

稻田土壤供氮性能的研究*

I. 不同类型稻田土壤供氮性能的初步观察

李实焯 王家玉 孔万根

(浙江省农科院土肥所)

很多实验早已证明^[1]在田间栽培条件下, 一季水稻所吸取的氮素营养物质多数来自土壤。为此土壤供氮性能是否适应和协调水稻良好生长发育的要求, 这对水稻能否获得高产稳产有密切联系。本文初步探索了几种不同类型稻田土壤供氮性能的一些基本情况, 目的是为进一步研究水稻高产稳产所要求的土壤供氮特性, 提供必要的基础资料。

一、试验方法

研究采用盆栽试验进行。土样采自浙江省有代表性的不同地区的高产单位(常年粮食亩产都在1600—2000斤), 如分布在河网平原区土壤基本肥力较高的青紫泥和排水条件较好的黄斑土以及河谷平原区土质较轻松的泥沙土和低丘陵区的黄筋泥(系第四纪红土发育、熟化度较高的水稻土)。各类土壤的基本性状见表1。

表1 供试土壤的基本性状

Table 1 Some properties of the soil used for pot experiment

地点 Site	地形 Topography	母质 Parent material	土壤类型 Soil type	质地 Texture	pH	有机质 O. M. (%)	全氮 Total N(%)	有效磷* Avail- abl: P (ppm)	代换性钾** Exchan- geable K(ppm)
宁波 Ningbo	河网平原 River Plain	湖积物 Lacustrine sediments	青紫泥 Bluish gray clayey soil	壤粘土 Loamy clay	5.8	6.53	0.442	301	224
黄岩 Huangyan	滨海平原 Coastal plain	海相沉积物 Marine sediments	黄斑土 Rust mottled clayey soil	壤粘土 Loamy clay	5.6	4.91	0.341	163	266
衢县 Qu Xian	低丘陵区 Low hilly regions	第四纪红土 Quaternary red earth	黄筋泥 Red grume soil	壤粘土 Loamy clay	6.4	2.28	0.142	145	158
衢县 Qu Xian	河谷平原 Valley plain	河谷冲积物 Valley alluvial	泥沙土 Gray clay loamy soil	沙质粘壤土 Sandy clay loam	7.1	2.57	0.149	192	90

* 用 Al-abbas 法测定。Al-abbas method.

** 醋酸铵浸提后用火焰光度计测定。NH₄ Ac extracts determined by flame photometer.

* 本文由周鸣铮、俞震豫先生惠于审阅, 谨志谢忱。

试验用 20×20 厘米盆钵, 钵底不渗漏。每钵装过筛(1 厘米)风干土 5 公斤。试验处理除四种不同类型的土壤因素外, 再加上施用不同数量的化学氮肥(系用上海化工研究院提供的 ^{15}N 标记硫酸铵, ^{15}N 丰度为 12.36%)以及 ^{15}N 标记硫酸铵配施厩肥(猪厩肥含氮量 0.57%)或稻草(全氮量为 0.62%)等处理(表 2), 其目的是为了探讨:

1. 不同类型稻田土壤供氮的基本情况;
2. 不同类型稻田土壤中化学氮肥的利用率;
3. 不同类型稻田土壤中水稻吸取土壤氮和肥料氮的比例;
4. 不同类型稻田土壤中施用厩肥或稻草对土壤供氮和肥料供氮的影响。

试验中所用化学氮肥, 其总量的三分之二作为基肥, 三分之一作为追肥表施。厩肥或稻草全部作基肥, 基肥采取全层混施, 未配施磷、钾肥。处理重复 6 次。供试作物为连作晚稻, 品种采用“嘉湖四号”。7 月 1 日播种, 7 月 30 日移栽, 秧龄 30 天。每盆栽 3 穴, 每穴 4 株稻苗。11 月 25 日收获。收获后的植株由上海化工研究院物化室质谱组协助进行 ^{15}N 的质谱分析。

表 2 施肥处理

Table 2 Treatment of fertilizer application (pot culture)

