

碳铵粒肥在非石灰性水稻土上 深施的氮素供应状况*

陈荣业 范钦楨

(中国科学院南京土壤研究所)

碳铵压粒深施是提高碳铵肥效、减少损失的一项技术措施。现已在生产上推广应用。为了明确碳铵粒肥深施省肥增产的机理,我们在1976—1977年应用 N^{15} 标记肥料进行了盆栽试验和田间试验。另文(本所长效肥工作组,1978)对1976年的试验结果作了总结,初步阐明碳铵粒肥深施除具有一般氮肥深施减少肥料氮素气态损失和随水流失的作用外,还具有集中施肥的好处,能够减少肥料氮素在土壤中的固定,增进作物对肥料氮素的吸收。本文是1977年试验结果的初步总结,目的是说明碳铵粒肥在水稻土上深施的氮素供应状况。

一、试验的设计和经过

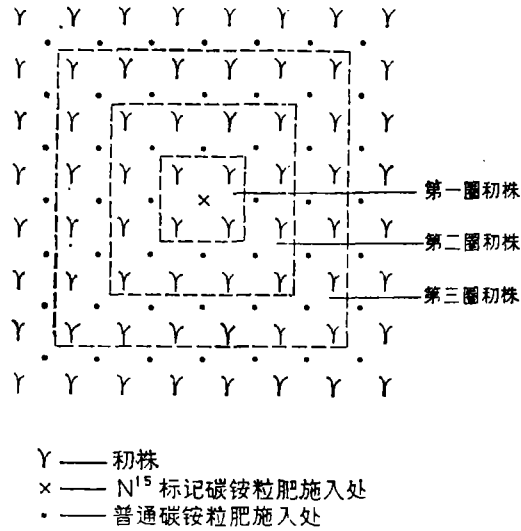
(一) 盆栽试验

试验采用 $10 \times 10(\phi \times H)$ 厘米盆钵,盆底不渗漏。每盆装风干土1.2公斤。供试土壤采自南京近郊江宁县丘陵塝子田,属微酸性、粉砂重壤土,肥力中下等,母质为下蜀黄土,主要粘土矿物成分为2:1型。试验设四个处理:(1)不施氮肥;(2)碳铵粉肥表施;(3)碳铵粉肥混施(施后立即与表层土壤充分混匀);(4)碳铵粒肥深施(塞施深度2寸)。碳铵用量每盆2克(折纯 $N 0.33$ 克/盆),在插秧前一次施下。另各盆均施化学纯 KH_2PO_4 1克。每处理重复15次,共计60盆。水稻品种为“二九青”,1977年5月16日浸种催芽,6月1日对各盆土壤开始淹水,其后始终保持淹水状态,6月3日施肥,6月4日插秧(每盆四株),8月9日成熟。在试验过程中,分五次(即插秧后10天、20天、30天、45天和收获时)采样。每次采样时,每处理取三盆,将整盆土壤取出充分混匀并过1毫米筛后,立即取样测定其 NH_4-N 量和速效氮量,各盆稻株的地上部分和用筛洗法检出的稻根分别烘干、称重,留作全氮测定之用。

(二) 田间 N^{15} 标记碳铵粒肥试验

试验布置在江苏省无锡县东亭大队。试验田土壤为肥力较高的黄泥土,前茬油菜。1977年5月28日将试验田划分出15个 2×2 米的微区,5月29日插秧,水稻品种为“广陆矮四号”,秧龄36天,秧苗逐株经过挑选,每穴4株,株行距各10厘米。栽秧后,随即在行间每穴塞施一颗一克重的碳铵粒肥,深度约2寸。在每个微区中心塞施的是一颗 N^{15}

* 本文是我所效肥组长工作的一部分,田间试验得到东亭任务组同志的协助。

图1 N¹⁵ 标记碳铵粒肥田间试验布置和采样示意图

标记的碳铵粒肥,其余为普通碳铵粒肥(图1)。在插秧后10天、20天、30天、45天和收获时分五次采样,每次取三个重复,以N¹⁵标记粒肥施入点为中心,分三圈拔出全部稻株,剪去稻根,留取地上部分分别烘干、称重,供测定全氮量和N¹⁵丰度之用。

