

水稻根系对氮素损失的影响

李良漠 臧双 周秀如 潘映华

(中国科学院南京土壤研究所)

植物根系的呼吸、水分和养分的吸收、根系分泌物以及死亡根皮和根毛的脱落等,常引起土壤性状的变化,从而形成了根际土壤特殊的微生物活动环境。根际土壤的微生物不仅在数量上而且在种类和活性上与根外土壤大不相同[1,2]。而根际微生物的各种活动反过来对土壤性质、养分转化和植物根系产生不同的影响[3,4]。植物的种类不同,其根系活性的影响也不一样。水稻根系具有分泌氧气的特点[5],在微域环境中,可能有利于硝化作用;根际有较多的根系分泌物,可提供大量能源,这样又有利于反硝化作用。Yoshida(1980)根据自己的工作曾提出:水稻根际是考虑水稻土中氮素变化和经济效益的重要依据[6]。本文即探讨水稻根系对氮素损失的影响,为阐明水稻土氮素损失机制积累有关资料及合理施用氮肥提供依据。

一、材料和方法

供试土壤为太湖地区的黄泥土(吴县农科所)和白土(武进县农科所),进行两组水稻盆栽试验。一组施用非标记氮肥(尿素),于分蘖期、孕穗期、成熟期分别取出水稻根系样品、根际土壤、非根际土壤,进行液体培养或淹水土培试验。

(一)根际土壤样品的采取方法 为避免取根际土壤的困难,插秧时有意将秧苗栽插在盆钵的一边,如图1所示。取样时,先用取土器多点取出非根际土壤



11 供取样盆钵秧苗栽插方式

(含根系少)。然后连根拔起,用尖头刀片小心剥除离水稻根系较远的土壤,再尽量取紧靠根面的土壤,即组成根际土壤样品。考虑到成熟期水稻根系会布满全盆,难以取得典型的非根际土,故试验中另设不种稻的处理。在水稻成熟期取其中土样,作为成熟期的非根际土壤。

(二)土壤培育试验 称取重量相当于20克干土的新鲜根际土和非根际土于小烧杯中,加8毫克氮,分别以 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 K^{15}NO_3 两种氮肥加入,于25℃下淹水培育。定期取出土样测定其 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和 $(\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-)\text{-N}$ 、 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}\%$ 、全氮%、 $^{15}\text{N}\%$ 。由 ^{15}N 损失率表示反硝化作用。在样品处理分析之前用电极测定土壤中的电位。

在三个取样期进行培育试验的同时,立即分别分析根际土壤、非根际土壤中的反硝化菌数量;并且原位测定根际土和非根际土中的电位和溶解氧。

(三)培养液接种水稻根系的培育试验 取2克新鲜水稻根系放入盛有60毫升反硝化菌培养液*的三角瓶中,根系分为表面消毒(用0.1%昇汞消毒5分钟,然后洗去昇汞)和不消毒两种处理。三角瓶置真空干燥器内,将干燥器抽真空,灌注氮气,干燥器内盛有若干毫升碱性焦性没食子酸以吸收残余的氧气,嫌气培养36小时后,用蒸馏法测定培养液中剩余的 $(\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-)\text{-N}$ 。以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 损失量占加入量的百分率,表示根面反硝化菌的反硝化总活性。

另一组盆栽试验施用标记氮肥,即丰度为11.62%的尿素、每盆(5.5公斤土)施纯氮0.8克和 KH_2PO_4 1克,将两种肥料与全部土壤充分拌匀后,灌水,按一般盆栽方法栽插秧苗。分种植水稻和不种水稻两种处理,每处理重复四次。成熟期收获,分别分析植株、土壤的全N%、 $^{15}\text{N}\%$ 。由 ^{15}N 平衡了解水稻生长对氮素损失量的影响。

二、结果和讨论

(一)水稻根面反硝化细菌的总活性

图2表示根表面消毒和不消毒的根系对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 损失的影响。由图可见,用反硝化菌培养液接种表面未消毒的根系者,培养液中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的消失率达

注:文中 ^{15}N 测定均承本所质谱组进行,特此致谢。

* 柠檬酸钠5克, KNO_3 2克, K_2HPO_4 1克, KH_2PO_4 1克, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.2克,蒸馏水1000毫升, pH7.0—7.2。

33—90%，而消毒的根系者，培养液中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的消失率只有1—10%，二者差异极其明显 ($P < 0.01$)。消毒和不消毒根系的这种差异在两种土壤上三个取样期的表现是一致的。