处理代号 Symbol	处理 Treatment
ck	种稻不施肥 No application
S ₇₅	相当于硫酸铵 75 斤/亩 (250mgN/盆) ⊕ Ammonium sulphate 75 jin/mu (250mg N/pot)
S ₁₂₀	相当于硫酸铵 120 斤/亩 (400mgN/盆) ⊕ Ammonium sulphate 120 jin/mu (400mg N/pot)
S ₇₅ + F	相当于硫酸铵 75 斤/亩加猪厩肥 2000 斤/亩 ⊕ Ammonium sulphate 75 jin/mu + Farmyard manure 2000 jin/mu
S ₁₂₀ + R	相当于硫酸铵 120 斤/亩加稻草 500 斤/亩 ⊕ Ammonium sulphate 120 jin/mu + Rice straw 500 jin/mu

注: S——硫酸铵
F——猪厩肥
R——稻草

Note: S——Ammonium sulphate;
F——Farmyard manure;
R——Rice straw

二、结果与讨论

(一) 不同类型稻田土壤供氮能力的特点

试验的结果表明一季晚稻吸取土壤氮的数量随着土壤类型不同而有相当差异, 其顺序为青紫泥>黄斑土>黄筋泥>泥沙土(表3)。如以土壤基本肥力较高的青紫泥和土壤基本肥力较低的泥沙土相比。在不施肥的情况下, 一季晚稻吸取土壤氮的总量, 前者比后者可以高出 1.3 倍。可见晚稻吸取土壤氮的数量与不同土类中反映基本肥力的有机质和全氮含量有密切联系。由此推论, 尽管晚稻吸取土壤氮的数量并不完全反映着土壤中可供水

稻利用的氮素营养物质的总量;但从生产意义上理解,可以认为这是一项土壤有效氮相对值的参比指标,而且这一参比值的大小与水稻产量有直接联系。因此在一定条件下,水稻吸取土壤氮量的多少,相对的反映了这类土壤所具备的氮素有效肥力状况。

表 3 不同类型稻田土壤中晚稻吸取土壤氮的差别
Table 3 Soil N(¹⁵N)uptake by rice plant in different paddy soils

稻田土壤类型 Paddy soil type	土壤氮 (¹⁵ N) 量(毫克/盆) Soil nitrogen(¹⁵ N)(mg/pot)				
	ck	S ₇₅	增吸% “Priming effect”%	S ₁₂₀	增吸% “Priming effect”%
青紫泥 Bluish gray clayey soil	469	528	12.6	505	9.8
黄斑土 Rust mottled clayey soil	384	392	2.1	367	-4.4
黄筋泥 Red grume soil	319	335	5.1	350	9.7
泥沙土 Gray clay loamy soil	203	285	40.4	274	35

不同类型稻田土壤在施用 ¹⁵N-硫酸铵后,晚稻吸取土壤氮的数量明显地有所增加(表 3)。增加的幅度随着土类不同而有差别。以四种土壤相比较,显然以泥沙土增加的幅度最高,青紫泥次之,黄筋泥又次之,黄斑土最低。此外随着化学氮肥用量进一步增加,晚稻吸取土壤氮数量未见进一步提高,这与其它方面研究的结果^[6]基本一致。

从一般概念来分析,化学氮肥所以能促使晚稻增吸土壤氮的原因,一方面可能出于植

表 4 不同类型稻田土壤供氮能力(A 值)的差别
Table 4 “A”Values of nitrogen in different paddy soils

稻田土壤类型 Paddy soil type	土壤供氮能力(A 值)(N毫克/盆) Amount of available nitrogen in soil (“A” values) (N mg/pot)	
	施氮 250 毫克/盆 Applied N 250 mg/pot	施氮 400 毫克/盆 Applied N 400 mg/pot
青紫泥 Bluish gray clayey soil	1590	1516
黄斑土 Rust mottled clayey soil	998	928
黄筋泥 Red grume soil	1055	1192
泥沙土 Gray clay loamy soil	553	644

株吸收功能的提高; 另一方面起源于化学氮肥作为一种媒介直接或间接地通过生物作用而激发了土壤含氮物质的矿化而提供了更多的有效氮素^[1]。晚稻在泥沙土中施用化学氮肥后比其它土壤更能多吸收土壤氮的原因, 似基于泥沙土质地较轻, 通透性良好。因而具备了较理想的矿化条件; 或则泥沙土中含氮物质具备着较适应的矿化活性。

