

不同铵态氮水平对水稻根际固氮活性的影响

钱泽澍 闵航 莫文英

(浙江农业大学)

摘 要

本试验观察了在杭州生态条件下土壤中不同 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 水平对水稻根际固氮活性的影响。试验的结果表明: 1. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 肥在一定时间内对水稻根际固氮活性具有明显的抑制效应, 施用量越大, 其抑制作用越严重。土壤速效氮浓度与水稻根际固氮活性之间呈高度(或中度)负相关, 不同生育期两者的相关系数 r 值在 $-0.4288-0.9945$ 之间。2. 土壤速效氮对水稻土柱固氮活性抑制的起始浓度为 20ppm 。3. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 对水稻根际固氮活性的抑制时间随施用量而不同, 低氮区在 20 天左右, 中氮区和高氮区在 25—30 天左右。此后施氮区对水稻根际固氮活性具有促进作用。

自生固氮细菌与水稻根系联合共生体系的固氮活性不仅因水稻品种的遗传类型、光照强度、水分状况、土壤特性等条件而异, 而且受水稻根际环境中有效氮含量所直接影响。MacRae^[4] 报道了在实验室中将两种不同水平的无机氮肥加入土壤后对水稻根际固氮活性的影响。Gilmour 等^[2] 报道了化学氮肥出现前培育的品种与化学氮肥出现后培育的品种之间根系固氮活性的差异。Balandreau 等^[1] 和 Gilmour 等^[3] 在实验室研究了土壤中加不同无机氮浓度对水稻根际固氮活性的效应。大多数研究者认为 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 对水稻根际固氮活性具有抑制效应。但田间施用不同量的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 肥后水稻不同生育期土壤速效氮浓度的变化与根际固氮活性之间相关性的详细报道不多。对于土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 抑制水稻根际固氮活性的起始浓度报道不一, 有的为 30ppm ^[5], 有的为 40ppm ^[1], 也有研究者则认为低至 10ppm ^[6], 相反, 有的甚至认为高达 100ppm ^[7]。

无疑, 搞清楚土壤速效氮浓度与水稻根际固氮活性之间的关系以及抑制水稻根际固氮活性的起始浓度, 对于确定既能获得高产又利于发挥水稻根际固氮效益的最佳施肥量具有实际意义。

我们在杭州地区生态条件下模拟田间环境, 研究不同 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 施用水平对水稻根际固氮活性的影响, 试验结果如下。

一、材料与方 法

试验在校内水泥池内进行, 小区面积为 2.25 平方米。供试土壤为小粉土, pH 为中性。水稻品种,

1) 郑伟文译: 用 ^{15}N 示踪技术测定水稻土固氮作用及其对水稻的有效性。土肥建设 1980. 1. 福建省农科院土肥所。

表 1 不同氮肥水平对早、晚稻根际固氮活性的抑制效应
Table 1 Inhibitory effect of different $\text{NH}_4^+\text{-N}$ levels on the nitrogen fixation activity in rhizosphere of early rice and late rice

处理 Treatment	分蘖前期 Initial tillering stage		分蘖盛期 Vigorous tillering stage		孕穗期 Boot stage		抽穗期 Heading stage		乳熟期 Milk ripening stage							
	土壤速效氮 Available nitrogen in soil	固氮活性 Nitrogen fixation activity	土壤速效氮 Available nitrogen in soil	固氮活性 Nitrogen fixation activity	土壤速效氮 Available nitrogen in soil	固氮活性 Nitrogen fixation activity	土壤速效氮 Available nitrogen in soil	固氮活性 Nitrogen fixation activity	土壤速效氮 Available nitrogen in soil	固氮活性 Nitrogen fixation activity						
	($\mu\text{mC}_2\text{H}_4/\text{土柱}/\text{天}$) ($\mu\text{mC}_2\text{H}_4/\text{柱}/\text{天}$)	占对照固氮量的% % of N fixation in control														
早 稻 Early rice																
对照	0		11.00	9.07	100.00	8.00	12.97	100.00	6.67	14.82	100.00	6.00	8.39	100.00		
低氮	80		15.30	4.77	52.56	9.90	10.71	82.60	8.00	19.62	132.39	5.70	15.25	181.71		
中氮	160		22.00	0.19	2.05	14.80	4.47	34.44	10.00	21.68	146.28	4.30	7.54	89.86		
高氮	320		68.00	0.17	1.84	52.60	0.54	4.13	30.68	6.62	44.66	10.70	0.42	5.03		
晚 稻 Late rice																
对照	0	6.00	10.33	100.00	5.00	11.43	100.00	3.67	6.25	100.00	3.67	11.35	100.00	4.34	5.76	100.00
低氮	30	12.00	0.81	7.85	8.00	6.35	55.54	6.67	1.90	30.37	6.30	10.58	93.27	4.34	10.29	178.63
中氮	80	42.60	0.32	3.14	22.00	0.52	4.53	11.00	0.29	4.37	8.00	8.62	75.99	6.30	7.65	132.94
高氮	150	80.00	0.23	2.32	61.90	0.23	1.97	45.00	0.12	1.93	24.33	1.31	11.54	16.50	6.18	107.29