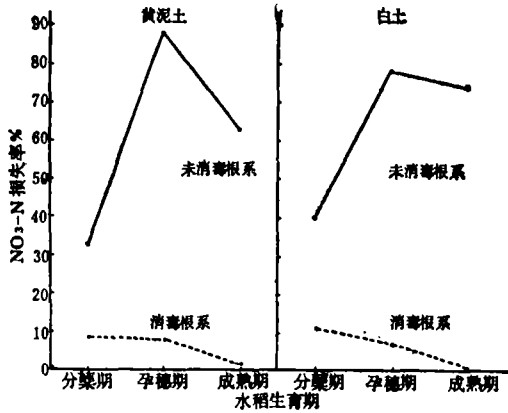


图2 水稻根面反硝化菌对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 损失的影响 (反硝化菌培养液, 嫌气培养)

上述 $\text{NO}_3\text{-N}$ 大量消失究竟是由于反硝化活性所引起? 还是其他原因? 为此我们进行了根系内 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量的测定。即将培育后根系表面吸附着的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 急速冲洗干净, 然后在研钵中挤压研磨洗净的根系, 再用定量的蒸馏水将其振荡浸提15分钟, 过滤, 用蒸馏法测定全部滤液中($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N的含量。结

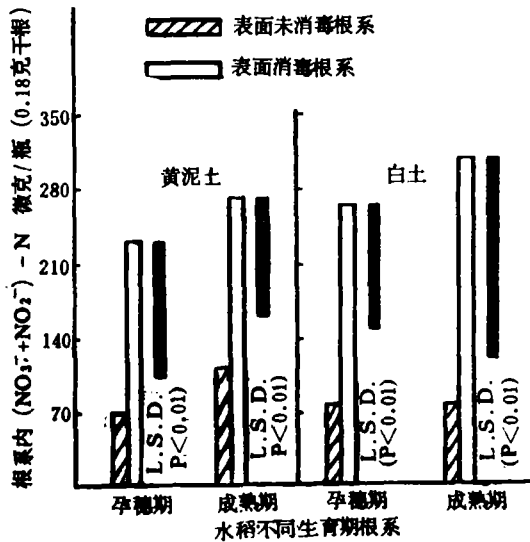


图3 表面消毒和不消毒根系内 ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$)-N含量

果如图3所示, 经表面消毒的根系内 ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N含量为未消毒根系内含量的2.4—4.0倍, 说明用0.1% HgCl_2 进行表面消毒并不影响根系的表面活性。因此, 与用消毒的根系进行培养的相比, 接种未消毒根系的培养液中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的大量消失, 确实是由存在于根面的大量反硝化细菌①所进行的反硝化作用而引起的。

至于由同化作用引起 $\text{NO}_3\text{-N}$ 消失的问题, 这在绝对无氧的条件下是无意义的。因为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 还原为 NH_4 比还原为 N_2 需要更多的能。据报导, 细菌细胞合成一个氮原子, 大约需要加入七个碳原子; 又有人根据每克土以 10^8 个反硝化细菌计算, 其干细胞重可能大约相当于0.01毫克, 这对于革兰氏负反应的杆菌来说, 约等于1.5微克N, 若细菌利用培养液中的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 形成1.5微克的生物N, 则必需伴以增加七倍的异化作用〔7〕。因此, 大量消失的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 是由于反硝化作用, 而不是由于同化作用。

(二) 根际和非根际土壤中反硝化菌的分布

Starkey (1958)和Woldendorp (1963)阐明了植物根际常含有大量反硝化细菌。Garcia (1973)曾报导水稻根际的反硝化菌数量达18百万/克土, 而且其R/S率(R为根际土中的反硝化菌数, S为非根际土壤中的反硝化菌数)因土壤类型而异, 一般为1—514。在我们的试验中获得类似结果, 土壤反硝化菌的R/S率为1.4—8.8(图4)。说明水稻根系对其根际的反硝化菌数产生显著影响, 这种反硝化潜力, 一旦条件适宜, 如在嫌气条件下, 当具有能源(根系分泌物、脱落物)和电子受体 $\text{NO}_3\text{-N}$ 时, 便促进反硝化作用, 造成氮素大量损失。

