

西吡对抑制硝化过程和其它微生物活性的影响*

李良谟 臧双 周秀如 潘映华

(中国科学院南京土壤研究所)

作物对氮肥的利用率很低^[3,4],水稻对氮肥的利用率又低于旱作。稻田中氮素平衡的资料指出,水稻对氮肥的利用率在20—60%之间,平均35%,土壤中残留3—21%,平均12%,损失31—61%,平均50%。众所周知,土壤中氮素损失的途径与微生物的硝化作用和反硝化作用有着密切关系^[3,6]。为了防止氮素损失,提高氮肥的作物利用率、改善作物品质达到增加作物产量的目的,在氮肥的制造和施用上国内外已有多种措施和途径^[1,2,8-14]。我们从1973年开始,以旅大市轻化工研究所和南京电化厂提供的硝化抑制剂西吡[化学名称2-氯-6-(三氯甲基)吡啶,代号CP,含氮量6%左右]为供试制剂,就其对土壤硝化过程、氮素损失,氮肥的作物利用率以及对作物产量的影响等方面进行了研究。

此外,鉴于国内有关西吡对土壤中氮素转化的其它微生物活性——土壤呼吸作用、氨化作用、自生和共生固氮作用——影响的研究未见报道,本文还就西吡对这些活性的影响进行了探讨。

一、西吡对土壤硝化过程和氮素损失的影响

(一) 材料和方法

1. 供试土壤有六种,包括由江苏和浙江省采集的两种强石灰性壤土、两种近中性的粘壤土和粘土、一种酸性粘壤土和一种酸性壤粘土。

2. 室内培育试验:将新鲜风干土壤通过20孔筛,每处理用土100克,按试验要求加入氮肥(或¹⁵N肥料)和抑制剂,均配成溶液后加入。淹水培育并经常补足失去的水分,定期取出样品,测定土壤中NO₃-N、NH₄-N(或¹⁵NH₄-N)或全氮及¹⁵N含量,计算硝化率和氮素损失率。

$$\text{硝化率}\% = \frac{\text{NO}_3\text{-N}}{\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}} \times 100$$

3. 盆栽和田间试验:小麦盆栽用土量为六公斤,氮肥(碳酸氢铵)用量为1克N/盆,CP用量为纯氮的3%,二者与土拌匀作基肥一次施用。水稻田间试验小区面积为0.1亩,氮肥(碳酸氢铵和尿素)用量为10斤N/亩,CP用量为纯氮的2%,二者与土拌匀,分

* 文中¹⁵N测定均承本所质谱组进行,田间试验承淮安农业局、吴县农科所、苏州地区五七农大农学系、洪泽县农业局、国营丹阳练湖农场和本所氮肥组等单位大力支持和协作,特此致谢。

两次施用。施肥后定期取土样分析其亚硝酸菌数, $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量, 计算硝化率。供试土壤为中性粘壤土和中性粘土。

(二) 结果和讨论

在淹水的培育试验中, 研究了西吡对强石灰性壤土和微酸性粘壤土中硝化作用的影

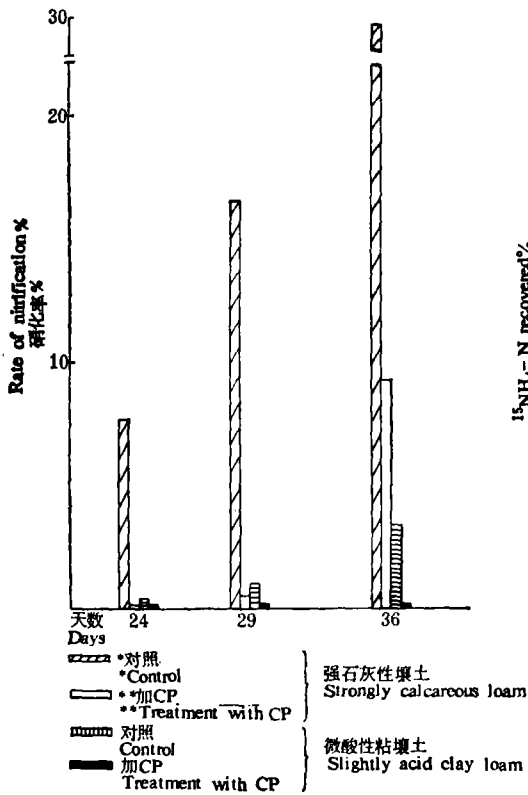


图1 西吡对抑制硝化作用的影响

Fig. 1 Effect of CP on the inhibition of nitrification

- 注: 1.* 加硫酸铵 (60 毫克 N/100 克土), ** 加硫酸铵 (60 毫克 N/100 克土) 和 CP (5ppm);
2. 两种土壤中对照与 CP 的硝化率差异达到统计上 ($P \leq 0.01$) 显著平准, 两种土壤的硝化率差异也达到统计上 ($P \leq 0.01$) 显著平准。
- 1.* $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ of 60 mg N/100g soil is added.
- ** $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ of 60 mg N/100g soil is added, CP at the rate of 5ppm in soil is added.
2. The difference of nitrification between CK and CP in both soils has the significance of $P \leq 0.01$;
- The difference of nitrification between two soils has the significance of $P \leq 0.01$.