1) 土壤速效氮浓度以 ppm 表示; 2) 水稻根际土柱固氮活性 ($\mu\text{mC}_2\text{H}_4/\text{土柱}/\text{天}$)。

早稻为广陆矮4号;晚稻为农虎6号。每丛8—10株。

供试肥料为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。施肥处理见表1。早稻氮肥分2次施入:第一次在插秧前施入总用量的三分之一,第二次在分蘖前期施入总用量的三分之二。晚稻于分蘖前一次施入。施后耘入土层。

检测方法 1.土柱:在上午9时至11时,选取正常生长植株,剪去地上部分,用内径5.5厘米的取土器以稻丛为中心垂直插入土中取出,截取10厘米长土柱,置于530—600毫升的广口瓶中,用具有玻璃导管的橡皮塞塞紧,玻璃导管用乳胶管(约5—6厘米长)连接,用夹子夹紧乳胶管,使密闭不漏气。自乳胶管以10%空间体积的乙炔置换空气,置28℃培育24小时。每个处理重复3次。

2.固氮活性测定:采用上海分析仪器厂102G型气相层析仪,柱长1m,内径0.4cm,担体为GDX 502,柱温42℃,衰减1,灵敏度1000。气体流量:H₂,40毫升/分钟;N₂,20毫升/分钟;空气600—800毫升/分钟。用氢焰离子化鉴定器测检乙烯生成量。用乙烯标准曲线法计算测定结果,以 $\mu\text{m C}_2\text{H}_4$ 表示固氮活性。

3.土壤速效氮测定:用取土器在小区内取15—20个点的土壤搅拌混合均匀,用1% $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ 浸提,纳氏试剂显色,72型分光光度计比色。

二、结果和讨论

1.土壤中不同 NH_4^+-N 浓度对早稻和晚稻根际固氮活性的影响:从表1看出,生长在不同 NH_4^+-N 浓度下的早稻根际固氮活性有明显差异,氮肥用量水平越高,其根际固氮活性越低。在早稻分蘖盛期,对照区和低、中、高氮区的土壤速效氮浓度分别为11.00, 15.30, 22.00和68.00ppm,各区根际固氮活性分别为9.07, 4.77, 0.19和0.17 $\mu\text{m C}_2\text{H}_4$ /土柱/天。如以对照区的活性为100%,则低、中、高氮区的活性分别为52.56%, 2.05%和1.84%,各施氮区与对照区的根际固氮活性差异均达显著水平。在孕穗期,对照、低、中、高氮区的土壤速效氮浓度分别为8.00, 9.90, 14.80和52.60ppm,其根际固氮活性分别为12.97, 10.71, 4.47和0.54 $\mu\text{m C}_2\text{H}_4$ /土柱/天,以对照区为100%,则低氮区为82.60%,接近对照区,两者之间的差异未达显著水平,中氮区为34.44%,而高氮区仅为4.13%,这两区与对照区的根际活性差异仍达显著水平。抽穗扬花期,对照区的土壤速效氮浓度为6.67ppm,低、中氮区分别为8.00和10.00ppm,它们根际的固氮活性已高于对照区,分别为无氮区的132.4%和146.3%,至此这两区已解除了铵态氮肥对固氮的抑制效应,由于氮肥促进了水稻生长,从而加强了根际的固氮作用;而高氮区的土壤速效氮浓度为30.68ppm,其根际固氮活性仍受抑制,仅为对照区活性的44.66%。至乳熟期,由于根系分泌物减少,此时根际固氮活性已下降。