(三) 水稻根系对氮素损失的影响

以上试验证明了水稻根面和根际含有大量反硝化细菌。将根际土和非根际土进行淹水培育试验, 结果表明(表1), 分蘖期土样加入 K^{15}NO_3 进行培育的, 黄泥土水稻根际土壤中 ^{15}N 损失率比非根际土壤多19%, 白土水稻根际土壤中 ^{15}N 损失率比非根际土壤多15%, 二者均达统计上($P < 0.05$)的显著水平。显然, 这是由于根际土含有大量反硝化菌和根系分泌物提供了易利用的碳源, 再加入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 时, 便强烈进行反硝化作用。但在孕穗期, 由于盆钵内根系密集, 难以取得典型的根际土和非根际土, 故培育后氮素损失量差异不大。因此, 测定结果与取样部位极为有关。然而在培育试验中, 分别于根际土和非根际土中加入

①李振高等: 水稻根际微生物的初步研究。太湖地区科学讨论会论文集摘要集, 第72页, 1982。

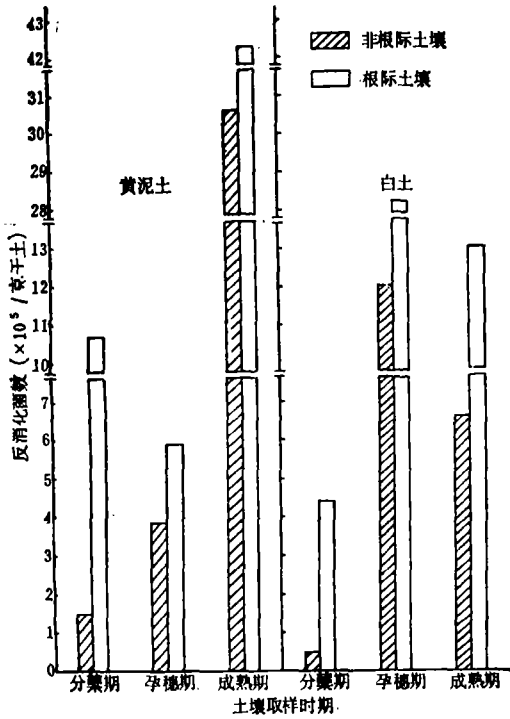


图4 水稻根际和非根际土壤中反硝化菌的分布
(土壤采自盆栽试验)

¹⁵N-尿素者, 其¹⁵N的损失率却没有差异(表1)。这可以说明非原位情况下根际土和非根际土在硝化活性上

表1 根际土、非根际土氮素损失率的比较
(分蘖期取出的土样, 加40毫克N/100克土, 淹水培育二周)

土壤	处理	加 K ¹⁵ NO ₃ 者			加 ¹⁵ N-尿素者		
		剩余 ¹⁵ N (毫克/100克土)	相差 (毫克/100克土)	损失 (%)	剩余 ¹⁵ N (毫克/100克土)	相差 (毫克/100克土)	损失 (%)
黄泥土	根际土	1.24 ± 1.06		89.3	2.94 ± 0.18		35.8
	非根际土	3.44 ± 3.48	2.20*	70.3	2.85 ± 0.34	-0.09	37.8
白土	根际土	0.85 ± 0.34		92.6	2.68 ± 0.15		41.5
	非根际土	2.57 ± 0.84	1.72*	77.8	2.70 ± 0.16	0.02	41.0

注: K¹⁵NO₃中¹⁵N丰度为28.9%, ¹⁵N-尿素中¹⁵N丰度为10.87%。

的硫酸铵后, ¹⁵NH₄-N被土壤的¹⁴NH₄-N稀释得多, 因而¹⁵NH₄-N%下降; 而取得的根际土壤中¹⁴NH₄-N含量低, ¹⁵NH₄-N%被土壤的¹⁴NH₄-N稀释得少, 则¹⁵NH₄-N%相应要高一些。看来培育后¹⁵NH₄-N%的高低似乎主要取决于土样原有¹⁴NH₄-N的含量, 这就意味着根际和非根际土壤对加入之¹⁵NH₄-N的固定量是相似的; 又根据同一培育试验中根际土和非根际土在回收¹⁵NH₄-N总量上差异不明显(表5), 表明了取出之根际土和非根际土,