按照 Fried & Dean 的公式^[4]推算土壤供氮能力 A 值的结果 (表 4) 表明, 土壤供氮能力大小的趋势与水稻吸取土壤氮数量的多少基本一致。与其它资料相比^[5], 可以认为除泥沙土外, 其它三种土壤供氮能力的测定值都是比较高的。特别是熟化度较高的第四纪红土发育的黄筋泥, 土壤供氮能力可以达到 1055 毫克 N/盆的水平, 随着化肥用量的增加还可提高到 1192 毫克 N/盆。

(二) 不同类型稻田土壤中硫酸铵利用率的差别

化学氮肥利用率的高低, 这不仅是决定于化肥施用方法上的一个技术问题, 应该与土壤供氮状况密切相联系。硫酸铵在稻田土壤中的利用率, 各方面已有不少报道。一般认为随着硫酸铵施用方法的不同, 其利用率可以有较大的差别^[6]。在本试验条件下, 同一类型土壤中硫酸铵的利用率是比较稳定的, 即使硫酸铵用量不同, 除泥沙土外, 其它三种土壤中硫酸铵的利用率都非常接近 (表 5)。其次, 以不同土壤类型相比较, 在同一方法下施用等量硫酸铵, 其利用率的差别也不很大 (泥沙土除外), 只在 30—40% 的范围之内。可见同一品种化学氮肥的利用率, 除受不同施用方法影响外, 一般来说是比较稳定的。再次值得注意的是泥沙土与其它土壤比较, 硫酸铵的利用率较高, 看来与泥沙土质地较轻, 因而对化肥中铵态氮的吸附和解吸性能不同于其它三类质地较粘重的稻田土壤这一情况有直接联系。

表 5 不同类型稻田土壤中晚稻施用硫酸铵的利用率比较 (¹⁵N 示踪法)

Table 5 Recovery of ¹⁵N-labeled fertilizer from different paddy soils

稻田土壤类型 Paddy soil type	处 理 Treatment	氮肥利用率 Recovery rate %
青紫泥 Bluish gray clayey soil	S ₇₅	33.2
	S ₁₂₀	33.3
黄斑土 Rust mottled clayey soil	S ₇₅	39.2
	S ₁₂₀	39.5
黄筋泥 Red grume soil	S ₇₅	31.6
	S ₁₂₀	29.5
泥沙土 Gray clay loamy soil	S ₇₅	51.0
	S ₁₂₀	42.3

(三) 晚稻植株内土壤氮和肥料氮的分配比例

同位素示踪法测定的结果同样证明在不同类型稻田土壤以及不同施肥条件下, 晚稻收获物积累的氮素总量中, 土壤氮占有显著优势地位 (表 6)。正因为土壤氮是水稻氮素

营养的主体部分,而土壤氮的供应量又与土壤基本肥力直接相关。由此充分说明培育土壤基本肥力,是决定水稻高产稳产的一项根本性措施。

试验的结果还显示出,随着化学氮肥用量的增加,晚稻植株内土壤氮百分率都有所下降,而且在四种土壤中趋势完全一致(表6)。可见增加化学氮肥用量对晚稻吸氮来源的组合比例有影响,而晚稻植株吸收不同给源氮素营养的比例,这不仅是有些研究报告中所指的只是化肥施用多少的必然结果,也反映了化肥利用率的问题;相对的可以认为晚稻植

表6 不同类型稻田土壤中晚稻植株内不同氮源的组成

Table 6 The composition of nitrogen in rice plant from different sources in various paddy soils