2. NH_4^+-N 肥对晚稻根际固氮活性的效应:由表1可见, NH_4^+-N 对晚稻根际固氮活性的抑制作用的变化趋势与在早稻上的变化规律相一致。根据施肥(8月26日)后的第二天(8月28日)测定,分蘖前期对照区、低、中、高氮区的土壤速效氮浓度分别为6.00, 12.00, 42.60和80.00ppm,它们根际固氮活性分别为对照区活性的7.85%, 3.14%和2.32%,与对照区活性的差异均达显著水平。尽管低氮区土壤速效氮浓度较低,为12.00ppm,与对照区比相差不大,但其根际固氮活性仅为对照区的7.85%,这说明即使施入少量 NH_4^+-N 肥,对水稻根际固氮活性仍有短时的抑制影响。分蘖盛期测定,对照区、低、中、高氮肥的土壤速效氮分别为5.00, 8.00, 22.00和61.90ppm,各区的根际固氮活性分

别为 11.43, 6.35, 0.52 和 $0.23 \mu\text{m C}_2\text{H}_4/\text{土柱}/\text{天}$, 分别为对照区活性的 55.54%, 4.53% 和 1.97%, 与对照区活性的差异均达显著水平。抽穗期, 对照、低、中、高氮区的土壤速效氮分别为 3.67, 6.30, 8.00 和 24.33 ppm, 根际固氮活性分别为 11.35, 10.58, 8.62 和 $1.31 \mu\text{m C}_2\text{H}_4/\text{土柱}/\text{天}$, 施肥区活性分别为对照区的 93.27%, 75.99% 和 11.54%。低氮区固氮活性已基本恢复; 中氮区与对照区活性之间虽有差异, 但未达显著水平, 而高氮区仍有严重抑制作用。扬花后期至乳熟期, 各区的土壤速效氮浓度为 4.34, 4.34, 6.30 和 16.50 ppm, 此时各施肥区的根际固氮活性均已高于对照区, 分别为对照区的 178.6%, 132.9% 和 107.3%, 施氮区的氨抑制效应基本解除。

3. 不同量的 NH_4^+-N 肥对水稻根际固氮活性的抑制: 上述表明, 施用 NH_4^+-N 量越大, 抑制所持续的时间越长。如晚稻低氮区抑制时间为 20 多天, 中氮区 25—30 天, 高氮区 30 天左右。当土壤速效氮浓度下降到 20 ppm 以下时, 其固氮活性才得以恢复, 达到与对照区相似或超过的水平。早稻由于施氮量较晚稻为大, 又由于早期气温较低, 苗龄亦短, 因此生长缓慢, 抑制时间也较长。30 天后低氮、中氮区的根际固氮活性高于对照区, 这说明它们已恢复了固氮活性, 而且氮肥促进根际的固氮作用, 这与 Balandreau 等^[1]的结果相符。由于氮素促进植物生长, 固氮细菌从根系分泌物中获得各种有机酸和糖类等作为生命活动与固氮所需的能源、碳架。而早稻的高氮区, 其根际固氮活性始终未恢复到对照区的水平, 可能与氮肥用量过大有关。

本试验结果表明, 土壤速效氮浓度愈高, 水稻根际固氮活性愈低, 这与 MacRae^[4] 和 Balandreau 等^[1]的研究结果相一致, 也和 Moore^[5] 等其他研究者的“生物固氮的速率在土壤氮素含量较低时趋高, 而高浓度的矿质氮要抑制分子态氮固定”的观点相符, 可见无机氮肥尤其是铵态氮对生物固氮的抑制效应即氮的阻遏效应是广泛存在的, 本试验所获两者之间的相关系数(r)值, 其中早稻根际在 -0.6649 — -0.8546 之间, 晚稻在 -0.4288 — -0.9945 之间, 属高度或中度负相关。但晚稻仅在抽穗期的 r 值达到显著水平。各生育期两者的相关系数值不同, 可能是水稻的不同品种和在各生育期的特性如根系分泌物的数量和组成不同, 引起固氮细菌群落组成、数量和活性不同, 也可能与各生育期的气候条件及取样测定误差有关。

在早、晚稻根际固氮活性的测定中出现施氮区土壤速效氮浓度已恢复到或近似对照区的水平, 但其相应的根际固氮活性仍然较对照区低, 这可能是土壤速效氮浓度虽已降低, 但水稻根际固氮酶功能尚未恢复之故。