二、试验的结果和讨论

(一) 碳铵粒肥深施对植稻土壤氮素供应状况的影响

所谓土壤的氮素供应状况,指的主要是土壤中氮的供应容量、强度及其持续时间三方面的内容。在这里,我们采用土壤NH₄-N量作为氮素供应强度的相对量度,用土壤氮素总供应量,即土壤NH₄-N量与水稻吸收积累氮量之和作为氮素供应容量的相对量度(朱兆良等,1963)。现根据盆栽试验不同采样时间测定的土壤NH₄-N量(表1)和土壤氮素总供应量(图2)的结果,讨论氮肥不同施用方法对植稻土壤氮素供应状况的影响。

从表1和图2结果可见,粒肥深施处理的土壤NH₄-N量和氮素供应总量较粉肥表施和粉肥混施的为高,说明碳铵对植稻土壤的氮素供应状况的影响随施用方法的不同有很大的差异。在1976年的试验中,我们曾经发现,碳铵粒肥深施与粉肥表施、粉肥混施相

表1 盆栽植稻土壤NH₄-N的动态变化(毫克N/盆)

测定时间 处 理	栽秧后10天 (6月14日)	栽秧后20天 (6月24日)	栽秧后30天 (7月4日)	栽秧后45天 (7月19日)	收 获 (8月9日)
不 施 氮 肥	5.23±0.34	2.15±0.38	5.05±0.41	3.71±0.50	3.65±0.22
粉 肥 表 施	48.5±2.8	9.06±0.51	6.74±0.95	4.49±0.41	3.92±0.45
粉 肥 混 施	53.2±0.8	10.61±0.40	7.08±0.28	3.50±0.13	4.03±0.37
粒 肥 深 施	190.0±2.4	97.6±9.9	11.23±1.07	4.59±0.34	6.35±0.17

注:三盆土壤分别混匀、采样,用N K₂SO₄-H₂SO₄提取,扩散法测定,取其平均数与标准差($\bar{x} \pm S_x$)。

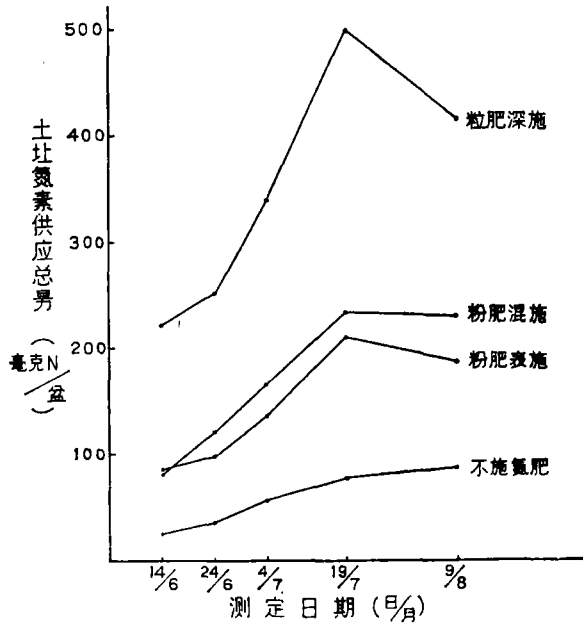


图2 盆栽植稻土壤氮素供应总量的动态变化

比,其被作物吸收部分较多,土壤残留部分和亏缺部分较少。看来,碳铵粒肥深施能够减少肥料氮素的损失及其在土壤中的固定,是它较粉肥表施和粉肥混施更能提高土壤的氮素供应强度和容量以及延长其持续时间的原因所在。

从图2结果中,我们发现,粒肥深施土壤的氮素供应总量,在7月19日(栽秧后45天)数值最高,为500毫克N/盆,这时不施氮肥处理为76毫克N/盆,两者相差424毫克N/盆,而施入的肥料氮量只有330毫克N/盆。由此可见,深施粒肥的水稻即使是全部吸收利用了碳铵粒肥的氮素,它还比不施肥的水稻从土壤中多吸收了近100毫克N/盆。这说明碳铵粒肥除了能增进作物对肥料氮素的吸收外,同时还能增进作物对土壤氮素的吸收。文献中对这种现象的解释各说不一。在本试验中,我们认为这可能主要是由于施入的氮肥促进了作物的旺盛生长,也增强了作物根系对养分的吸收能力所致。