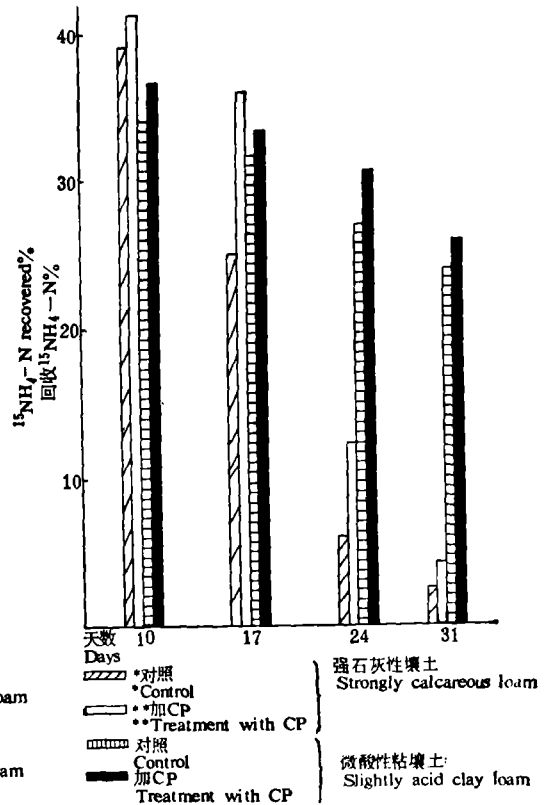


图2 西吡对回收 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ 的影响

Fig. 2 Effect of CP on the recovery of $\text{NH}_4\text{-N}$

- 注: 1.* 加硫酸铵 (6.47 毫克 ^{15}N /100 克土), ** 加硫酸铵 (6.47 毫克 ^{15}N /100 克土) 和 CP (5ppm);
2. 两种土壤中对照与 CP 的 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ 回收率差异达统计上 ($P \leq 0.01$) 显著平准, 两种土壤的 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ 回收率差异达到统计上 ($P \leq 0.01$) 显著平准。
- 1.* $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ of 6.47 mg N/100g soil is added.
- ** $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ of 6.47 mg N/100g soil is added, CP added at the rate of 5 ppm in soil is added.
2. The difference of $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ recovered between CK and CP in both soils has the significance of $P \leq 0.01$;
- The difference of $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ recovered between two soils has the significance of $P \leq 0.01$.

响。试验表明西吡在该两种土壤中都是有效的硝化抑制剂,在等氮量情况下,不加西吡的土壤硝化率为添加者的 3—33 倍,高者可达百余倍。在加和不加西吡的两种处理中,石灰性土壤的硝化率都高于微酸性土壤(图 1)。

用标记 ^{15}N 的硫酸铵示踪不同培育期间 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ 的回收率表明,甚至在培育的最初阶段,例如 10 天,在土壤的 NaCl 浸提物中 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ 仅约为加入 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的 40%,这时土壤硝化率远低于 10%,在加入的硫酸铵含量与测得的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 之间存在着大量亏缺,可以认为在无作物吸收氮的情况下,由于加入硫酸铵而带入的大部分 NH_4^+ 可能为土壤复合体所固定。但在两种土壤中仍可观察到西吡对增加 $\text{NH}_4\text{-N}$ 回收率的作用,表现在添加西吡的土壤的 NaCl 浸提物中 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ 的含量较对照者高 4—10% ($P < 0.01$, 图 2)。

为了在栽培小麦和水稻的盆钵和田间条件下进一步研究西吡对硝化率的影响,分析了盆栽和田间土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和亚硝酸菌的含量。图 3、4 表明,西吡对抑制亚硝酸菌的发育及活性有明显的影 响。还表明亚硝酸菌数量和硝化率的变化有时不完全相符。从图 3 看出,从 1 月 7 日—17 日,对照的亚硝酸菌量下降而硝化率略有上升;2 月 5 日

