了显著下降的趋势, 主要是反硝化作用使得 NO_3^- -N 含量增加缓慢或下降, 相反, 在培养第 14 ~ 28 天, 2.5%N+5%D+U, 0.5%N+1%D+U, 5%D+U 处理在此阶段 NO_3^- -N 含量增加迅速, 说明 DMPP 的抑制作用明显降低。1%D+U 处理 NO_3^- -N 含量在培养第 14 ~ 28 天呈现了先增加后降低的趋势, 说明在此阶段单施 1% 剂量的 DMPP 抑制效果优于其他处理。

培养至第 28 天以后, 0.5%N+U、2.5%N+U 和 U 处理 NO_3^- -N 迅速增加, 2.5%N+5%D+U、0.5%N+1%D+U, 5%D+U 处理和 1%D+U 处理在 35 天以后才迅速增加, 培养至第 45 天, 0.5%N+U、1%D+U 和 U 处理土壤 NO_3^- -N 含量显著高于其他处理, 三者差异不显著, 1%D+U、0.5%N+1%D+U 和 5%D+U 处理 NO_3^- -N 含量显著高于 2.5%N+5%D+U 处理 ($P < 0.05$) (图 3), 这也说明含有高浓度 DMPP 处理降解时间持续较长, 同时说明 DMPP 抑制硝化作用时间长达 45 天以上, 这与李莉和李东坡^[14]的研究结果一致。

培养至 35 天以后, NO_3^- -N 的含量大于施氮的总量 (300 mg/kg), 原因可能是除有机碳的矿化外, 外源氮的加入有可能刺激了土壤本身固持氮和吸附铵的释放, 导致被氧化的 NH_4^+ -N 增加。

2.4 土壤表观硝化率

土壤表观硝化率可以指示土壤中的硝化作用强度或硝化作用速率。培养第 3 天, 2.5%N+U 和 2.5%N+5%D+U 处理表观硝化率分别为 50.8% 和 49.2%, 显著高于 0.5%N+U 和 0.5%N+1%D+U 处理, 0.5%N+U 和 0.5%N+1%D+U 处理表观硝化率为 46.2% 和 44.6%, 上述 4 个处理的表现硝化率显著高于 U 处理的表现硝化率 38.6% ($P < 0.05$) (图 4), 说明添加 NBPT 在第 3 天显著抑制了尿素的水解, NBPT 浓度越高, 抑制效果越显著。1%D+U 和 5%D+U 处理表观硝化率分别为 33.4% 和 34.6%, 显著低于其他处理, 而 1%D+U、5%D+U、0.5%N+1%D+U 和 2.5%N+5%D+U 处理 NO_3^- -N 含量差异不显著 ($P > 0.05$) (图 3), 说明单施 DMPP 处理可能促进尿素的水解。

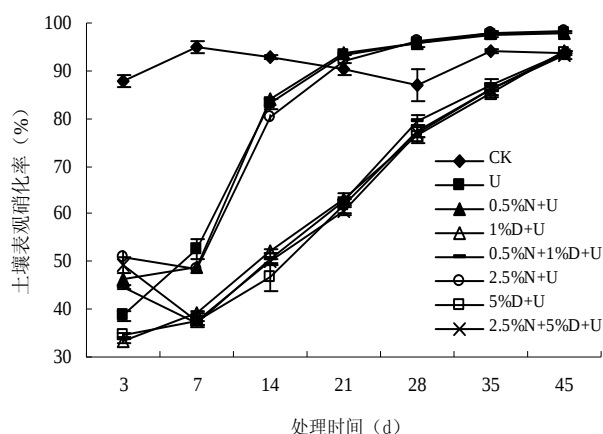


图4 不同处理土壤表观硝化率的变化

Fig. 4 Soil apparent nitrification rates under different treatments

培养第7天, 0.5%N+U 和 2.5%N+U 处理的表观硝化率分别为 48.9% 和 48.3%, 显著低于 U 处理的表观硝化率, 说明培养至第7天添加 NBPT 可以降低硝化作用强度, 但又显著高于含有 DMPP 处理, 并持续至培养第45天 ($P < 0.05$) (图4), 说明添加 DMPP 有效降低硝化作用强度。培养第7天及以后, 添加 1%DMPP 和 5%DMPP 处理表观硝化率差异不显著 ($P > 0.05$) (图4), 说明添加 1%DMPP 就可以达到理想效果, 这与 Sanz-Cobena 等^[15]和李东坡等^[16]结果一致。

3 结论

室内培养条件下, NBPT 在白浆土上的作用时间小于 14 天。2.5%NBPT 抑制尿素水解和减少 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的产生作用优于添加 0.5%NBPT 处理。0.5%N+1%D+U 组合显著优于单施脲酶抑制剂 0.5%N+U 处理。添加 DMPP 有效抑制了硝化作用, 并且在白浆土中有效作用时间长达 45 天以上。表观硝化率研究结果表明, 在白浆土中添加 1%DMPP 就可以达到理想的抑制硝化作用效果。从经济而有效方面考虑, 0.5%NBPT 和 1%DMPP 组合可以有效抑制尿素水解和保持氮以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 形式长期存在于白浆土中。目前的试验结果是在室内恒温培养条件下, 没有作物吸收氮素养分的前提下所得出的结论, NBPT 和 DMPP 不同浓度及其组合在白浆土实际施用效果需要进行田间试验进一步研究。