在盆栽试验中,我们还测定了不同时期各盆土壤的速效氮量(表2),将它视作衡量植稻土壤氮素供应能力的一个相对指标(周鸣铮等,1976),用以比较碳铵不同施用方法对植稻土壤氮素供应能力贡献的大小。这里,我们把由于施入氮肥增加的土壤速效氮量(施氮肥处理每盆土壤的速效氮量减去不施氮肥处理每盆土壤的速效氮量),看作是所施氮肥对土壤供氮能力的贡献(图3)。从图3可见,在7月4日前,也就是在施肥后持续30天的时间内,粒肥深施对植稻土壤供氮能力的贡献是显著大于粉肥表施和粉肥混施,其后相差便不大。我们知道,碱解法测定的土壤速效氮量,主要包括 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和水解氮。前者主要来源是施入的铵态氮肥,后者是以微生物新陈代谢的同化、异化氮为主。看来,粒肥深施与粉肥表施或粉肥混施相比,它们对植稻土壤氮素供应能力贡献的大小,主要是取决于它们对土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量的贡献,而不是它们在微生物同化、异化氮量上的差异。因为我们将不同施肥处理的速效氮量分别减去其相应的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量(表2—表1),发现同一时期得

到的数值彼此相差无几。这说明不同施肥处理的微生物同化、异化氮量虽然可能有些差异,但其对整个土壤速效氮量的影响是很微的。由此可以分析,在7月4日前,粒肥深施的速效氮量大大高于粉肥表施和粉肥混施,主要原因是粒肥深施的氨挥发损失很少,有较大量的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 稳定地保存在土壤之中。而在7月4日以后,水稻进入旺盛生长,施入的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 这时已经基本耗竭,因而粒肥深施与粉肥表施或粉肥混施之间在速效氮量上的差别也就不大了。

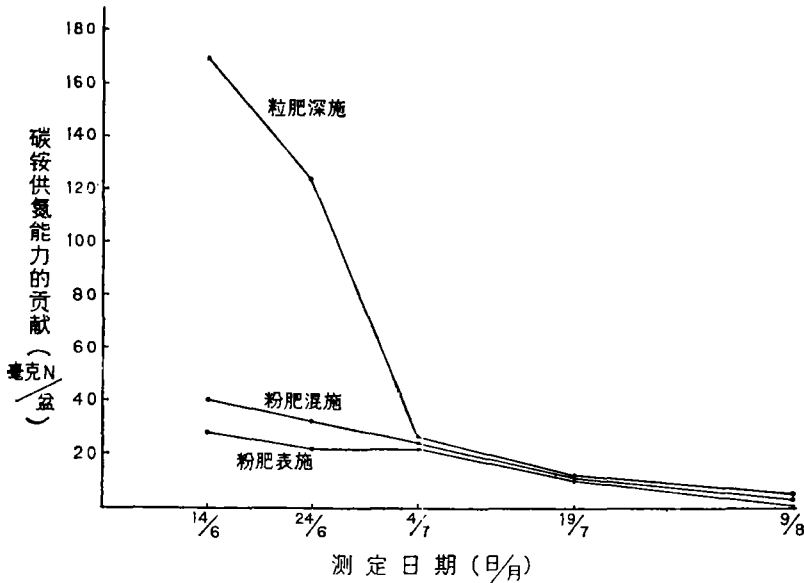


图3 碳铵粒肥和粉肥对植稻土壤供氮能力贡献大小比较

表2 盆栽植稻土壤速效氮的动态变化 (毫克N/盆)

测定时间 处 理	栽秧后 10 天 (6 月 14 日)	栽秧后 20 天 (6 月 24 日)	栽秧后 30 天 (7 月 4 日)	栽秧后 45 天 (7 月 19 日)	收 获 (8 月 9 日)
不 施 氮 肥	121±1	91±2	95±3	86±2	88±1
粉 肥 表 施	148±3	113±4	117±3	99±1	92±2
粉 肥 混 施	161±5	123±5	119±2	97±1	87±1
粒 肥 深 施	291±1	215±5	120±1	98±2	93±2

注: 三盆土壤分别混匀、采样,用1.2 NNaOH 50°C 24 小时扩散法测定,取其平均数与标准差 ($\bar{x} \pm S_x$)。

(二) 碳铵粒肥深施的供氮特点和水稻生长情况

表3列出了盆栽试验不同采样时间测定的每盆水稻的氮素积累量和干物质积累量。结果表明,粒肥深施处理的每盆水稻积累的氮量和干物质重量,在开始一段时间总要比粉肥表施或粉肥混施的低些,以后才逐渐超过粉肥表施和粉肥混施,明显的表现出有一个先低后高的变化过程。

