

脲酶抑制剂的筛选反使用条件的研究

李双霖 薛由保

(福建农学院)

摘 要

通过对28种有机、无机物质作为脲酶抑制剂的室内比较试验,筛选出脲氢醌、1,4-二对苯二酚、邻苯二酚、对苯醌、C—F—1(废物)、硫酸铜、烟碱、石灰氮、双胍胺和蓖麻叶等10种物质作为对土壤脲酶活性抑制率较高的抑制剂。试验结果表明,抑制剂的用量,以在25克土壤中加入10毫升浓度为50毫克/升(固体为0.2克)的较为适宜,抑制时间较长;在相同浓度或用量下,高温比低温季节抑制效果好;土壤pH值在7以上时应用脲酶抑制剂,效果则更好。

尿素肥料含氮量高,属中性有机态氮肥,性质较稳定,常年施用对土壤无不良影响,生产成本较低,还适合于生产复合肥料等,是目前国内外继续发展的氮肥品种之一。但尿素施入土壤后,在土壤脲酶的催化作用下迅速水解成 CO_2 和 NH_3 ,造成尿素氮的挥发损失,并且水解过程的中间产物 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$,会导致局部土壤pH值升高和氨的暂时积累(在酸性土壤中也会如此),因而会毒害或伤害作物的幼根和幼芽。为了延缓施入土壤中尿素的水解速度及减少氨的损失,国内外已采取多种途径,如制成硫衣尿素,塑料包膜肥料及进行深施等措施来提高其利用率,但由于尿素施入土壤后很难避免受土壤脲酶的催化作用而引起氨的损失。近期国内外已进行醌类、多羟酚类、磷酸酰胺类、重金属盐类及五氯硝基苯等多种脲酶抑制剂对比试验^①,但大多仍处于试验阶段。因此,筛选一些易得,价廉,高效,低毒,无污染的脲酶抑制剂是当前生产中急待解决的课题。作者针对福建省尿素施用中的问题,进行了脲酶抑制剂的筛选及使用条件的比较试验,其目的是在前人研究的基础上进一步选择较理想的抑制剂、适宜用量及使用条件,为今后大田推广应用,提高尿素利用率及发展尿素生产提供科学依据。

一、材 料 与 方 法

(一)供试材料

表1 供试土壤基本性质

土壤	有机质 (gkg^{-1})	全氮 (gkg^{-1})	$\text{NH}_3\text{—N}$ (mg kg^{-1})	阳离子 交换量 (cmol kg^{-1})	pH
乌泥田	24.1	1.3	12	21	6.4
乌沙田	19.8	1.2	10	18	6.2
灰泥田	19.1	1.1	8	14	6.2

1. 供试土壤采自福州地区分布面积较广的3种潜育性水稻土(乌泥田、乌沙田和灰泥田)的耕作层,土壤基本性质如表1。

2. 供试抑制物质:酚类(1,4-二对苯二酚,邻苯二酚,间苯二酚,苯酚,甲苯酚,苯三酚);醌类(脲氢醌,蒽醌,菲醌,对苯醌);盐类($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$,

① 周礼恺,脲酶抑制剂氢醌提高尿素肥效的研究,全国土壤酶研讨会论文资料,4—12页,1985。

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$);氧化剂($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, KMnO_4);三氯甲烷, 烟碱, 咖啡碱, 双氰胺, 石灰氮等有机、无机化合物, 还有菜籽饼, 茶籽饼, 烟叶, 茶叶, 蓖麻叶, C—F—1(废物)等28种物质。

(二) 试验方法

1. 不同脲酶抑制剂抑制效果的比较试验: 称土样25克, 按G. Hoffmann与Feicher康维皿扩散法测定脲酶活性作为对照, 同时, 在25克土壤中分别加入10毫升不同浓度(固体的以重量计)的脲酶抑制剂, 然后与对照一样测定脲酶活性, 再计算抑制率, 土样中均加10毫升100克/升尿素液。