参考文献:

[1] 倪秀菊, 李玉中, 徐春英, 李巧珍. 土壤脲酶抑制剂和硝化抑制剂的进展. 中国农学通报, 2009, 25(12): 145-149

[2] 隽英华, 陈利军, 武志杰, 史云峰. 脲酶/硝化抑制剂在土壤 N 转化过程中的作用. 土壤通报, 2007, 38(4): 773-780

[3] 卢婉芳, 陈苇, 王德仁. 脲酶抑制剂 NBPT 对提高尿素氮利用率的研究. 中国农学通报, 1990, 6(2): 23-25

[4] Hendrickson LL, Douglass EA. Metabolism of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) in soils. Soil Biology and Biochemistry, 1993, 25(11): 1613-1618

[5] 孙庆元, 张雪崧, 王艳红. 土壤脲酶抑制剂正丁基硫代磷酸三胺的作用基团研究. 土壤, 2007, 39(3): 492-495

[6] 许超, 吴良欢, 张福锁. DMPP 农业应用研究进展. 土壤通报, 2003, 34(5): 478-482

[7] 茶正早, 林钊沐, 罗微. 德国新型硝化抑制剂 DMPP. 安徽农学通报, 2007, 13(12): 46-48

[8] Zerulla W, Barth T, Dressel J, Erhardt K, von Locquenghien KH, Pasda G, Radle M, Wissemeier AH. 3, 4- dimethylphosphazle phosphate (DMPP) a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. Biol. Fertil. Soils., 2001, 34(2): 79-84

[9] Zerulla W, Pasda G, Hähndel R, Wissemeier AH. The new nitrification inhibitor DMPP (ENTEC®) for use in agricultural and horticultural crops-an overview. Plant Nutrition-Food Security and Sustainability of Agro-ecosystems, 2001: 754-755

[10] Gioahccini P, Natri A, Marzadori C, Giovannini C, Antisari LV, Gessa C. Influence of urease and nitrification inhibitors on N losses from soils fertilized with urea. Biol. Fertil. Soils., 2002, 36: 129-135

[11] 焦晓光, 梁文举. 脲酶/硝化抑制剂对土壤有效态氮、微生物量氮和小麦氮吸收的影响. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1903-1906

[12] 陈振华, 陈利军, 武志杰. 脲酶/硝化抑制剂对减缓尿素转化产物氧化及淋溶的作用. 应用生态学报, 2005, 16(2): 238-240

[13] 邢卫, 陈利军, 陈振华, 武志杰, 隽英华, 史云峰. NBPT 与 DMPP 不同剂量组合对尿素氮转化的影响. 土壤通报, 2008, 39(4): 896-899

[14] 李莉, 李东坡. 白浆土中抑制剂不同组合对尿素态氮的转化作用效果. 水土保持学报, 2010, 24(6): 99-104

[15] Sanz-Cobena A, Misselbrook TH, Arce A, Mingot JI, Diez JA, Vallejo A. An inhibitor of urease activity effectively reduces ammonia emissions from soil treated with urea under Mediterranean conditions. Agric. Ecos. Environ., 2008, 126: 243-249

[16] 李东坡, 武志杰, 张玉兰, 张丽莉, 聂彦霞. 脲酶/硝化抑制剂对尿素氮在白浆土中转化的影响. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 646-650

Effects of NBPT and DMPP on Regulating and Controlling Urea N Transformation in Albic Soil

NIE Yan-xia^{1,2}, LI Dong-po¹, LI Li^{1,2}, WU Zhi-jie¹, XUE Yan^{1,2}, LI Hui-bin^{1,2}

(1 *Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;*

2 *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: With the incubation experiment under constant temperature and humidity, the paper studied the effects of different concentrations of urease inhibitor (NBPT), nitrification inhibitor (DMPP), and their combinations on urea nitrogen transformation in albic soil in Sanjiang Plain. The results showed that the effective time of NBPT was less than 14 days. NBPT reduced urea hydrolysis and transformation effectively, 2.5%NBPT was better than 0.5%NBPT. DMPP inhibited the transformation of ammonium nitrogen to nitrate nitrogen effectively. It also kept high level of soil $\text{NH}_4^+\text{-N}$ more than 45 days in albic soil, the differences between 1%DMPP and 5%DMPP were not obvious. The combination of NBPT and DMPP was better than the treatment of only NBPT or DMPP. The treatment of 0.5%NBPT + 1%DMPP was more effective in controlling urea hydrolysis, retaining high level of soil $\text{NH}_4^+\text{-N}$.

Key words: NBPT, DMPP, Urea nitrogen, Ammonium nitrogen, Nitrate nitrogen