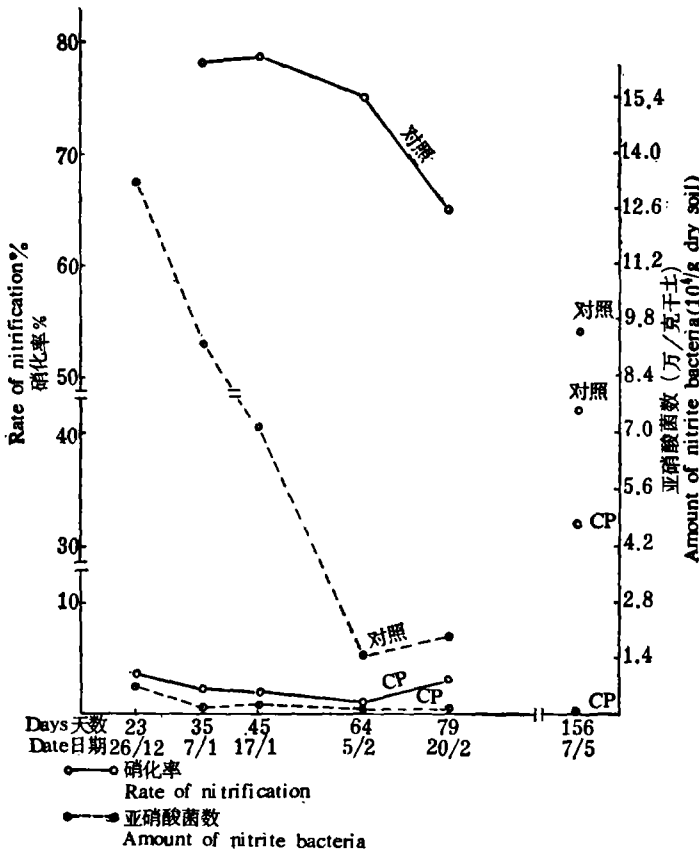


图 3 旱地土壤中施用西吡对硝化率和亚硝酸菌的影响(小麦)

Fig. 3 Effect of CP on the rate of nitrification and the amount of nitrite bacteria in pot culture with wheat

至 20 日,亚硝酸菌量逐渐上升而硝化率则趋下降。从图 4 看出,在添加和不添加西吡时,施氮肥后 10 天—20 天亚硝酸菌量下降而硝化率上升。但是无论在盆栽和田间条件下,西吡对抑制亚硝酸菌和硝化率仍有明显效果,由图 3、4 看出,加西吡的处理中它们一直处在较低水平。

由图 3 和图 4 还可看出西吡在旱地中的持续效果较在淹水土壤中者长,这可能由于西吡在淹水条件下降解较快所致。

在五种土壤的淹水培育试验中,研究了西吡对氮素损失的影响。为此,培育一月后测定了土壤残留的 ^{15}N 。显然,在氮明显挥发的石灰性土壤中,问题是很复杂的^[5,7]。如表 1 所示,西吡在两种强石灰性土壤中的效果不明显。但另一方面,在两个微酸的粘壤土和酸性 (pH 5.5) 壤粘土中,西吡对减少氮素损失的效果则是明显的,在培育一个月后残留的 ^{15}N 量较对照者高 7—8%。但对西吡在酸性粘壤土 (pH 5.7) 中无效的问题,尚有待研究。

表 1 西吡对减少氮素损失的影响
Table 1 Effect of CP on the decrease of N loss

土壤 Soil	处 理 Treatment	土壤中残留 ^{15}N Residual ^{15}N in soil		减少氮素 损失% % of N loss decreased
		^{15}N (毫克/ 100 克土) mg $^{15}\text{N}/100\text{g soil}$	占施入 ^{15}N %	
强石灰性壤土 (pH 8.4, 有机质 0.93%) Strongly calcareous loam (pH 8.4, O.M. 0.93%)	^{15}N	1.96	45.5	1.8
	$^{15}\text{N} + \text{CP}$	2.04	47.3	
强石灰性壤土 (pH 7.9, 有机质 2.30%) Strongly calcareous loam (pH 7.9, O.M. 2.30%)	^{15}N	2.16	50.1	0.7
	$^{15}\text{N} + \text{CP}$	2.19	50.8	
微酸性粘壤土 (pH 6.1, 有机质 3.14%) Slightly acid clay loam (pH 6.1, O.M. 3.14%)	^{15}N	3.58	83.1	8.0**
	$^{15}\text{N} + \text{CP}$	3.94	91.1	
酸性粘壤土 (pH 5.7, 有机质 1.60%) Acid loamy clay (pH 5.7, O.M. 1.60%)	^{15}N	3.51	81.4	-1.6
	$^{15}\text{N} + \text{CP}$	3.44	79.8	
酸性壤粘土 (pH 5.5, 有机质 2.88%) Acid loamy clay (pH 5.5, O.M. 2.88%)	^{15}N	2.98	69.2	7.0**
	$^{15}\text{N} + \text{CP}$	3.29	76.3	

** 达到统计上 ($P \leq 0.01$) 显著平准。

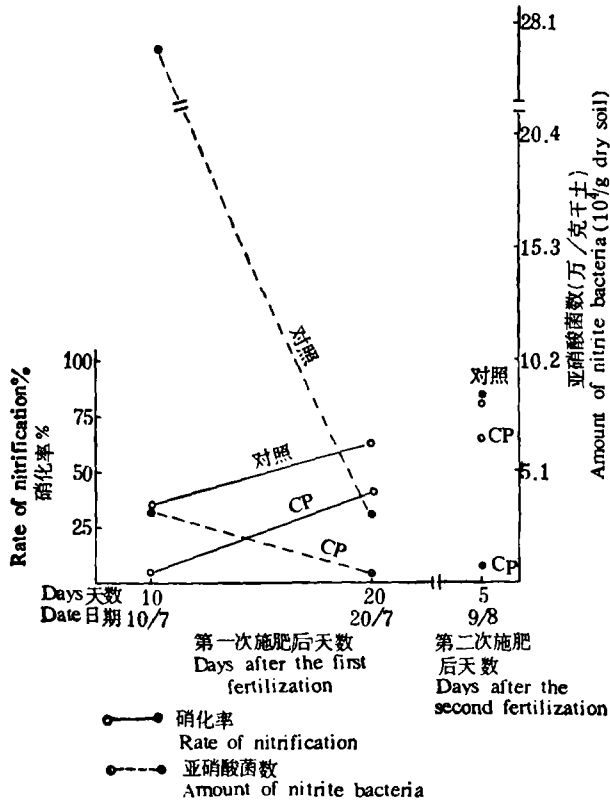


图 4 水田施用西吡对硝化率和亚硝酸菌的影响

Fig. 4 Effect of CP on the rate of nitrification and the amount of nitrite bacteria in rice field

