

双氰胺对不同质地红壤中尿素的硝化抑制作用研究^{*}

杨春霞 李永梅^{**}
(云南农业大学资源与环境学院 昆明 650201)

摘 要 试验研究双氰胺(DCD)对不同质地红壤中尿素的硝化抑制作用影响结果表明,尿素在壤土、粘土中水解快于砂壤土;双氰胺抑制了壤土、粘土中尿素水解的铵硝化作用,但促进了砂壤土中硝化作用。砂壤土中加与未加双氰胺的尿素转化需 49d,粘土中未加双氰胺的尿素转化仅需 35d,加双氰胺后则延长 14d,而壤土中尿素水解产生的铵硝化时间则需进一步研究。
关键词 红壤质地 双氰胺 尿素 硝化抑制作用

Nitrification inhibition of dicyandiamide on urea in the red soil of different textures .YANG Chun-Xia,LI Yong-Mei(College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201 ,China) , *CJEA*,2006 ,14(2):111~113
Abstract The nitrification inhibition of dicyandiamide on urea in the red soil of different textures was studied .The results show that the hydrolyzation rate of urea in the loam soil and the clay soil is quicker than that in the sandy loam soil,and dicyandiamide slows down the nitrification of urea in the loam soil and clay soil but improves it in the sandy soil .The transformation of urea in the sandy soil by adding or without adding dicyandiamide needs 49 days .It requires 35 days in the clay while it is prolonged for 14 days after adding dicyandiamide .However the nitrification time of urea in the loam needs further research .
Key words Red soil texture ,Dicyandiamide, Urea, Nitrification inhibition
(Received Dec .13,2004;revised Jan .19,2005)

尿素添加硝化抑制剂能有效提高NH₄⁺ -N 含量,削弱NO₃⁻ -N 形成,从而提高 N 肥利用效率,减少土壤 N 素损失对环境的污染以及调控硝酸盐在植物体内的累积。目前广泛应用于农业生产中的硝化抑制剂双氰胺具有挥发性弱,小于施 N 量 10% 剂量下在土壤中无毒性残留优点。目前国内外有关双氰胺的研究多侧重于其对不同土壤的抑制效果^[6~8],而双氰胺对不同质地土壤的硝化抑制作用研究尚未见报道。本试验研究了双氰胺对不同质地红壤中尿素的硝化抑制作用,为提高 N 肥利用效率提供理论依据。

1 试验材料与方法

表 1 供试土壤基本养分状况

Tab.1 The nutrient contents in tested soil								
土壤质地	全 N g·kg ⁻¹	全 P g·kg ⁻¹	全 K g·kg ⁻¹	速效氮 mg·kg ⁻¹	速效磷 mg·kg ⁻¹	速效钾 mg·kg ⁻¹	有机质/ g·kg ⁻¹	pH
Soil texture	Total N	Total P	Total K	Available N	Available P	Available K	Organic matter	
砂壤土	1.4	0.6	4.7	29.16	8.38	88.09	18.5	6.67
中壤土	2.5	1.1	9.0	82.28	3.89	350.11	6.8	6.03
轻粘土	1.1	0.5	20.2	35.91	1.17	305.20	24.3	7.10

试验于 2003 年 5~12 月在云南农业大学土壤与植物营养实验室进行。采集云南省代表性烟区不同质地 0~20cm 红壤样品,混匀风干后过 2mm 筛。5 月 27 日在玉溪地区研和镇宋官村采集砂壤土,土壤 < 0.01mm 土粒为 17.60%,前作小麦;于 6 月 26 日在大理州宾川县力角乡海湾稍采集中壤土,土壤 < 0.01mm 土粒为 42.88%,前作蚕豆;于 5 月 24 日在曲靖地区潇湘镇平坡村采集轻粘土,土壤 < 0.01mm 土粒为 63.29%,前作豌豆,土壤基本肥力状况见表 1。试验设 8 个处理,即施 100% 尿素 N(尿素,下同,处理)、75% 尿素 N + 25% NO₃⁻ -N(硝酸钙,下同,处理)、50% 尿素 N + 50% NO₃⁻ -N(处理)、25% 尿素 N +