抑制率(%) = $(A - B) / A \times 100$; 式中: A为不加抑制剂的脲酶活性($\text{NH}_3\text{—N}$ 毫克/克土·48小时); B为添加抑制剂的脲酶活性(单位同上)。根据测得的抑制率, 筛选出抑制效率较高的脲酶抑制剂。

2. 不同脲酶抑制剂及培养时间对尿素转化的影响: 用筛选出的抑制率较高的脲酶抑制剂, 以一定数量(不同浓度溶液10毫升; 固体的以重量计)在培养前加入25克土壤中, 再与10毫升100克/升尿素液或10毫升10克/升尿素液混匀。一组与对照一样, 在37℃下培养2, 4, 6, 8, 10, 12天后测定脲酶活性。另一组在自然室温下培养5, 10, 20, 30, 40天后测定脲酶活性, 并计算尿素的转化率(尿素在37℃下经培养48小时后, 被脲酶转化为 $\text{NH}_3\text{—N}$ 的量占尿素氮量的百分数)。

3. 不同培养温度对尿素转化的影响: 为使培养温度接近于大田气候条件, 在时间相同条件下, 试验分2组进行: 第1组于1987年4月1日至5月10日; 第2组于1987年4月5日至5月15日, 共40天, 第2组比第1组抑制剂和尿素数量减半, 其余相同。在试验中观测室温的变化, 1—10天内, 平均室温为14℃; 11—20天内平均室温为16℃; 21—30天内平均室温为20℃; 31—40天内平均室温为24℃。

4. 不同尿素用量对尿素转化的影响: 在25克土壤中加入同量的抑制剂, 而加入不同量(0.01克—0.12克)的尿素, 放在37℃下培养, 然后测定脲酶的活性及尿素的转化率。

5. 不同pH对脲酶活性的影响: 配制不同pH值的缓冲溶液加入25克土壤中, 使土壤pH值为4.7—8.0, 然后再加抑制剂混合均匀后在37℃下培养48小时, 测定脲酶活性的变化。

二、结果与讨论

(一) 不同抑制剂对脲酶活性的抑制效果

供试的28种抑制剂中, 有的既可作为抑制物质, 又有肥田及杀虫作用。培养试验结果(表2)表明, 不同抑制剂加入土壤中, 对尿素转化都有不同程度的抑制效果。28种抑制剂中以脛氢脛, 1, 4—对苯二酚, 邻苯二酚, 对苯醌, C—F—1(废物), 硫酸铜, 烟碱, 石灰氮, 双氰胺, 蓖麻叶等10种的抑制率较高(平均达44.8%)。经t值检验, 与对照处理比较, 差异达显著或极显著的水平。试验结果进一步肯定了前人提出的脛氢脛, 邻苯二酚、对苯醌等抑制率较高, 还发现一些农副产品及废物, 如菜籽饼、茶籽饼、蓖麻叶、烟叶及C—F—1等对脲酶活性也有一定的抑制效果。以往国内外研究者较注意把化学药品或化工产品作为抑制剂, 而把农副产品及废物作为抑制剂的较少。菜籽饼等虽然抑制率较低, 但可就地取材, 对环境的污染少。