4. 土壤速效氮对水稻根际固氮活性抑制的起始浓度: 试验表明土壤速效氮浓度在 20 ppm 以上和以下范围的根际原状土柱其固氮活性相差很大。本试验得 36 个土壤速效氮浓度和相应的根际固氮活性数据, 土壤速效氮浓度在 0~20 ppm 范围内的有 26 个, 其相应的固氮活性与同一生育期的对照区比较, 除了早稻乳熟期的高氮区、晚稻分蘖前期的低氮区、孕穗期的中氮区三次的固氮活性与相应生育期的对照区差异较大之外, 其余的差异都不大。虽然在 20 ppm 浓度范围以内, 根际固氮活性也随着土壤速效氮浓度增加而降低, 然而在这范围内活性差异显然要比 20 ppm 左右所引起的活性差异要小得多。在 20 ppm 以上范围内出现 10 次, 而它们相应的固氮活性与其同一生育期的对照区活性相比较, 无一例外, 差异都较大, 达几倍至几十倍。早稻 20 ppm 以下的原状土柱固氮活性比 20

ppm 以上的高 2.83—39.18 倍,晚稻高 7.78—23.92 倍。从表 2 表明,若以对照区土壤的水稻根际固氮活性为 100,土壤速效氮浓度大于 20ppm 的 10 个根际土壤的平均固氮活性仅为 7.81,而小于 20ppm 的 17 个水稻根际土壤的平均固氮活性为 141.1。很显然,尽管

表 2 水稻根际固氮活性

Table 2 Nitrogen fixation activity in rhizosphere of rice

项 目 Term	土 壤 速 效 氮 (ppm) Available nitrogen in soil		
	>20	<20	对 照 Control
土壤样品数	10	17	9
固氮活性 ($\mu\text{m C}_2\text{H}_4/\text{土柱/天}$)	7.81	141.11	100

各生育期不同浓度范围的固氮活性相差倍数不同,但无疑这是由 20ppm 以内和 20ppm 以上不同的速效氮浓度对于土柱固氮活性的影响所造成的显著差异,而不是某种试验误差所引起。本试验所获 20ppm 为土壤速效氮抑制水稻原状土柱固氮活性的临界浓度,较 Balandreau 等^[1]提出的 40ppm 和 Ito 等^[2]认为的 30ppm 为低,似乎本试验中水稻根际固氮体系对氮效应更为敏感,这可能与品种特性、土壤类型及气候条件等不同有关。

参 考 文 献

- [1] Balandreau, J., Rinaudo, G., Fares-Hamad, I. and Dommergues, Y., 1975: Nitrogen fixation in the rhizosphere of rice plants. In "Nitrogen Fixation by Free-living Microorganism". (W. D. P. Stewart, ed.), pp. 57—70.
- [2] Gilmour, J. T., Gilmour, C. M. and Johnston, T. H., 1978: Nitrogenase activity of rice plant root systems. *Soil Biol. Biochem.*, 10(4): 261—264.
- [3] Gilmour, J. T., Gilmour, C. M., 1975: N_2 fixation of selected rice varieties. *Agron. Abst.*, p. 132.
- [4] MacRae, I. C., 1975: Effect of applied nitrogen upon acetylene reduction in the rice rhizosphere. *Soil Biol. Biochem.*, 7: 337—338.
- [5] Moore, A. W., 1966: Non-symbiotic nitrogen fixation in soil and soil-plant systems. *Soil and Fertilizer*. 29(2): 113—128.
- [6] Treldeneier, G., 1977: Influence of some environmental factors on nitrogen fixation in the rhizosphere of rice. *Plant and Soil*. 47: 203—217.
- [7] Okafor, N., 1977: Non-symbiotic nitrogen fixation in tropics. In "Biological Nitrogen Fixation in Farming Systems of the Tropics." (Ed. by Ayanaba, A., and Dart, P. J.).

1) 同 153 页。

INFLUENCES OF DIFFERENT $\text{NH}_4^+\text{-N}$ LEVELS ON THE NITROGENASE ACTIVITY IN RHIZOSPHERE OF RICE

Qian Zeshu, Min Hang and Mo Wenying
(Zhejiang Agricultural University)

Summary

The influences of different $\text{NH}_4^+\text{-N}$ levels on the nitrogenase activity in rhizosphere of rice under the ecological condition of Hangzhou were observed. The results obtained are as follows: (1) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ significantly inhibites nitrogen-fixing activity in rhizosphere of rice within a certain time. There was a highly (or medium) negative correlation between the concentration of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in soil and the nitrogen-fixing activity in rhizosphere of rice. During different growing stages, values of correlation coefficient ranged from -0.4428 to -0.9945 . (2) The initial concentration of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in soil which began to inhibit the nitrogen-fixing activity in cores of paddy soils was 20 ppm. (3) The time duration of the inhibiting effect of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ varied with the rate of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ applied. The inhibiting effect lasted about 20 days in low nitrogen plots, and about 25—30 days in medium and high nitrogen plots. Since then, the application of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ showed favorable effect on the nitrogen-fixing activity in rhizosphere of rice.