^{*} 云南省科技厅应用基础研究项目(2000C0012Q)资助
^{**} 通讯作者
收稿日期:2004-12-13 改回日期:2005-01-19

75 %NO₃⁻-N(处理)、100% 尿素 N + 双氰胺(处理)、75 % 尿素 N + 25 % NO₃⁻-N + 双氰胺(处理)、50 % 尿素 N + 50 % NO₃⁻-N + 双氰胺(处理)、25 % 尿素 N + 75 % NO₃⁻-N + 双氰胺(处理), 21 次重复。每处理施纯 N 0.020g, P 肥用普钙, K 肥用硫酸钾, N:P₂O₅:K₂O = 1:1:2.5, 双氰胺用量为每处理 0.001g。每处理称取 20g 土壤置于 25mm×200mm 硬质玻璃管中, 加入相应处理肥料并与土壤充分混匀, 沿管壁缓慢加入 5mL 蒸馏水并准确称重(精确到 0.01g), 用保鲜膜封口(上刺 3 个小孔)置 30℃恒温培养箱培养, 期间每 10d 取出称重, 减轻的重量视为水分损失量, 补加蒸馏水至培养初始重量。分别于培养后 2d、4d、7d、17d、21d、35d、49d 7 次取样, 每次取 3 次重复平均值, 用紫外分光光度法测定土壤NO₃⁻-N 含量, 用扩散法测定土壤NH₄⁺-N 含量, 用 SPSS 统计软件统计分析数据。

2 结果与分析

双氰胺对砂壤土中尿素的硝化抑制作用。由表 2 可知加双氰胺的不同尿素 N、NO₃⁻-N 配比处理的 NH₄⁺-N 含量随培养时间逐渐下降, 而NO₃⁻-N 含量上升, 未加双氰胺的各处理NO₃⁻-N 含量至培养结束时达最大值, 而加双氰胺的各处理(除处理 外)则 35d 时即达峰值。各处理NH₄⁺-N 含量培养 7d 内急剧下降, 而 75 %、100 % 尿素 N 处理NO₃⁻-N 含量培养 17d 内无明显变化, 表明尿素在土壤中水解成NH₄⁺-N 的过程较快^[1], 尿素与NH₄⁺-N 的氨挥发也很严重^[2], 同时亦可能发生反硝化作用, 故尿素施入土壤后NH₄⁺-N 并未过高积累。而NO₃⁻-N 含量培养 17d 后才大幅增加, 说明尿素在培养 17d 内主要进行水解, 同时NH₄⁺-N 的硝化速率相对较低, 17d 后才进入旺盛硝化作用期, 并主要以NO₃⁻-N 形式积累。25 %、50 % 尿素 N 处理的NH₄⁺-N 培养 35d、49d 时趋于痕量, 所对应加双氰胺处理则提前 14d 趋于痕量; 75 %、100 % 尿素 N 处理培养结束时仍有一定NH₄⁺-N 存在, 所对应加双氰胺处理的NH₄⁺-N 含量趋于痕量, 说明大部分尿素在 17d 内水解, 水解加硝化时间为 49d 左右。加入硝化抑制剂后各处理NH₄⁺-N 含量前期(20d 左右)均明显高于未加硝化抑制剂处理, 后期则低于未加硝化抑制剂处理, 这可能是因前期硝化的NH₄⁺-N 较少, 故后期转化为NO₃⁻-N 量高于未加硝化抑制剂处理^[3], 说明双氰胺对尿素水解有一定抑制作用, 后期却促进铵的硝化。

表 2 双氰胺对砂壤土中不同尿素 N、NO₃⁻-N 配比处理的影响

Tab.2 Effect of dicyandiamide on different urea and nitrate ratio in the sandy loam soil														
处 理 Treatments	含量/ mg·kg ⁻¹ Contents													
	2d		4d		7d		17d		21d		35d		49d	
	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N
	56.3a	708.2a	56.5a	670.3a	64.3a	552.0b	113.6a	404.1b	104.6a	437.5a	893.3a	178.6a	1115.1a	60.1a
	71.8a	652.9b	67.7a	668.9a	76.8a	609.2a	72.1a	455.0a	123.9a	448.9a	765.9a	187.1a	1056.0a	12.5a
	477.0a	539.9a	502.0a	459.8b	558.5a	344.9b	422.4b	282.3b	778.7a	263.9b	1130.2b	136.8a	1307.8b	75.9a
	483.7a	557.8a	501.5a	503.5a	544.3a	418.1a	643.7a	382.2a	809.2a	312.9a	1494.1a	16.0b	1459.2a	6.0b
	793.4a	345.8a	820.3a	276.5b	902.9a	228.9b	1024.1b	182.9b	1242.3a	168.1a	1495.1a	49.8a	1490.4b	8.5a
	772.6b	374.0a	794.4a	330.6a	907.9a	305.8a	1258.1a	220.0a	1359.1a	170.5a	1649.2a	8.0a	1632.1a	6.0a
	1219.1b	173.4a	1242.3a	161.5a	1392.0a	117.1b	1543.5a	37.8a	1623.7a	34.0a	1604.2a	9.0a	1636.8a	5.5a
	1283.3a	210.3a	1209.1b	217.8a	1323.2a	206.6a	1536.4b	56.3a	1736.5a	6.1a	1693.9a	7.5a	1679.4a	4.3a