二、西吡对水稻吸收氮素和产量的影响

(一) 材料和方法

1. 水稻吸收氮素的田间微区 ¹⁵N 肥料试验: 微区采用无底塑料圆筒(面积为 0.062 平方米, 高 45 公分), 埋入土壤中。供试土壤为强石灰性壤土。标记肥料有尿素、碳酸氢铵、硫酸铵等, 采用随机区组和成对比较法设计, 7 个区组 4 次重复, 共 56 个微区(表 2)。

2. 田间小区试验: 于 1973—1979 年在江苏几种主要水稻土上进行了 49 个小区试验, 供试土壤分属潴育性水稻土和潜育性水稻土, 呈中性或石灰性反应。试验均在施用有机肥和磷肥基础上进行, 氮肥用量为每亩 15—45 斤尿素, 西吡用量为肥料氮量的 2% 或 3%。施用期分为面肥(或分蘖肥)和穗肥。小区面积为 0.03—0.3 亩, 重复 3—4 次。

(二) 结果和讨论

按推理, 由于西吡在水稻土中抑制了硝化作用, 使土壤中持续存在较多的 $\text{NH}_4\text{-N}$, 有利于水稻的吸收利用。但是, 用非标记氮肥进行的盆栽试验(供试土壤为石灰性壤土)表明,

表 2 西吡对提高氮肥利用率的影响 (1978 年)
Table 2 Effect of CP on the increase of nitrogen recovery

处 理 Treatment	水稻吸收 $^{15}\text{N}\%$ % of ^{15}N uptake by rice	净增加% % of net increase
尿素粉肥表施 Powdered urea, top dressing	22.3	
同上+CP Ditto + CP	24.8	2.5
尿素粉肥混施 Powdered urea, incorporated dressing	29.0	
同上+CP Ditto + CP	31.7	2.7
尿素粉肥中层施 Powdered urea, deep dressing	25.8	
同上+CP Ditto + CP	25.3	-0.5
尿素粒肥中层施 Granulated urea, deep dressing	55.1	
同上+CP Ditto + CP	56.7	1.6
尿素粉肥穗肥表施 Powdered urea, top dressed at panicle formation stage	61.9	
同上+CP Ditto + CP	64.6	3.2
碳酸氢铵粉肥表施 Powdered ammonium bicarbonate, top dressing	17.1	
同上+CP Ditto + CP	18.2	1.1
硫酸铵粉肥表施 Powdered ammonium sulphate, top dressing	22.5	
同上+CP Ditto + CP	23.8	1.5

注: 1. 田间微区 ^{15}N 肥料试验, 强石灰性壤土。

2. 氮肥用量为 10 斤 N/亩, 基肥追肥各用一半。CP 用量为 N 素的 3%。

(Field micro-plot trial with N labelled fertilizer, Strongly calcareous loam.)

在水稻孕穗期和成熟期,西吡提高水稻对氮肥的利用率仅为 4—7%。

西吡影响水稻吸收标记氮肥的微区试验表明(表 2),由于加入西吡,水稻吸收氮素平均增加 1.72%,该增加量虽然很少,根据 28 对微区的统计材料表明达到 95% 显著水准,但就整个来说,我们认为在每亩施 10 斤纯氮的情况下,西吡在强石灰性土壤上对增加水稻吸收氮素的效果是不显著的。

西吡对水稻产量的影响,根据 49 个田间小区试验的结果,其中 40 个产量水平在 700 斤/亩以上,有显著效果的占 7.5%,增产率 11—20.5%;而产量在 700 斤/亩以下的 9 例

表 3 西吡在不同肥力土壤上对水稻产量的影响

Table 3 Effect of CP on rice yield in the soils with different levels of fertility