从试验结果看出, 随着抑制剂用量的增加, 抑制率普遍提高, 但不成正比。配制成溶液

表“ 不同抑制剂对潜育性水稻土(乌泥田、乌沙田、灰泥田)中脲酶活性的影响

抑制剂	抑 制 剂 浓 度 (mg/L)											
	0		20		40		60		80		100	
	酶活性	酶活性	抑制率 (%)	酶活性	抑制率 (%)	酶活性	抑制率 (%)	酶活性	抑制率 (%)	酶活性	抑制率 (%)	
① 靛氰脲	5.01	1.96	60.9	1.95	61.7	1.85	63.1	1.81	63.9	1.80	60.1	
② 1,4-二 苯二酚	5.01	2.04	59.3	1.91	61.9	1.76	64.9	1.70	66.1	1.59	68.3	
③ 邻苯二酚	5.01	2.59	48.3	2.55	49.1	2.45	51.1	2.38	52.5	2.31	55.9	
④ 间苯二酚	5.01	4.51	10.0	4.30	14.2	4.07	18.8	4.05	19.2	4.04	19.1	
⑤ 非酚	5.01	3.70	26.1	3.55	19.1	3.43	31.5	3.17	36.7	2.77	44.7	
⑥ 苯酚	5.01									3.89	22.4	
⑦ 甲苯酚	5.01									3.49	30.3	
⑧ 苯三酚	5.01									3.69	26.3	
⑨ 三氯甲烷	5.01									3.66	32.9	
⑩ 对苯醌	1.07	0.65	39.3	0.61	43.0	0.54	43.5	0.48	49.5	0.40	53.9	
⑪ 总醌	1.07	1.05	1.9	1.03	3.7	1.01	5.6	1.01	5.6	1.01	5.6	
⑫ 咖啡碱	2.27	1.13	48.0	1.17	48.5	1.16	48.9	1.28	43.6	1.28	43.6	
⑬ 烟碱	2.27					1.14	36.6	1.32	41.9	1.23	45.8	
⑭ 硫酸铜	5.01	2.09	41.9	2.57	48.7	2.42	51.7	2.08	58.5	2.06	58.9	
⑮ 氯化铜	5.01	2.82	43.7	2.72	45.7	2.59	48.3	2.42	51.7	2.25	55.1	
⑯ 硝酸铜	5.01	3.07	38.7	2.81	43.9	2.71	45.9	2.64	47.3	2.53	49.5	
⑰ 硫酸锌	5.01	3.49	30.1	3.34	33.3	3.32	35.3	3.02	39.7	2.79	43.3	
⑱ 铁氰化钾	5.01	3.94	21.3	3.85	23.2	3.49	30.2	3.23	35.5	3.13	37.5	
⑲ 高锰酸钾	5.01									3.97	24.8	
⑳ 硼砂	5.01									3.07	38.9	

抑 制 剂 重 量 (g)

	0	0.05		0.10		0.20		0.30		0.40	
㉑ 双氰胺	1.07	0.78	2.71	0.71	33.6						
㉒ 石灰氮	1.07			0.74	30.8	0.26	75.7				
㉓ 烟叶	1.07	0.83	23.4	0.78	27.1	0.67	31.8	0.63	37.4	0.59	41.1
㉔ 茶叶	1.07	0.86	19.6	0.82	23.4	0.73	27.1	0.69	31.8	0.64	35.5
㉕ C—F—1	1.07			0.48	55.1						
㉖ 蓖麻叶	2.27									1.27	44.1
㉗ 菜籽饼	2.27	2.09	7.92	2.02	11.0	1.97	13.2	1.95	14.1	1.59	30.0
㉘ 茶籽饼	2.27	2.21	2.64	2.18	4.6	2.09	7.9	2.06	9.7	1.77	22.0

注: 1. 脲酶活性单位: $\text{NH}_3\text{—N mg/g土}\cdot 37^\circ\text{C}\cdot 48\text{h}$; 2. 使用的溶液的体积为10ml(抑制剂);

3. ①~⑨及⑭~⑲以10ml 100g/L尿素溶液培养的酶活性; ⑩~⑬及㉑~㉘以10ml 10g/L尿素溶液培养的酶活性;

4. 表中数据为在乌泥田、乌沙田和灰泥田3种土壤中测定的平均值。

使用的抑制剂, 在25克土壤中加入10毫升浓度为50毫克/升的抑制率最高, 以固体使用的为0.2克左右。超过此用量抑制率就降低。这种抑制规律对确定适宜用量具有参考价值。因为使用抑制剂不仅要考虑抑制效果, 还应考虑生产成本及用量过高引起环境污染的问题。

(二)不同抑制剂和培养时间对尿素转化率的影响

从试验结果(表3、表4)可看出以下3点:

1. 不同用量的抑制剂对尿素在土壤中的转化都有抑制作用, 但随时间的延长, 尿素转化

率都普遍提高，不过比不加抑制剂处理的转化率低。例如，尿素用量为0.1克时，25克土壤中加入10毫升100毫克/升抑制剂后的6天内，平均转化率为6.7%，比不加的平均转化率14.8%降低8.1%；10天内，加抑制剂的为7.1%，不加的为19.0%，降低11.9%；20天内，加抑制剂的为9.5%，不加的为48.5%，降低39.1%；30天内，加抑制剂的为37.5%；不加的为73.1%，降低35.5%；40天内加抑制剂的为56.3%，不加的为83.6%，降低27.2%。总的来看，加入抑制剂后使尿素的转化率在同一时间内比不加的降低1倍左右，特别是20—30天这段时间内，尿素转化率降低很明显，这种转化规律对作物供氮是有利的，因为水稻、小麦等作物生育前期需氮较少，如果尿素转化速度过快，不但作物难于全部吸收利用，还会造成尿素氮的损耗，到30—40天后作物已进入分蘖盛期，需氮增加，这时尿素转化进入高峰期，能及时满足作物对氮的需要，对促进作物生育是有利的。

2. 供试的抑制剂中，除1,4-对苯二酚、邻苯二酚、烟叶、菜籽饼、茶籽饼及茶叶等在40天左右，转化率接近于对照或等于对照，表现丧失其抑制作用外，其也如配氮醌、对苯醌、硫酸铜和C—F—1等4种抑制剂仍有抑制效果，可维持至40天以上，因此，这4种抑制剂有推广应用或扩大试验的价值。

3. 抑制剂用量不同，其抑制效果也不同。试验结果表明，分别在25克土壤中加入浓度

表5 不同抑制剂和培养时间对尿素在土壤中转化的影响 (培养箱中37℃培养结果)

抑 制 剂	培 养 时 间 (天)						培 养 时 间 (天)					
	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
	(I) 尿素用量: 0.05g/25g土						(II) 尿素用量: 0.10g/25g土					
① 对照	7.9	14.9	20.1	25.1	30.3	35.3	8.7	15.9	21.0	26.2	31.5	36.5
② 配氮醌	3.6	4.1	4.3	4.4	5.1	5.5	3.8	4.2	4.3	4.5	5.1	5.6
③ 1,4-对苯二酚	2.5	3.5	4.1	5.2	5.7	6.9	2.7	3.8	4.3	5.3	5.8	7.0
④ 邻苯二酚	3.5	4.7	5.1	5.6	6.6	7.1	3.9	5.0	5.1	5.8	6.8	7.6
⑤ 对苯醌	3.5	5.2	5.9	6.6	7.4	8.0	4.0	6.0	6.2	7.1	8.0	8.6
⑥ C—F—1	4.4	5.0	6.2	7.2	8.0	8.5	4.9	5.6	7.0	7.8	8.2	8.8
⑦ 硫酸铜	3.1	5.2	6.2	8.1	8.6	11.2	3.3	5.5	6.7	9.0	9.4	12.0
⑧ 烟碱	5.3	5.9	9.0	13.0	13.4	14.6	5.8	7.3	10.2	13.2	14.1	15.2
⑨ 烟叶	5.2	8.6	9.4	11.1	13.3	15.1	5.7	9.3	10.5	12.3	14.2	16.2
⑩ 石灰氮	6.2	8.6	10.3	11.4	14.8	16.1	7.2	9.0	11.9	12.5	15.1	17.3
⑪ 双氢胺	7.3	12.7	14.8	15.6	17.3	19.0	8.1	13.5	15.1	16.7	18.2	20.2
⑫ 菜籽饼	7.4	12.0	13.7	19.2	22.1	24.3	8.1	12.1	14.1	20.5	23.7	25.8
⑬ 茶籽饼	7.7	13.3	14.9	20.7	24.2	28.0	8.4	14.1	15.1	21.8	25.4	29.1
⑭ 蓖麻叶	9.1	15.1	19.9	25.1	26.6	28.9	9.9	16.0	20.4	26.2	27.4	29.8