差异不大, 因为加入的铵态氮肥料, 只有在其被硝化之后方能进行反硝化作用。尽管试验中对硝化作用做过一定探索, 但并非原位测定, 而是在培育条件下了解土壤的硝化能力。其方法是将取得的根际土壤和非根际土壤分别加入等量的(¹⁵NH₄)₂SO₄, 28℃下淹水培育, 于10天、21天和29天取出土样, 按土:液为1:5加入20% NaCl溶液, 振荡浸提30分钟, 过滤。用连续蒸馏法测定滤液中的NH₄-N和(NO₃⁻ + NO₂⁻)-N含量, 以及¹⁵NH₄-N%。试图用(NO₃⁻ + NO₂⁻)-N占总矿态氮的百分率表示土壤的硝化强度。发现各次分析中(NO₃⁻ + NO₂⁻)-N的量都极少, 而且在根际土和非根际土之间无明显差异。然而从表2看出, 在分蘖期和成熟期取得的根际土, 经培育后测得的NH₄-N量分别比非根际土(成熟期实为不种稻的相应土壤)少28.7—63.1%(黄泥土)和37.0—65.3%(白土), 差异明显(P < 0.01)。其原因可能由于水稻根系吸收造成根际土壤中NH₄-N微域贫乏[5,8]。我们又将水稻不同生育期取出之根际土和非根际土, 在加入标记¹⁵N的硫酸铵之前, 分析其NH₄-N含量, 结果列于表3。由表3说明水稻根际确实存在NH₄-N微域贫乏。与非根际土相比, 相差竟达1.5倍—5.5倍。

值得注意的是, 培育后测得的铵态氮中的¹⁵NH₄-N%, 则以根际土壤的高于非根际土壤(表4)。看来这可能是一个问题的两个方面, 由于取得的非根际土壤中¹⁴NH₄-N含量高(表3), 则加入标记¹⁵N

在没有水稻吸收的淹水培育条件下对NH₄-N氧化为NO₃-N的情况相近。这与表1结果对硝化作用的推断相似。以上只是非原位情况下研究硝化作用获得的有关资料, 看来如何在原位情况下测定水稻根际的硝化作用是值得探讨的问题。

由于电位是鉴定产生硝化和反硝化作用的定性指标, 试验过程中在原地和培育情况下进行了根际土和非根际土中电位和溶解氧的测定, 以探讨水稻根际土壤中电位和溶解氧与氮素损失的关系。表6和表7表

表2

培育的根际土和非根际土中测得的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量
(加 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 40 毫克 N/100 克土, 淹水培育)

土壤	处理	水稻分蘖期土样					
		培育 10 天			培育 21 天		
		$\text{NH}_4\text{-N}$ (毫克/100克土)	差异 (毫克/100克土)	增加 (%)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (毫克/100克土)	差异 (毫克/100克土)	增加 (%)
黄泥土	根际土	33.08 ± 0.75			27.4 ± 1.56		
	非根际土	42.60 ± 1.75	9.50**	28.7	37.3 ± 2.16	9.9**	36.1
白土	根际土	27.30 ± 1.91			19.6 ± 1.96		
	非根际土	37.40 ± 0.26	10.1**	37.0	32.4 ± 1.59	12.8**	65.3
		水稻成熟期土样					
		培育 21 天			培育 29 天		
黄泥土	根际土	26.8 ± 1.40			26.5 ± 1.78		
	非根际土	43.7 ± 0.82	16.9**	63.1	40.1 ± 2.01	13.6**	51.3
白土	根际土	25.6 ± 0.19			25.3 ± 0.48		
	非根际土	36.2 ± 1.95	10.6**	41.4	36.8 ± 0.03	11.5**	45.5

表3

根际土和非根际土中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量的比较
(盆栽试验, 1980年)

土壤	处理	分蘖期			成熟期		
		$\text{NH}_4\text{-N}$ (毫克/100克土)	差异 (毫克/100克土)	增加 (%)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (毫克/100克土)	差异 (毫克/100克土)	增加 (%)
黄泥土	根际土	4.49 ± 0.24			2.70 ± 0.43		
	非根际土	11.2 ± 2.42	6.71*	149	17.6 ± 2.33	14.9**	552
白土	根际土	2.43 ± 0.07			1.78 ± 0.22		
	非根际土	7.73 ± 0.73	5.30**	218	10.6 ± 0.65	8.82**	496

表4

根际和非根际土壤中的 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}\%$
(加 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 40 毫克 N/100 克土, 淹水培育)

土壤	处理	水稻分蘖期土样			
		培育 10 天		培育 21 天	
		$^{15}\text{NH}_4\text{-N}\%$	相 差	$^{15}\text{NH}_4\text{-N}\%$	相 差
黄泥土	非根际土	7.99 ± 0.594		7.99 ± 0.465	
	根际土	9.99 ± 0.193	2.00**	9.58 ± 0.263	1.59**
白土	非根际土	8.60 ± 0.424		8.36 ± 0.375	
	根际土	10.57 ± 0.248	1.97**	10.1 ± 0.147	1.69**
		水稻成熟期土样			
		培育 21 天		培育 29 天	
黄泥土	非根际土	6.37 ± 0.311		6.42 ± 0.257	
	根际土	9.50 ± 0.050	3.13**	9.17 ± 0.156	2.75**
白土	非根际土	7.27 ± 0.017		7.08 ± 0.242	
	根际土	9.35 ± 0.050	2.08**	9.42 ± 0.047	2.34**