土壤 Soil	土壤肥力 Soil fertility	处理 (尿素斤/亩) Treatment (urea, jin/mu)	平均产量 (斤/亩) Mean yield (jin/mu)	差异 (斤/亩) Difference (jin/mu)	增产 (%) % of increase yield
强石灰性壤土 Strongly cal- careous loam	前茬小麦,产量低于 500 斤/亩 Preceding crop-wheat yield 3750 kg/ha.	22 22 + CP	767 864	97**	12.6
	前茬小麦,产量 700 斤/亩 Preceding crop-wheat, yield = 5250 kg/ha.	22 22 + CP	849 847	-2 ^{n.s.}	-0.2
沙土 Sand soil	前茬紫云英(地上部鲜草产量 2 千斤/ 亩,全部移去) Preceding crop-Astragalus sinica (fresh weight of the upper part 15 ton/ha, all removed)	20 20 + CP	610 713	103**	16.9
	前茬小麦,产量 500 斤/亩。施 150 担/亩优质草塘泥 ¹⁾ 作基肥。 Preceding crop-wheat, 3750 ton/ha, straw compost ¹⁾ applied as basal manure 112.5 ton/ha.	25 25 + CP	1052 1103	51 ^{n.s.}	4.9
	瘦地 Low fertility	25 25 + CP	655 730	75**	11.5
弱石灰性粘壤土 Slightly cal- careous clay loam	肥力中等,前茬紫云英掩青约 2500 斤/亩 Moderate fertility, preceding crop-Astragalus sinica applied as green manure, 18.75 ton/ha.	15 15 + CP	822 839	17 ^{n.s.}	2.3

1) 草塘泥是污泥和粪秆在嫌气条件下制备的一种混合肥料。

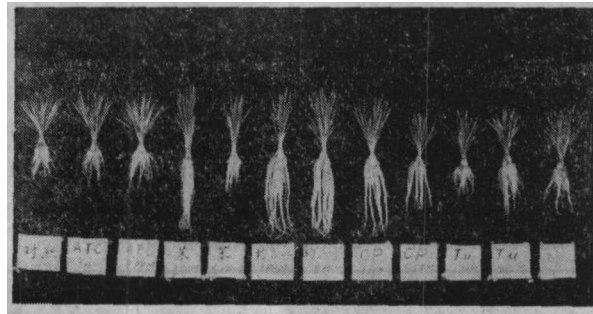
A compost of muds and straw prepared under anaerobic condition.

注: ** 达到统计上 ($P \leq 0.01$) 显著水准。

n.s. 统计上不显著。

中, 有显著效果的为 6 例, 增产率 8.5—16.9%, 这说明西吡对水稻的增产效果是不稳定的。如表 3 所示, 水稻产量超过 700 斤/亩的田块, 西吡没有效果, 而产量为 700 斤/亩以下的小区, 有明显的效果。在施肥量大的弱石灰性粘壤土上应用西吡亦没有效果。

为了探讨西吡有无刺激作用, 我们曾经做了两次水稻水培试验¹⁾。第一次试验结果表明, 西吡浓度为 1ppm 时, 刺激水稻根系庞大; 5ppm 时, 对水稻根系和植株均有显著的抑制作用(照片 1)。第二次试验表明, 西吡在 0.1ppm 低浓度时, 能促进水稻幼苗含氮量增加, 从对照的 1.64% 提高到 1.77%, 增加了 0.13% ($n = 4, P < 0.05$)。施用西吡的叶色较深, 长势健壮, 我们认为西吡刺激根系伸展发达, 特别在低肥条件下, 根深才能叶茂, 这可能是西吡使水稻增产的原因之一。



从左至右: 对照, ATC (1ppm, 5ppm), NB(1ppm, 5ppm), MAST(1ppm, 5ppm), CP(1ppm, 5ppm), Tu(1ppm, 5ppm), 对照。

照片 1 硝化抑制剂对水稻根系的影响

Plate 1 Effect of nitrification inhibitor on rice root (Water culture)

三、西吡对其它微生物活性的影响

(一) 材料和方法

1. 土培法测定土壤呼吸强度, 称取通过 20 孔筛的新鲜土壤 50 克于 500 毫升广口瓶中, 按处理要求加入不同浓度的西吡, 每处理加 1 毫升 10% 葡萄糖溶液, 再加水使土壤的湿度为最大持水量的 70% 左右, 广口瓶内置一盛有 3 毫升 2N 氢氧化钾溶液的小杯, 28—30°C 恒温培育 24 小时, 测定氢氧化钾溶液中吸收土壤释放的 CO_2 量。试验设有不加基质和西吡的空白处理。计算呼吸强度。

2. 土培法测定氨化强度, 用 15 毫升刻度试管盛 10 克经过 20 孔筛的新鲜土壤, 加 0.2% 蛋白胨和不同浓度的西吡, 土面有薄的淹水层, 试管紧塞橡皮塞, 恒温培育, 定期测定土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$, 计算氨化强度。

3. 西吡对共生固氮作用的影响, 以毛叶苕子为供试植物, 采用砂培法。于容器内盛灭

1) 水培液采用 Espiro's 培养液, 其母液成分为 (克/立升): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 17.8, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 50.0, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 9.8, KH_2PO_4 6.8, 5% 的 FeCl_3 0.6 毫升。微量元素溶液 (克/1000 毫升): H_3BO_3 2.86, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.22, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1.81, $\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.08, $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.02。在 1000 毫升母液中加入微量元素溶液 1 毫升。

菌石英砂 500 克, 加入含不同浓度西吡的无氮营养液 90 毫升, 使水份含量约为石英砂最大持水量的 70%。每处理播种催过芽并接种了根瘤菌¹⁾的苕子六粒, 每粒种籽接种量为 157×10^5 个, 置温室培养, 培养过程中经常补足失去的水份或添加无氮营养液, 培育期为 25 天和 45 天。收获后用乙炔还原法测苕子根瘤的固氮酶活性, 计算结瘤数, 称量苕子鲜重。