注：表中(I)，②~⑤及⑦、⑧的抑制剂用量为10ml，浓度为100mg/L，⑨、⑩、⑪、⑫的

抑制剂重量为0.2g，其余的为0.4g，

(II) 各种抑制剂的浓度或重量减半。

为100、50、25毫克/升的溶液10毫升(固体的为0.4克、0.2克、0.1克)3种不同用量的抑制剂，以浓度为50毫克/升或0.2克的使用量较适宜，抑制时间维持较长，到达30天后尿素转化率还很低，而抑制剂浓度为25毫克/升或用量为0.1克的，在30天内除上述4种抑制剂仍有抑制作用外，其余的尿素转化率普遍提高，抑制作用降低，与对照基本相近。这可能是抑制剂被

表4

不同抑制剂和培养时间对尿素在土壤中转化率的影响

(在室温下的培养结果)

抑 制 剂	培 养 时 间 (天)									
	5	10	20	30	40	5	10	20	30	40
	尿素用量 0.05g/25g土					尿素用量 0.10g/25g土				
① 对照	7.10	12.2	20.6	58.1	60.2	8.7	14.2	24.3	60.5	69.4
② 胍氢醌	2.6	2.7	3.0	13.2	16.3	2.9	3.0	3.2	15.5	18.8
③ 对苯醌	2.6	2.8	3.1	6.6	8.1	3.0	3.1	3.6	7.8	10.0
④ 1,4-对苯二酚	2.9	3.1	3.3	48.8	53.2	3.1	3.2	3.5	58.0	67.8
⑤ 邻苯二酚	2.7	3.0	3.2	37.5	51.2	3.2	3.5	4.4	49.8	67.0
⑥ 硫酸铜	3.7	4.2	5.1	36.8	50.0	5.0	5.2	6.3	47.4	57.3
⑦ C-F-1	2.9	3.1	3.3	18.2	19.1	3.1	3.3	3.7	19.6	19.7
⑧ 烟叶	10.1	12.7	19.2	21.3	58.3	11.2	16.4	22.9	29.2	63.2
⑨ 菜籽饼	5.0	7.6	11.2	48.2	61.5	6.0	9.0	13.3	52.0	78.4
⑩ 茶籽饼	6.2	8.7	18.2	48.8	64.3	7.2	10.9	22.6	54.7	96.4
⑪ 茶叶	7.2	8.3	9.1	55.2	59.4	8.1	9.7	11.2	62.1	64.8
抑制剂用量	①~⑤: 浓度为50mg/L的溶液10ml/25g土 ⑥~⑪: 0.2g/25g土。									

续表4

抑 制 剂	培 养 时 间 (天)									
	5	10	20	30	40	5	10	20	30	40
	尿素用量 0.05g/25g土					尿素用量 0.10g/25g土				
① 对照	21.8	23.3	67.8	79.9	80.7	24.7	26.1	70.2	83.6	86.6
② 胍氢醌	5.1	6.1	14.0	68.8	70.2	5.9	6.2	14.7	70.2	71.9
③ 对苯醌	5.9	6.1	12.7	54.3	81.2	6.1	6.6	13.7	56.2	84.7
④ 1,4-对苯二酚	5.5	6.1	13.5	69.5	81.2	5.9	6.5	14.4	73.5	83.2
⑤ 邻苯二酚	6.1	7.0	15.4	80.2	81.8	6.6	7.5	16.7	81.3	82.6
⑥ 硫酸铜	9.8	10.9	17.3	65.5	72.2	10.9	11.4	18.3	68.4	75.3
⑦ C-F-1	5.9	6.2	10.4	21.1	30.5	6.1	6.5	11.7	22.9	34.6
⑧ 烟叶	11.1	12.3	56.1	76.3	50.0	12.4	13.4	58.8	78.5	80.5
⑨ 菜籽饼	15.5	17.4	31.6	80.1	82.4	17.0	18.9	32.7	81.3	83.2
⑩ 茶籽饼	15.0	15.4	23.4	79.2	80.4	15.3	16.1	28.3	80.1	81.4
⑪ 茶叶	13.9	14.6	23.1	80.2	81.3	14.5	15.5	24.1	81.3	82.5
抑制剂用量	①~⑤: 浓度为25mg/L的溶液10ml/25g土 ⑥~⑪: 0.1g/25g土									