注: $^{15}\text{NH}_4\text{-N}\%$ 为 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ 占 $(^{15}\text{NH}_4\text{-N} + ^{14}\text{NH}_4\text{-N})$ 总量的百分率。

表 5

培育的根际土、非根际土中 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ 回收量的比较
 (加 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 40 毫克 N/100 克土, 丰度 12.89%, 淹水培育)

土 壤	处 理	分 藥 期 土 样					
		培 育 10 天			培 育 21 天		
		$^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ (毫克/100克土)	相 差 (毫克/100克土)	占施入 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ (%)	$^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ (毫克/100克土)	相 差 (毫克/100克土)	占施入 $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ (%)
黄泥土	根 际 土	3.30 ± 0.04			2.63 ± 0.21		
	非根际土	3.46 ± 0.06	0.16*	3.1	2.97 ± 0.03	0.34*	6.6
白 土	根 际 土	2.89 ± 0.24			—		
	非根际土	3.22 ± 0.15	0.33 ^{n,8}	6.4	2.71 ± 0.01	—	—
		成 熟 期 土 样					
		培 育 21 天			培 育 29 天		
黄泥土	根 际 土	2.55 ± 0.14			2.43 ± 0.18		
	非根际土	2.88 ± 0.13	0.33*	6.4	2.57 ± 0.03	0.14 ^{n,5}	2.7
白 土	根 际 土	2.39 ± 0.01			2.39 ± 0.05		
	非根际土	2.63 ± 0.14	0.24*	4.7	2.60 ± 0.09	0.21*	4.1

明, 无论在原位和培育条件下, 两种供试土壤的根际土中电位和溶解氧含量都比非根际土壤为高, 该结果显然与水稻根系有分泌氧的能力有关。可是根际土和非根际土在电位和溶解氧上的这种差异, 与硝化和反硝化作用的强弱上难以有直接而明确的概念。因为在盆栽种稻的原位情况下, 无论根际或非根际的电

位基本上为负值, 均适于反硝化作用。在培育情况下, 施用 K^{15}NO_3 或 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 时, 根际土和非根际土的表层电位均在 250 毫伏以上, 宜于进行硝化作用, 二者的下土层电位有的虽为正值, 最高的亦在 150 毫伏以下, 均有利于发生反硝化作用。根据已有资料, 根际土含有的反硝化菌数和根系分泌物等碳源远大于非

表 6

原位情况下根际土的电位和溶解氧
 (水稻盆栽试验, 1980年)

土 壤	处 理	电 位				溶 解 氧			
		分 藥 期		孕 穗 期		分 藥 期		孕 穗 期	
		毫 伏	相 差	毫 伏	相 差	微 克/升	相 差	微 克/升	相 差
黄泥土	根 际	- 91		25		160	45%	660	100%
	非根际	- 176	- 85	- 95	- 120	110		430	
白 土	根 际	- 28		- 50		800	230%	—	—
	非根际	- 117	- 89	- 201	- 151	240		—	

表 7 根际土、非根际土培育情况下的电位
 (单位: 毫伏)

(水稻分藥期土样, 淹水培育 21 天)

土 壤	处 理	加 $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$			加 K^{15}NO_3		
		表 层	下 层	相 差	表 层	下 层	相 差
黄泥土	根 际 土	499	34	75	435	114	37
	非根际土	464	- 41		264	77	
白 土	根 际 土	529	19	48	414	140	53
	非根际土	354	- 29		314	87	

根际土, 一旦加入 KNO_3 时, 其反硝化作用相当强, 表 1 中氮素损失量说明了这个问题。

(四) 种植水稻和不种水稻对加入氮素损失的影响

为了研究有根系和无根系条件下加入氮素的损失情况, 进行了种稻和不种稻的另一组盆栽示踪试验。 ^{15}N 平衡账(表 8)表明, 不种稻情况下黄泥土和白土中的 ^{15}N 损失率分别为 30.5% 和 26.7%, 而种稻时 ^{15}N 损失率分别为 14.2% 和 18.0%, 种稻和不种稻的氮素损失率在黄泥土和白土上分别相差 16.3% 和 8.7% ($P < 0.01$)。这是由于试验所用氮肥为尿素, 属铵态氮