稻田土壤类型 Paddy soil type	处理 Treatment	积累氮总量 (N毫克/盆) Total N in rice plant (N mg/pot)	土壤氮和有机肥氮 N from soil and organic manure		肥料氮 N from fertilizer		籽实产量 Grain yield		
			N毫克/盆 (N mg/ pot)	%	N毫克/盆 (N mg/ pot)	%	克/盆 (g/pot)	LSD 克/盆 (g/pot)	
								0.05	0.01
青紫泥 Bluish gray clayey soil	ck	469	—	—	—	—	23.03		
	S ₇₅	611	528	86.42	83	13.58	27.10		
	S ₁₂₀	638	505	79.13	133	20.87	24.13	—	—
	S ₇₅ + F	627	546	87.15	81	12.85	25.77		
	S ₁₂₀ + R	584	480	82.16	104	17.84	26.20		
黄斑土 Rust mottled clayey soil	ck	384	—	—	—	—	19.90		
	S ₇₅	490	392	79.95	98	20.05	22.90		
	S ₁₂₀	525	367	69.89	158	30.11	22.90	1.59	2.32
	S ₇₅ + F	521	439	84.29	82	15.71	26.13		
	S ₁₂₀ + R	533	406	76.19	127	23.81	29.83		
黄筋泥 Red grume soil	ck	319	—	—	—	—	17.03		
	S ₇₅	414	335	80.85	79	19.15	20.17		
	S ₁₂₀	468	350	74.88	118	25.12	21.57	1.36	1.98
	S ₇₅ + F	450	387	86.01	63	13.99	21.90		
	S ₁₂₀ + R	502	386	76.84	112	23.16	23.90		
泥沙土 Gray clay loamy soil	ck	203	—	—	—	—	13.20		
	S ₇₅	414	285	68.82	129	31.18	23.27		
	S ₁₂₀	445	274	61.62	171	38.38	24.73	2.91	4.23
	S ₇₅ + F	458	358	78.23	100	21.77	26.57		
	S ₁₂₀ + R	453	284	62.68	169	37.32	24.53		

注:青紫泥区的产量分析结果:F测验不显著。

Note: Result of F test in the plot of Bluish gray clayey soil is insignificant.

株吸收不同给源氮素营养的比例对晚稻的生育和产量有重要影响。从盆栽试验晚稻籽实收获量的结果中,也可以看到基本肥力较高的青紫泥和黄斑土, S₁₂₀ 区籽实产量反而低于 S₇₅ 区或没有增产;其它二种土壤则与此相反。这意味着不同的土壤基本肥力决定着土壤的不同供氮水平,后者又可能制约着相应的化肥用量,也只有二者相协调的情况下,水

稻才能生育良好而高产稳产。如果平衡失调, 要么施肥不足, 营养不良, 要么施肥过量, 造成徒长浪费, 水稻就不可能高产稳产。为此系统研究并积累在不同条件下土壤供氮、水稻吸氮、施肥补氮三者之间相互关系的资料, 这对制定“因土施肥”的技术措施有重要参考价值。

(四) 施用厩肥或稻草还田对不同类型稻田土壤供氮性能的影响

在试验所有的处理中, 化肥加厩肥或稻草二个处理区(即 $S_{75} + F$ 和 $S_{120} + R$) 晚稻籽实的产量一般较高。增施厩肥后晚稻吸取的土壤氮加上厩肥氮在总氮量中的比例较高(表 6, 78.23—87.15%) ; 相对的吸收化肥氮的比例却为各处理中最低的一区(12.85—21.77%)。由此可作如下推论: 水稻高产既需要足量的氮素营养, 但由于氮素营养给源的配比对产量有密切关系, 因此水稻高产更需要氮素营养的给源有适当配比; 相对的说也就是要求人为地提供水稻所需的氮素营养大部来自土壤和有机肥, 而来自化肥的氮素营养只占适当比例。看来在一定条件下, 不同类型稻田土壤氮素营养的给源需要怎样的配比才能适应高产水稻的要求? 这同样是高产土壤肥力研究中值得注意的一个问题。

在重施化肥基础上结合稻草还田 ($S_{120} + R$), 晚稻生长稳健, 不如单施重化肥区出现猛发徒长现象; 同时植株含氮量都低于单施重化肥区, 吸取肥料氮的数量也有同样趋势(表 7), 籽实产量除个别情况外又都高于单施重化肥区。所有这些现象, 在不同程度上说明稻草本身肥效虽低, 但重要的是对肥料氮可能进行部分生物固定, 因而既协调了水稻的吸氮给源的配比, 又缓解了施用多量化肥所必然带来的消极影响, 从而对水稻的生育和产量起了积极作用。当然稻草还田的作用还不仅限于这些, 例如稻草分解后带来的其它营养元素(如钾素)以及对土壤结构和通透性等都有一系列的作用。