4. 西吡对自生固氮作用的影响, 用两种方法进行: (1) 纯菌培养法, 于含有不同浓度西吡的无氮培养基中接种固氮菌菌株 N2²⁾, 并设不接种的处理, 恒温振荡培养 14 天, 测培养液的全氮量。(2) 土培法, 容器中盛 50 克新鲜土壤, 其中加 1% 蔗糖和不同浓度西吡, 加水至最大持水量的 70% 左右, 恒温培养一个月, 立即风干粉碎过 100 孔筛, 测定土壤全氮量, 计算固氮强度。

(二) 结果和讨论

1. 西吡对土壤呼吸作用的影响。土壤培育试验表明, 西吡浓度为 0.5—5 ppm 时, 对供试的强石灰性壤土和微酸性粘壤土的呼吸强度均无不良影响 (表 4)。

表 4 西吡对土壤呼吸强度的影响

Table 4 Effect of CP on the intensity of soil respiration

处 理 Treatment	强石灰性壤土 Strongly calcareous loam		微酸性粘壤土 Slightly acid loam	
	CO ₂ (毫克/克 干土/小时) CO ₂ (mg/g dry soil/hr.)	C. V.	CO ₂ (毫克/克 干土/小时) CO ₂ (mg/g dry soil/hr.)	C. V.
加糖, 不加 CP Added glucose, no CP	0.0577	4.9%	0.0608	11.0%
加糖+0.5 ppm CP Added glucose and 0.5ppm CP	0.0585	7.9%	0.0666	4.1%
加糖+1 ppm CP Added glucose and 1ppm CP	0.0565	4.6%	0.0620	9.0%
加糖+3 ppm CP Added glucose and 3ppm CP	0.0584	5.8%	0.0682	9.8%
加糖+5 ppm CP Added glucose and 5ppm CP	0.0619	6.8%	0.0695	7.2%

注: 1. 表中数字为 4 次重复的平均值。

2. 土壤呼吸强度: CO_2 毫克/克干土/小时 = $\frac{\text{处理的 CO}_2 \text{ 毫克数} - \text{空白的 CO}_2 \text{ 毫克数}}{\text{干土重} \times 24}$

Note: 1. Figures in the table are mean values of 4 repetitions.

2. Respiration intensity: CO_2 , mg/g dry soil/hr.

= $\frac{\text{mg of CO}_2 \text{ of treatment} - \text{mg of CO}_2 \text{ of soil without glucose and CP}}{\text{Weight of dry soil} \times 24}$

1) 根瘤菌菌株 6034 系本室根瘤菌组提供。

2) 固氮菌菌株 N2 系本室根际细菌组提供。

由于一般大田施用西吡的浓度为 1—3ppm, 属于试验浓度范围之内, 由此看来大田条件下施用西吡, 应不致影响土壤的呼吸作用。

2. 西吡对土壤氨化作用的影响。表 5 表明, 西吡浓度达 5ppm 或 10ppm 时, 对土壤氨化作用仍无不良影响, 而该浓度远大于一般大田施用西吡的浓度 (1—3ppm)。由此看来大田施用西吡对土壤的氨化作用不致有不良反应。

表 5 西吡对土壤氨化强度的影响
Table 5 Effect of CP on soil ammonification

土壤 Soil	处理 Treatment	培育 10 天 Incubated 10 days		Incubated 20 days	
		NH ₄ -N (毫克/100 克干土) NH ₄ -N(mg/100g dry soil)	C. v.	NH ₄ -N (毫克/100 克干土) NH ₄ -N(mg/100g dry soil)	C. v.
沙土 Sand soil	对照, 无 CP Check, no CP	20.8	2.1%	21.6	12%
	3ppm CP	20.9	15.3%	20.4	3.5%
	5ppm CP	21.4	11.5%	21.2	3.1%
	10ppm CP	19.3	9.2%	23.3	13.2%
强石灰性壤土 Strongly calcareous loam	对照, 无 CP Check, no CP	20.9	4.5%	23.1	8.1%
	3ppm CP	21.0	3.8%	22.3	5.8%
	5ppm CP	20.9	2.5%	22.5	2.7%
	10ppm CP	20.8	1.3%	22.2	7.9%

注: 1. 表中数字为 4 次重复的平均值。

2. 氨化强度: $\text{NH}_4\text{-N (毫克/100 克干土)} = \frac{\text{处理的 NH}_4\text{-N} - \text{培育前土壤的 NH}_4\text{-N}}{\text{干土重}} \times 100$

Note: 1. Figures in the table are mean values of 4 repetitions.