观察比较各处理水稻的长势,发现在水稻生长初期,粒肥深施略逊于粉肥表施和粉肥混施,大约至施肥后15天起,才逐渐显现优于其他处理,到20天后,它们之间在植株高矮、叶色深浅、分蘖多少等方面的差异,就十分明显了(图4)。

表 3 盆栽试验水稻的干物质积累量和氮素积累量

处 理	栽秧后 10 天		栽秧后 20 天		栽秧后 30 天		栽秧后 45 天		收 获	
	干物量 (克/盆)	氮 量 (毫克 N/盆)	干物量 (克/盆)	氮 量 (毫克 N/盆)	干物量 (克/盆)	氮 量 (毫克 N/盆)	干物量 (克/盆)	氮 量 (毫克 N/盆)	干物量 (克/盆)	氮 量 (毫克 N/盆)
不 施 氮 肥	0.58± 0.06	19.5± 1.3	1.81± 0.06	32.8± 1.6	3.28± 0.09	50.2± 1.3	5.76± 0.03	72.7± 0.5	8.27± 0.38	83.7± 1.6
粉 肥 表 施	0.73± 0.08	36.2± 4.4	3.56± 0.11	88.0± 4.5	7.18± 0.59	127.7± 3.6	13.97± 0.99	203.6± 10.0	20.33± 0.56	189.7± 3.7
粉 肥 混 施	0.79± 0.04	36.9± 1.6	4.19± 0.46	110.3± 6.4	8.93± 0.34	157.3± 6.4	15.99± 0.60	233.8± 11.2	24.15± 1.05	229.6± 5.6
粒 肥 深 施	0.72± 0.04	32.5± 2.8	3.88± 0.41	151.6± 14.2	12.18± 0.46	330.0± 5.9	28.59± 0.73	495.9± 7.3	40.20± 2.05	409.1± 6.2

注: 表内数据系三盆分别测定的平均值与标准差 ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)。

为了进一步说明碳铵粒肥深施的氮素供应特点, 我们根据不同采样时间测定的每盆水稻的氮素积累量算出了不同时期每盆水稻的氮素日增量(表 4)。从表 4 可见, 在栽秧后 10 天内, 粒肥深施的水稻吸收积累氮素的速率较粉肥表施和粉肥混施者略为缓慢; 10 天后, 其吸收积累氮素的速率便大大超过了粉肥表施和粉肥混施; 在栽秧后 20—30 天这段时间内, 它们之间的差距最大, 这时粒肥深施的每盆水稻的氮素日增量, 差不多是粉肥混施的四倍; 直至水稻孕穗一齐穗期(栽秧后 30—45 天), 粒肥混施的每盆水稻的氮素日增量仍比粉肥深施的高一倍以上。这清楚地表明, 粒肥深施的供氮特点是缓、稳、长, 它一次施肥可以基本满足一季水稻的氮素需要。

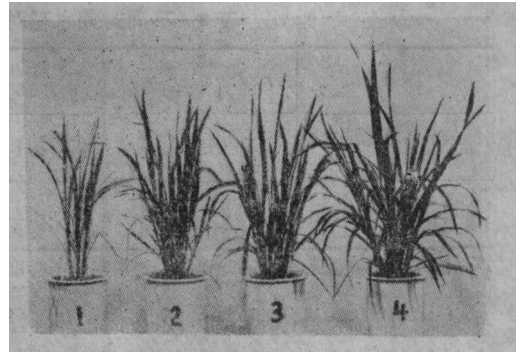


图 4 栽秧后 27 天的水稻生长情况

1. 不施氮肥; 2. 粉肥表施;
3. 粉肥混施; 4. 粒肥深施

表 4 不同时期水稻氮素积累速率的变化 (毫克 N/盆·日)

处 理	时 间 (插秧后天数)	6 月 4—14 日	6 月 14—24 日	6 月 24 日—7 月 4 日	7 月 4—19 日	7 月 19 日—8 月 9 日
		(0—10)	(10—20)	(20—30)	(30—45)	(45—66)
不 施 氮 肥		1.42	1.33	1.74	1.50	0.05
粉 肥 表 施		3.09	5.17	3.97	5.06	-0.93
粉 肥 混 施		3.16	7.34	4.70	5.10	-0.02
粒 肥 深 施		2.72	11.89	17.84	11.06	-4.02