表 7 稻草还田对不同类型稻田土壤供氮性能的影响

Table 7 Effect of rice straw on N-supplying capacity in different paddy soils

处理代号 Symbol	测定内容 Items tested	青紫泥 Bluish gray clayey soil	黄斑土 Rust mottled clayey soil	黄筋泥 Red grume soil	泥沙土 Gray clay loamy soil
S_{120}	植株含氮量(%) N content % in rice plant	1.27	1.10	1.04	0.863
	植株氮中肥料氮(%) ^{15}N % in total N of rice plant	20.9	30.1	25.1	38.4
$S_{120} + R$	植株含氮量(%) N content % in rice plant	1.07	0.962	0.934	0.846
	植株氮中肥料氮(%) ^{15}N % in total N of rice plant	17.8	23.8	23.2	37.3

参 考 文 献

- [1] 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, 第4页。
- [2] 陈荣业等, 1978: 几种¹⁵N 标记的氮肥对稻麦不同施用方法比较研究。土壤, 第6期, 第215—219页。
- [3] 大島秀彦, 1964: 水田の生産力要因の解析に関する栄養生理。農業技術研究所報告, 13, 土壤肥料14号。
- [4] Fried, M. and Dean, L. A., 1952: A concept concerning the measurement of available soil nutrients. Soil Sci., 73: 263—271.
- [5] Koyama, T., 1971: Soil-plant nutrition studies on tropical rice III. The effect of soil fertility status of nitrogen utilization by the rice plants in Bangkhem paddy soils. Soil Sci. and Plant Nutrition, 17: 213.
- [6] Koyama, T., Chittana Chammek and Natee Niamsrichand, 1973: Nitrogen application technology for tropical rice as determined by field experiments using ¹⁵N tracer technique. IV. Studies on the split application of nitrogen at different nitrogen leveles, Technical Bulletin, No. 3: 27—29, TARC, Japan.

STUDIES ON THE CHARACTERISTICS OF NITROGEN SUPPLY IN PADDY SOILS

I. OBSERVATION OF SOIL NITROGEN SUPPLY IN DIFFERENT PADDY SOILS

Li Shi-ye, Wang Jia-yu and Kong Wan-gen

(*Institute of Soil and Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Science*)

Summary

The present paper deals with the relationship between the soil nitrogen supply and the rice yield. The pot experiment of late rice on four representative paddy soils in Zhejiang province, namely, the Bluish gray clayey soil (a stagnogley paddy soil), the Red grume soil (a percogenic paddy soil), the Rust mottled clayey soil and the Gray clay loamy soil (periodical submergic paddy soil) was carried out with the fertilizer labelled by ¹⁵N. The preliminary results are summarized as follows:

(1) The rice plants on the more fertile soil, such as the bluish gray clayey soil, absorbed more soil nitrogen as 1.3 times than that on the gray clay loamy soil with a lower fertility. Therefore, it seems that the fertility of soil may be considered as a very important factor which would significantly affects the absorption of the soil nitrogen by rice plant.

(2) Among these paddy soils, the variation of soil nitrogen supplying capacity (A values) has shown a good correlation with the amount of absorbed soil nitrogen by rice plants. Meanwhile, application of chemical fertilizers may promote the rice plant to absorb more soil nitrogen due to so called "priming effect", especially in the light textured and less fertile soils, like the gray clay loamy soil.

(3) Except the gray clay loamy soil, the variation of recovery rates of labelled nitrogen fertilizer in other soils was in a relatively small range of 29.5—39.5% even under the condition of different amounts of fertilizer applied with a same application method.

(4) It was showed that the dominant proportion (61.62—87.15%) of the total nitrogen absorbed by rice plant in different paddy soils was that from the soil. Consequently, it is of most importance for the cultivation of late rice to promote the nitrogen supplying capacity of soil.

(5) When chemical nitrogen fertilizer was applied in combination with farmyard manure, the more soil nitrogen and nitrogen of organic manure were absorbed by rice plants, which induces a rather higher proportion of the nitrogen from soil and organic manure in the total nitrogen contents and a lower proportion of fertilizer nitrogen as compared with the single application of chemical fertilizer. In the combined application plots, rice plants had a healthy growth and higher yields, particularly on the soils with lower fertility such as the red grume soil and gray clay loamy soil.

(6) In case of higher dosage of chemical nitrogen fertilizers, rice straw was applied as a supplementary manure in several plots and it gave a good effect in promoting the grain yields. This may be contributed by its harmonized action for the nitrogen supply and the elimination of the unfavorable effect resulted by heavy application of chemical nitrogen fertilizer.