2. Ammonification intensity: $\text{NH}_4\text{-N(mg/100g dry soil)}$

$= \frac{\text{NH}_4\text{-N contents of treatment} - \text{NH}_4\text{-N contents of soil before incubation}}{\text{Weight of dry soil}} \times 100$

3. 西吡对共生固氮作用的影响。以苕子根瘤菌为例, 砂培条件下西吡对苕子根瘤固氮酶活性的影响为: 西吡浓度在 3ppm 以下时对苕子根瘤的固氮酶活性无不良影响; 浓度为 1ppm 和 2ppm 时对固氮酶活性尚有一定刺激作用 ($P < 0.05$ 和 $P < 0.01$); 浓度达 5ppm 时, 固氮酶活性明显降低 (表 6)*。

西吡对苕子结瘤和鲜草量的影响, 因西吡浓度而异。浓度在 2ppm 以下时对苕子结瘤和鲜草量的影响不大, 而浓度在 3ppm 以上时结瘤数显著减少, 鲜草量明显下降 (表 7)。

结合观察苕子根系的生长情况, 西吡浓度在 1ppm 以下时, 根系生长正常 (照片 2) 结瘤良好 (照片 3)。浓度为 2ppm 时, 根系短而粗, 长度仅约为正常根系的三分之一, 但该浓度尚未影响根瘤菌的活性, 表现在根瘤着生密集, 固氮酶活性也不低 (表 6), 浓度为 3ppm 时, 根系生长不正常, 短而粗, 且根尖呈开花状 (照片 2)。由此说明苕子根瘤菌比苕子根系能

* 固氮酶活性承本所陈碧云、姚惠琴同志测定, 特此致谢。

表 6 西吡对苕子根瘤固氮酶活性的影响

Table 6 Effect of CP on the nitrogenase activity of *Rh. Leguminosarum-Frank*

处理 Treatment		固氮强度 N-fixation intensity	±%
第一组 First group	对照, 无 CP Check, no CP	16.6	
	0.5ppm CP	21.3	28.4
	1ppm CP	30.8*	85.7
	2ppm CP	45.4**	174.2
	3ppm CP	27.2	74.0
第二组 Second group	对照, 无 CP Check, no CP	12.9	
	5ppm CP	3.6	-72.5

注: 1. 第一组试验为 6 次重复的平均值, 固氮强度: 乙烯(微升/4 株/45 天)。

2. 第二组试验为 4 次重复的平均值, 固氮强度: 乙烯(微升/4 株/25 天)。

Note: 1. The figures in the first group are mean values of 6 repetitions. N-fixation intensity: C_2H_4 ($\mu\text{l}/4$ plants/45 days).

2. The figures in the second group are mean values of 4 repetitions. N-fixation intensity: C_2H_4 ($\mu\text{l}/4$ plants/25 days).

表 7 西吡对苕子结瘤和鲜重的影响

Table 7 Effect of CP on nodule formation and fresh wt. of *Vicia sativa* L.

处理 Treatment	结瘤数(个/4 株) No. of root nodule/4 plants	鲜草量(克/4 株) Fresh wt. (g/4 plants)
对照, 无 CP	61	5.58
0.5ppm CP	62	5.85
1ppm CP	55	5.90
2ppm CP	58	5.93
3ppm CP	37**	4.70*

注: 1. 表中数字为 6 次重复的平均值。

2. 鲜草量为苕子生长 45 天的全株重量。

Note: 1. Figures in the table are mean values of 6 repetitions.

2. Fresh wt. is the weight of total plant grown for 45 days.

表 8 西吡对自生固氮菌活性的影响

Table 8 Effect of CP on activity of *Azotobacter* spp

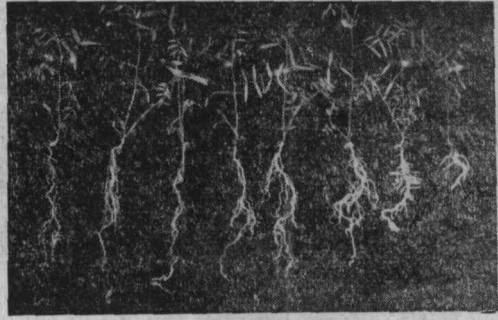
处理 Treatment	固氮量(N毫克/20 毫升培养液/14 天) Amount of N fixed (N mg/20 ml incubation sol./14 days)	C. V.
对照, 无 CP Check, no CP	2.42	2.4%
1ppm CP	2.46	2.8%
3ppm CP	2.46	3.4%

注: 1. 表中数字为 5 次重复的平均值。

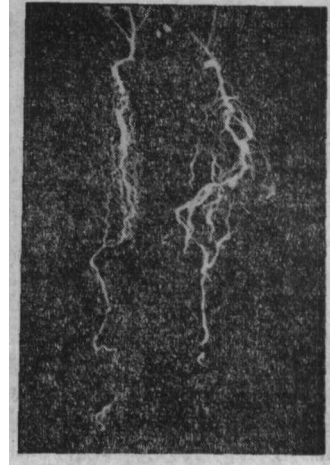
2. 固氮量已减去空白处理的全氮量。

Note: 1. Figures in the table are mean values of 5 repetitions.