表 8

种稻和不种稻情况下氮素损失量

(盆栽试验, 施用 ^{15}N -尿素, 0.8克N/盆)

土 壤	处 理	植物吸收量 (^{15}N 毫克/盆)	土壤残留量 (^{15}N 毫克/盆)	^{15}N 损 失 量		
				^{15}N 毫克/盆	相差毫克/盆	占施入 $^{15}\text{N}\%$
黄 泥 土	种 稻	60.2 ± 0.59	18.7 ± 1.09	14.1 ± 1.00	14.2**	14.2
	不 种 稻	—	64.6 ± 3.87	28.3 ± 3.87		30.5
白 土	种 稻	56.1 ± 2.81	20.1 ± 1.08	16.7 ± 1.87	8.3**	18.0
	不 种 稻	—	68.0 ± 1.91	25.0 ± 1.90		26.7

肥料, 水稻根系易于吸收, 正如表 3 所示, 在根际出现了 $\text{NH}_4\text{-N}$ 微域贫乏。根据陈华癸等(1961)的资料(9), 种稻和不种稻条件下, 硝化微生物的消长趋势基本上是一致的。因此, 经水稻吸收后的土壤中和不种稻土壤中, 在 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量上基数不一样, 在这种情况下, 由于硝化作用形成的反硝化作用所需要的基质 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量亦不同, 应是种稻土壤远低于不种稻者。又根据在宜于反硝化作用的条件(即碳源充足和缺乏氧气)下, 基质 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 浓度高的氮素损失量应大。因此, 在施用铵态氮肥时, 由于 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的基数不同, 出现了不种稻土壤的氮素损失率大于种稻者的情况, 并不排斥水稻根系对根际反硝化作用有刺激效应的结果, 而是说明水稻土中氮素损失原因除了土壤表面氧化层还原层的分异和根系的影响外, 尚有其他原因。

三、结 语

综上所述, 水稻根面附有大量反硝化细菌, 条件适宜, 反硝化总活性旺盛; 根际土壤含有为数众多的反硝化微生物, 以致于根际土中加入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 时, 在淹水培育下, 形成氮素大量损失。综合说明水稻根系对根际反硝化作用有刺激效应, 是造成氮素损失的原因之一。至于不种稻条件下氮素损失量大于种稻者的其它原因, 值得深入探讨。

参 考 文 献

- [1]. Rovira, A. D., Ann. Rev. Microbiol., 19:241-266, 1965.
- [2]. Papavizas, G. C. et al., Plant and Soil, 14:215-236 1961.
- [3]. Starkey, R. L., Bacteriol. Rev., 22:154-172, 1958.
- [4]. Vamas, R., Plant and Soil, 11:65-77, 1959.
- [5]. 于天仁、李松华, 水稻土中氧化还原过程的研究(II) 土壤与植物的相互影响。土壤学报, 5: 166-172, 1957.
- [6]. Tomio Yoshida, Microbial metabolism of nitrogen in Paddy soils, In "Proceeding of Symposium on Paddy Soil (Abstracts)", 1980.
- [7]. Dennis & Focht, The methods for analysis of denitrification in soil, Vol. 2, Edited by Donald, R. Nielsen & J. G. Macdonald, Academic Press, New York, San Francisco, London, 1978.
- [8]. 刘芷宇, 土壤—根系微区养分环境的研究概况。土壤学进展, 3:1-10, 1980.
- [9]. 陈华癸、周启, 水稻田土壤中硝化作用和硝化微生物的研究 (I) 水稻田土壤中的硝化作用。土壤学报, 9:56-63, 1961.

云南省澜江县土壤中微量元素含量及其与作物生长的关系*

姚天全 张世玉 赵恒康

(中国科学院昆明分院生态研究室)

在农业生产中应用微量元素肥料, 在一定条件下是提高农作物产量和质量的简便而经济的途径。本文以云南高产坝区的澜江县为例, 搜集受人为影响较大的几种耕作土, 测定其微量元素含量, 并对微量元素

的供给情况和可能需要微量元素肥料的土壤作出估价, 同时布置田间试验进行验证。

田间试验以锌、硼为主, 供试作物包括水稻、油菜、蚕豆等。由小区试验到大田对比、示范和大规模

* 参加田间试验工作的还有傅国民、陈文、李桂芬等同志。