(三) 水稻对深施的碳铵粒肥的吸收利用

表 5 和表 6 列出了 N^{15} 标记碳铵粒肥的田间试验结果。这个实验是在密植(株行距 10×10 厘米)、高肥(每穴水稻施一颗碳铵粒肥, 折合每亩碳铵粒肥用量约 130 斤)条件下进行的。

表 5 各圈稻株吸收累积的 N^{15} 标记碳铵粒肥的氮量 (N 毫克)

采 样 时 间	施肥后 10 天 (6 月 8 日)	施肥后 20 天 (6 月 18 日)	施肥后 30 天 (6 月 28 日)	施肥后 45 天 (7 月 13 日)	施肥后 65 天 (8 月 2 日)
第一圈稻株	12.2±2.5	62.1±5.5	107.9±2.7	116.3±2.2	119.2±2.4
第二圈稻株	0.28±0.03	1.63±0.69	5.30±0.83	11.5±0.9	10.6±0.9
第三圈稻株	0	0	0	0	0

注: 1. 施入的一颗 N^{15} 标记碳铵粒肥含 N^{172} 毫克, N^{15} 丰度 10.48%;

2. 表内数据系三小区分别测定的平均值与标准差 ($\bar{x} \pm S_x$)。

表 5 结果表明, 在四穴稻株中间深施二寸的 N^{15} 标记碳铵粒肥, 它在水稻生长各时期被吸收累积的氮素, 绝大部分都集中在粒肥施入点周围第一圈 4 穴稻株体内, 只有很少一部分(不到 10%) 集中在第二圈 16 穴稻株体内, 而在第三圈稻株体内, 则未发现有 N^{15} 标记肥料氮量的积累。据此可以断定, 在试验条件下碳铵粒肥在土中移动扩散和水稻根系伸展的范围是有限的, 深施碳铵粒肥在田间的有效供肥范围为施肥点四周的第一圈稻株。这项测定可以作为确定粒肥施用量、施用时期和位置时的参考。

表 6 不同时期水稻对深施碳铵粒肥的吸收利用情况

采 样 时 间	施肥后 10 天 (6 月 8 日)	施肥后 20 天 (6 月 18 日)	施肥后 30 天 (6 月 28 日)	施肥后 45 天 (7 月 13 日)	施肥后 65 天 (8 月 2 日)
深施碳铵粒肥的氮素利用率%	7.3±1.7	37.1±4.4	65.8±2.5	74.3±1.2	75.5±1.8
水稻总积累氮中来自肥料氮的%	27.8±6.0	49.4±3.7	57.2±3.6	57.7±0.3	54.6±3.4

注: 表内数据系三小区分别测定的平均值与标准差 ($\bar{x} \pm S_x$)。

表 6 结果是根据表 5 结果和植株全氮测定结果计算得来的。它表明在水稻整个大田生长期间, 水稻一直在吸收利用深施碳铵粒肥的氮素。在施肥后 10 天, 水稻对深施粒肥氮素的吸收利用较少, 稻株体内积累的氮量有三分之二以上是来自土壤的。到施肥后 20 天(6 月 18 日), 水稻对深施粒肥的氮素利用率已接近 40%, 稻株总积累氮量中来自肥料氮部分所占的比例已达一半左右。看来, 在 6 月 8 日至 6 月 28 日这 20 天内(施肥后 10—30 天), 是水稻对深施粒肥的吸收利用高峰, 施入的碳铵粒肥, 差不多有 60% 在这期间被水稻吸收利用了。至收获时, 按稻株地上部积累的 N^{15} 标记肥料氮量来推算的深施碳铵粒肥的氮素利用率可高达 75%, 稻株总积累氮量中有一半以上是来自于肥料氮。

上述在田间应用 N^{15} 示踪法定量测定的水稻吸收利用深施碳铵粒肥的情况, 与盆栽试验得到的结果是一致的。它们都表明粒肥深施肥效发挥较慢而维持时间较长, 作物对它的氮素利用率较高。因此, 在生产上应用粒肥深施时, 为了适应作物生长的需要, 充分发挥粒肥深施的效益, 要注意比通常的粉肥撒施提早 3—5 天施用和减少一些肥料用量。特别是双季稻生育期短, 要求早发, 粒肥深施时间更应抢早, 用量也以不超过 60 斤/亩为宜。