表 3 双氰胺对中壤土中不同尿素 N、NO₃⁻-N 配比处理的影响

Tab.3 Effect of dicyandiamide on different urea and nitrate ratio in medium loam soil														
处 理 Treatments	含量/ mg·kg ⁻¹ Contents													
	2d		4d		7d		17d		21d		35d		49d	
	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N
	106.0a	559.6b	173.2a	704.4a	402.6a	529.0b	869.9a	349.2b	1009.6a	324.9b	1068.0a	249.2b	1040.5a	199.4b
	108.6a	630.2a	109.1b	718.9a	131.8b	674.8a	273.3b	505.0a	330.6b	628.5a	305.7b	605.7a	300.1b	583.1a
	420.9a	353.7a	528.5a	531.5b	689.0a	377.2b	917.4a	218.7b	1128.8a	219.2b	1217.4a	190.1b	1208.8a	178.3b
	461.17a	359.7a	483.7b	578.6a	367.1b	537.0a	363.8b	540.8a	559.3b	539.8a	630.6b	522.8a	521.8b	461.1a
	758.73a	258.3a	818.5a	363.7a	911.4a	342.2b	1129.4a	137.8b	1506.1a	165.6b	1578.1a	121.2b	1441.4a	78.2b
	729.53a	300.6a	797.9a	392.0a	843.0a	399.5a	838.4b	377.0a	998.3b	402.5a	1022.9b	425.8a	1005.3b	402.5a
	1179.5a	199.4a	1248.2a	207.4a	1303.0a	211.7a	1535.3a	107.0a	1615.6b	91.7b	1716.8a	41.1b	1637.9a	33.6b
	1178.6a	204.9a	1238.6a	223.9a	1268.2a	234.5a	1295.4b	227.2b	1419.5a	233.2a	1436.7b	238.2a	1364.1b	226.4a

双氰胺对中壤土中尿素的硝化抑制作用。由表 3 可知尿素 N 施入中壤土后立即发生水解,各处理的 NH_4^+ -N 含量培养 4d 内均出现峰值,之后未加硝化抑制剂处理的 NH_4^+ -N 含量急剧下降,至培养 17d 再缓慢降低及至培养结束时仍有较高 NH_4^+ -N 存在, NO_3^- -N 含量则培养 17d 内快速上升,之后平缓升高。加双氰胺处理的 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 含量变化均较小,培养同期加硝化抑制剂处理的 NH_4^+ -N 含量在全培养期间均高于未加硝化抑制剂处理,且高浓度处理全培养期间达显著水平,低浓度处理则培养 17d 后达显著水平;而其 NO_3^- -N 含量则全培养期间均低于未加硝化抑制剂处理,且高浓度处理培养 4d 后达显著水平,低浓度处理培养 17d 后达显著水平,说明尿素在培养 4d 内已基本水解完毕,加入硝化抑制剂后并未延缓尿素水解过程,但大大减慢铵的硝化作用,双氰胺对高浓度尿素处理的抑制效果明显高于低浓度处理。各处理的 NO_3^- -N 含量培养 35d 时达峰值,且至培养 49d 时 NH_4^+ -N 含量仍均很高,这是由于土壤中硝态盐含量影响反硝化作用速率所致, NO_3^- -N 含量高则反硝化速率亦高^[4]。De Klein C .A .M .^[9] 研究表明施 N 量高处理,其反硝化损失量明显高于施 N 量低处理。

表 4 双氰胺对轻粘土中不同尿素N、 NO_3^- -N 配比处理的影响
Tab.4 Effect of dicyandiamide on different urea and nitrate ratio in light clay soil