分解失效或抑制剂被消耗后,低浓度反而有激活脲酶的作用,而浓度为100毫克/升或用量为0.4克的抑制率虽较高,但转化速度太慢,对作物供氮不利,且成本较高,年年使用又易造成环境的污染。因此,选择既有抑制作用,又能减少费用及低污染的抑制剂品种和适宜用量是十分重要的。

(三)不同温度对尿素在土壤中转化的影响

在培养温度为14、16、20、24℃时,凡添加抑制剂处理的,尿素转化率都比对照的低。当添加抑制剂浓度为50毫克/升的溶液10毫升/25克土(固体0.2克)时,平均转化率比对照低

21%，当添加抑制剂浓度为25毫克/升的溶液10毫升/25克土(固体0.1克)时，转化率比对照低28%。该试验结果与37℃时的培养试验结果相一致。从试验中可看出，尿素转化率随温度的升高而提高，这主要是温度升高后，酶促反应加快之故。因此在高温季节施用尿素适当添加一些抑制剂，对降低尿素转化率是有利的。

(四)不同尿素用量对尿素转化率的影响

从试验结果(表5)看出，在土壤中加入抑制剂后，随着尿素用量的增加，脲酶活性增强，抑制率降低，但低量尿素时比高量尿素时的抑制率高。因此尿素用量一次不宜过多，否则会增加土壤中的脲酶基质浓度而增强脲酶活性，对降低尿素的转化率是不利的。

(五)不同pH对尿素转化的影响

表5 不同尿素用量对尿素转化的影响 (酶活性单位: $\text{NH}_3\text{-Nmg/g}\pm\cdot 48\text{h}$)

尿素用量 (g/25g土)	对照酶活性	硫酸铜		1,4-对苯二酚		醌氢醌	
		酶活性	抑制率 (%)	酶活性	抑制率 (%)	酶活性	抑制率 (%)
0.01	1.05	0.46	56.2	0.38	63.3	0.30	71.4
0.02	1.50	0.73	48.0	0.57	62.0	0.45	70.0
0.04	2.57	1.42	44.7	1.01	69.7	0.78	69.6
0.06	3.10	1.77	42.9	1.22	60.6	0.98	68.4
0.08	3.76	2.15	42.8	1.62	58.0	1.22	67.6
0.10	4.54	2.64	41.9	1.98	57.8	1.66	63.4
0.12	4.87	2.85	41.5	2.06	57.7	1.78	59.3
0.14	4.12	2.95	28.4	2.15	47.8	1.83	55.6

注：硫酸铜，1,4-对苯二酚，醌氢醌均用浓度为100mg/L的溶液10ml/25g土。

研究业已证明土壤理化性质对脲酶活性有一定影响[2,8]，为了进一步研究不同pH值对尿素转化的影响，我们把土壤pH调节成不同pH值后再加入抑制剂，经试验发现土壤pH值对脲酶活性有一定影响。从试验结果(表6)可以看出：

1. 随着土壤pH值的升高，脲酶活性相应增强，两者呈明显的正相关。对照处理的相关系数(r)为0.919**($n=7$)，加抑制剂的为0.720*($n=7$)，加与不加抑制剂处理之间经t值检验达到极显著水平。