2. The amount of N fixed is subtracted the total N contents of solution before incubation.



从左至右: 未接种, 对照, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 3, 5 (ppm)
照片 2 西吡对苕子根系的影响(砂培)
Plate 2 Effect of CP on root of *Vicia sativa* L. (Sand culture)



从左至右: 对照, CP (1ppm)
照片 3 西吡对苕子结瘤的影响(砂培)
Plate 3 Effect of CP on nodule formation of *Vicia sativa* L. (Sand culture)

表 9 西吡对土壤固氮强度的影响

Table 9 Effect of CP on soil N-fixation intensity

处理 Treatment	全氮% Total N %	C. V.	固氮强度% N-fixation intensity
未加糖和 CP No sucrose and CP	0.148	1.4%	2.1
加 1% 蔗糖, 未加 CP 1% sucrose, no CP	0.151	1.3%	4.2
加 1% 蔗糖和 5ppm CP 1% Sucrose and 5ppm CP	0.151	12%	4.2

注: 1. 表中数字为 4 次重复的平均值。

2. 固氮强度% = $\frac{\text{处理的全氮量} - \text{培育前土壤的全氮量}}{\text{培育前土壤的全氮量}} \times 100$ 。

Note: 1. Figures in the table are mean values of 4 repetitions.

2. N-fixation intensity %

= $\frac{\text{Total N contents in treatment} - \text{Total N contents in soil before incubation}}{\text{Total N contents in soil before incubation}} \times 100$

够耐较高浓度的西吡, 可以认为较高浓度的西吡首先危害苕子根系的正常生长, 然后必然影响到苕子根瘤固氮酶活性下降。

综上所述, 在田间条件下一般不宜对苕子直接施用西吡, 但其浓度低于 1ppm 时, 亦不致影响苕子的正常生长及根瘤菌的固氮酶活性。

4. 西吡对自生固氮作用的影响。纯菌培养中, 培养液固氮量的分析结果表明(表 8), 西吡浓度为 1—3ppm 时, 对固氮菌菌株 N2 的固氮活性无不良影响。

土壤培育试验同样表明, 西吡浓度达 5ppm 时, 对土壤固氮强度亦无明显影响(表 9)。由于大田施用西吡的浓度一般在 5ppm 以下, 因此对土壤固氮作用不致有不良反应。

参 考 文 献

[1] 中国科学院南京土壤研究所长效肥组, 1974: 碳酸氢铵粒肥的肥效和机械造粒。土壤, 第 3 期, 97—102 页。

- [2] 中国科学院南京土壤研究所长效肥组, 1974: 尿素—甲醛肥料的研制及生物试验。土壤, 第2期, 76—81页。
- [3] 朱兆良, 1979: 土壤中氮素的转化和移动的研究近况。土壤学进展, 第2期, 1—16页。
- [4] 李庆远, 1975: 氮肥的农业化学问题。土壤, 第3期, 130—133页。
- [5] 虞锁富、赵美芝, 1979: 石灰性土壤中氮素损失的初步研究。土壤, 第1期, 31—33页。
- [6] Alexander, M., 1977: *Introduction to Soil Microbiology* (Second edition). NEW YORK.
- [7] Bundy, L. G. & Bremner, J. M., 1974: Effects of nitrification inhibitors on transformation of urea nitrogen in soil, *Soil Biol. Biochem.* 6: 369—376.
- [8] Goring, C. A. I., 1962: Control of nitrification of ammonium fertilizers and urea by 2-Chloro-(trichloromethyl) pyridine. *Soil Sci.*, 93: 431—439.
- [9] Goring, C. A. I. & John W. Hamaker, 1970: *Organic chemical in the soil environment*. NEW YORK. 2: 653—666.
- [10] Nowakowski, I. Z. & Gasser, T. K. R., 1967: The effect of a nitrification inhibitor on the concentration of nitrate in plants. *J. Agric. Sci.* 68: 131—133.
- [11] Rajendra Prasad, Rajale, G. B. & Lakhadive, B. A., 1971: Nitrification retarders and slow-release nitrogen fertilizers. *Advances in Agronomy*. 23: 337—358.
- [12] Wells, B. R., 1977: 2-Chloro-6-(trichloromethyl) pyridine as a nitrification inhibitor for rice soil. *Down to Earth*. 32(4).

EFFECT OF CP ON THE NITRIFICATION AND MICROBIAL ACTIVITY

Li Liang-mu, Zhang Shuang, Zhou Xiu-ru and Pan Ying-hua
(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

Experiment has showed that the effect of CP on the inhibition of nitrification is significant. However, the effect of CP on the decrease of N loss is varied with soil properties. The beneficial role of CP for retaining nitrogen in ammonium form in acid paddy soil may not be attained in calcareous soil, since the volatilization of $\text{NH}_4\text{-H}$ is usually enhanced in the soil.

In the present experiment, the uptake of fertilizer nitrogen by rice plant through the application of CP is increased slightly, but no response is found in crop yield. Field experiments have also proved that the good effect of CP on the rice yield is found on infertile soils on which only a small quantity of nitrogen fertilizer or manures is applied, or even on calcareous soil.

It has been also showed that CP inhibites nitrite bacteria selectively; therefore, within a concentration range (1—10 ppm), no harmful effect of CP is found on soil respiration, ammonification, non-symbiotic nitrogen fixation and the nitrogenase activity of *Rh. Leguminosarum-Frank*.