处 理 Treatments	含量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Contents													
	2d		4d		7d		17d		21d		35d		49d	
	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NH_4^+ -N
	135.7a	670.5a	258.4a	544.4a	558.1a	1006.9a	608.5a	361.6b	1007.5a	434.0a	1574.2a	16.0b	1607.3a	8.1b
	118.3a	515.5b	403.3a	672.9a	132.8b	905.1a	591.3a	587.7a	581.4b	496.9a	788.9b	284.5a	1355.9a	28.3a
	493.3a	431.0a	687.4a	577.0a	966.1a	280.7a	1131.5a	303.4a	1287.7a	202.3a	1763.5a	21.8a	1594.8a	7.3a
	594.9a	518.3a	569.3a	645.2a	687.3b	519.3a	789.2b	464.4a	729.9b	344.5a	1454.0a	110.4a	1491.4a	16.3a
	982.4a	291.5b	1033.7a	323.7a	1318.3a	305.1a	1518.0a	65.6a	1684.7a	16.8b	1473.1a	11.3a	1511.9a	5.8a
	930.9a	477.6a	917.2a	444.7a	999.1b	221.4a	996.0b	199.2a	1102.7b	129.7a	1932.6a	32.3a	1513.6a	6.3a
	1376.3a	116.5a	1325.2a	109.2a	1670.0a	302.3a	1497.1a	18.6a	1690.6a	11.8a	1792.6a	8.7a	1308.2a	6.8a
	1269.5a	192.8a	1344.6a	135.2a	1405.2b	174.5a	1400.7a	100.5a	1523.8a	160.4a	1626.1a	42.5a	1726.9a	6.3a

双氰胺对轻粘土中尿素的硝化抑制作用。由表 4 可知各处理的 NH_4^+ -N 含量培养 7d 内均出现峰值,说明尿素培养 7d 内已基本水解,比砂壤土中水解(17d)提前 10d,这可能是因不同土壤中尿素水解的速度不同所致,粘质土壤中脲酶活性通常高于砂质土壤,而尿素分解速度随脲酶含量的增加而加快^[5]。之后 NH_4^+ -N 含量急剧下降, NO_3^- -N 含量急剧上升,说明尿素培养 7d 后进入旺盛硝化作用期,且加入硝化抑制剂后亦不能改变这种趋势,但大大降低同期内 NO_3^- -N 含量,并在培养 7~35d 内达显著水平,增加了 NH_4^+ -N 含量。25%、50% 尿素 N 处理的 NH_4^+ -N 培养 21d 时已完成硝化,加入硝化抑制剂处理硝化时间延长了 14d; 75%、100% 尿素 N 处理硝化时间亦由 35d 延长至 49d。

3 小 结

尿素的水解在中壤土(4d)、轻粘土(7d)均快于砂壤土(17d)。双氰胺抑制了壤土、粘土中尿素水解产生的铵硝化作用,却促进砂壤土中尿素水解的铵硝化作用。加与未加双氰胺砂壤土中尿素水解 + 铵的硝化时间均约 49d;中壤土直至培养结束时仍有较高的 NH_4^+ -N,尿素水解产生的铵硝化时间尚待进一步研究;轻粘土中水解 + 铵的硝化时间为 35d,加入硝化抑制剂后则延长 14d。

参 考 文 献

1 边秀举,巨晓棠,刘学军等.尿素在草甸褐土中分解转化特征及影响因素的研究.河南农业大学学报,1999,22(4):23~26

2 同延安,张文孝,韩稳社等.不同氮肥种类在峻土及黄绵土中的转化.土壤通报,1994,25(3):107~108

3 李永梅,杜彩琼,林春苗等.铵态氮肥施入土壤中的转化.云南农业大学学报,2003,18(1):26~29

4 [美]蒂斯代尔 S.L.,纳尔逊 W.L.,[加]毕腾 J.D. 土壤肥力与肥料.北京:中国农业科技出版社,1998.95~153

5 柯连科夫.氮肥的土壤化学.北京:中国农业出版社,1983.113~127

6 Amberger A .Research on dicyandiamide as a nitrification inhibitor and future outlook .Commun in Soil Sic .Plant Anal ,1989,20:1993~1995

7 Vilsmeier K . Kolorimetrische bestimmung von dicyandiamide in boden .Z Pflanzeneraehr Bodennkd,1979,142:792~798

8 Chen L J ,Boeckx P , Zhou L .K , *et al* . Effect of hydroquinone, dicyandiamide and encapsulated callium carbide on urea-N uptake by spring wheat, soil mineral N content and N₂O emission .Soil Use and Management,1998,14:230~233

9 De Klein C . A . M , Van Logtestijn R . S . P . Denitrification in the top soil of managed grasslands in the Netherlands in relation to soil type and fertilizer lever .Plant and Soil,1994,163:33~44