三、摘 要

通过盆栽试验和田间 N^{15} 同位素试验, 研究了碳铵粒肥在水田深施的氮素供应状况。

结果表明,在碳铵粒肥深施情况下,土壤氮素总供应量在整个水稻生长期中,土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量和速效氮量在施肥后持续 30 天的时间内,均显著高于粉肥表施和粉肥混施。粒肥深施对水稻的供氮特点是缓、稳、长,这反映在不同时间水稻的氮素积累量、干物质积累量和长势的变化上。粒肥深施明显地增进了水稻对肥料氮素的吸收。通过 N^{15} 的田间示踪试验表明,即使在重肥条件下,水稻对深施碳铵粒肥的氮素利用率也高达 $75.5 \pm 1.8\%$, 水稻总积累氮量中有 $54.6 \pm 3.4\%$ 是来自于深施碳铵粒肥的。深施碳铵粒肥在田间的有效供肥范围为施肥点四周的第一圈稻株,约占碳铵总供肥量的 90% 以上,而第三圈已完全无效。

参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所长效肥工作组,1978: 几种 N^{15} 标记的氮肥对稻、麦不同施用方法的比较研究。土壤, (印刷中)。
 朱兆良等,1963: 土壤氮素供应状况的研究 II 硫酸铵在植稻土壤中的转化及其对土壤氮素供应状况的影响。土壤学报,第 11 卷 2 期,185—194 页。
 周鸣铮等,1976: 土壤速效氮的测定方法。土壤,第 5—6 期,316—323 页。

EFFECT OF DEEP-APPLICATION OF PRILLED AMMONIUM BICARBONATE FERTILIZER ON THE NITROGEN SUPPLYING STATUS OF NON-CALCAREOUS PADDY SOILS

Chen Lung-yie and Fan Chin-cheng
 (Nanking Institute of Soil Science, Academia Sinica)

Summary

Ammonium bicarbonate, still being one of the main nitrogen fertilizers at present time in China, is easily volatilizable in soils. Various field experiments as well as practices have repeatedly shown that, if prilled and applied beneath the soil surface about 6 cm, its effect on the growth of crops will be markedly increased. In order to get some idea about the mechanism involved in its beneficial effect, the present study was undertaken. Experiments were carried out in pots under greenhouse conditions as well as in the paddy field using N^{15} -tracer technique. The following is a summary of the results.

1. When ammonium bicarbonate was prilled and deeply applied to the soil, much more total available nitrogen as well as ammonium nitrogen alone were found in the soil throughout the growing season, as compared with the surface-application of the powdery form. Neither surface application incorporation of the powdery fertilizer into surface soil have hardly matched with it in these respects.

2. As compared with the powdery fertilizer applied in the conventional way, the deeply applied ammonium bicarbonate prills showed its fertilizing effect quite slower but rather steadier and hence lasting longer. The improved nitrogen supplying status of the soil resulted in a greater amount of nitrogen assimilation and dry matter

production with an apparent strengthening of the over-all growth vigor of the rice plants.

3. With high rates of fertilization (corresponding to 130 catties/mow), and under dense planting conditions, the nitrogen recovery of the deeply applied ammonium bicarbonate prills as calculated from the amounts of labelled nitrogen (N^{15}) found in the adjacent rice plants around the site of application, amounts to $75.5 \pm 3.4\%$, which constitutes more than half of the total nitrogen in the rice plants (i. e. $54.6 \pm 1.8\%$ of the total nitrogen, to be exact). On the other hand, the nitrogen recovery of the powdery fertilizer applied in the conventional manner is generally much lower as has been widely reported. The difference in their recovery percentages may be ascribed mainly to the difference in their volatilization losses of ammoniacal nitrogen. Besides, the differences in their amounts of ammonium ion fixed by the soil, immobilization of available nitrogen by rhizosphere microorganisms, as well as the accessibility and availability of the fertilizer nitrogen to the plant roots may also bear some effects on their nitrogen recovery rates. Just to what extent each of these factors contributes to the total effects is yet to be elucidated by further experimentation.

4. Under field conditions with a planting space of 10×10 cm. between hills, the nitrogen released for absorption from ammonium bicarbonate applied deeply in the center of space can only be accessible to the four rice plants around the site of application. This amounts to over 90 % of the total nitrogen released for absorption from the fertilizer as shown by the N^{15} -tracer experiment.