2. 加抑制剂处理的，在酸性条件下抑制率低；而pH值超过7时，始终保持较高的抑制率。如pH从7—8的平均抑制率达55.4%，比pH4.7—6.6平均抑制率33%提高22%。说明土壤pH值在7以上的碱性环境或在碱性土壤上应用抑制剂，其效果更好。

通过不同试验条件下进行脲酶抑制剂抑制效果的比较试验，从供试的28种脲酶抑制剂中，初选出醌氢醌等10种对脲酶抑制率较高的抑制剂。抑制剂的用量，以在25克土壤中加入10毫升浓度为50毫克/升(以固体使用

表6 不同pH值对脲酶活性的影响 (酶活性单位: $\text{NH}_3\text{-Nmg/g}\pm\cdot 48\text{h}$)

土壤pH值	酶活性 (不加抑制剂)	酶活性 (添加抑制剂)	抑制率%
4.7	2.15	1.90	11.60
5.5	2.45	1.66	32.2
6.2	3.25	1.79	45.0
6.6	4.54	2.01	55.7
7.0	4.79	2.07	56.8
7.5	4.42	2.06	53.4
8.0	4.79	2.04	57.4

注：抑制剂为硫酸铜及1,4-对苯二酚。表中数据为两者的平均值。

的为0.2克)为宜,温度影响脲酶活性,以高温添加抑制剂的抑制效果为好,尿素用量不宜过多,以分次施用较为经济,配施脲酶抑制剂的效果较好;脲酶活性与土壤 pH 呈正相关,在 pH>7 的碱性环境中应用脲酶抑制剂效果更好。

参 考 文 献

- [1] 王东海,脲酶抑制剂 (PPD) 试验结果初报。福建省农业科学院土肥建设, 5—37页, 1983年。
- [2] 江育璋,土壤性质与土壤脲酶活性对尿素氮挥发的影响。西南农学院学报,第2期, 15—22页, 1984。
- [3] 关松荫,土壤脲酶抑制剂应用效果的研究。土壤通报, 16卷5期, 232~234页, 1985。
- [4] 陈举鸣,国外脲酶抑制剂研究动态。国外农学——土壤肥料,第3期, 1—2页, 1987。
- [5] Bremner, J. M. (陈举鸣译),土壤硝化作用的抑制效果。国外农学——土壤肥料,第5期, 13—14页, 1987。
- [6] Magid, H. M. A. (鲍颖娟译),脲酶抑制剂在减少某些热带土壤失氮方面的潜力。国外农学——土壤肥料,第1期, 59—60页, 1985。
- [7] Rao, O. L. (鲍颖娟译),脲酶抑制剂对小麦生长的效应。国外农学——土壤肥料,第6期, 21—23页, 1978。
- [8] Tyler, G., plant and Soil, 41: 303, 1974。

新书出版消息

《中国水稻土》即将出版

由姚贤良、龚子同、丁昌璞和谢建昌主编的《中国水稻土》一书将于1991年下半年由科学出版社出版。本书系统总结了建国40多年来我国在水稻土的形成、分类、分布、特性、合理施肥以及耕作、水分管理等方面的研究成果。全书分4篇共30章近60万字。第1篇共7章,主要介绍我国水稻土的形成过程、分类系统、地理分布和资源评价等;第2篇共10章,全面阐述了水稻土的矿物类型和组成、有机物质、吸附性能、酸度、结构状况、氧化还原过程以及微生物学特征等;第3篇共7章,主要介绍水稻土中氮、磷、钾、硫和微量元素的贮量、形态和有效性,水稻根际的土壤环境及合理施肥原则;第4篇共6章,系统阐述了水稻土的管理技术、高产水稻土的培肥、低产水稻土的改良和水稻土的污染及其防治等。本书内容丰富、资料新颖、论据充实、实用性强,图文并茂,不仅反映了当代水稻土的研究水平,也是一本有实用价值的参考书。可供从事土壤学、植物营养学、地学、农学、生态学以及环境科学等方面的科技工作者,有关生产单位的技术人员以及高等院校的师生参考。