

〔日〕三井进午 著

水稻无机营养、 施肥和土壤改良

上海科学技术出版社

中国科学院南京地质古生物研究所

水稻无机营养， 施肥和土壤改良



中国科学院南京地质古生物研究所

水稻无机营养、施肥 和土壤改良

〔日〕三井进午著

朱光璜 葛传斌译

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书内容分为水稻的无机营养、水田的一些特性和它的改良及施肥二大部分，其中系统地介绍了离子吸收的一般概念、稻根的氧化还原能力、水田不同于旱田的一些主要特性如含氮有机物的矿化作用、反硝化作用等，硫酸铵、磷酸盐的正确施用方法。此外还介绍了老朽化水稻土的特征及改良的方法。对研究水稻的性质及水稻无机营养有参考的价值。本书可作为高等农业院校关于水稻土和施肥方面的教学参考书，也可作为科学研究机关和生产单位的农学与土壤学工作者的参考书。

水稻无机营养、施肥和土壤改良

原 著 者 [日] 三 井 进 午

原出版者 日本养贤堂 1956 年版

译 者 朱光琪 葛傳斌

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业许可登出093号

上海市印刷六厂印刷 新华书店上海发行所总经售

开本 787×1092 耗 1/32 印张 3 5/16 字数 70,000

1959年3月第1版 1959年3月第1次印刷

印数 1—8,000

统一书号：16119·317

定 价：(十四) 0.48 元

譯 記

本书系根据日本东京养賢堂 1956 年出版的“水稻无机营养、施肥和土壤改良”(Inorganic Nutrition Fertilization and Soil Amelioration for Lowland Rice)英文本第三版譯出。三井进午氏的这本小冊子是他任印度的講稿，以講義的形式出版。著者总结了日本近卅年来有关水稻施肥及水稻土的研究工作。文字虽不多，但却深入浅出地叙述了日本水稻施肥及水稻土改良方面的一些重要問題，在理論上与实践上都很值得参考，因此我們决定把它翻譯出来。翻譯时我們尽可能保持原书的风格，有許多日本人的名字与地方名称，一时不能确譯成汉字的，都采用了原英文本的拼音名称。不当之处一定很多，希望讀者多加指正。

此外，我們对华东农业研究所崔繼林同志在百忙中为本譯文校閱，表示衷心感謝。

譯者

引 言

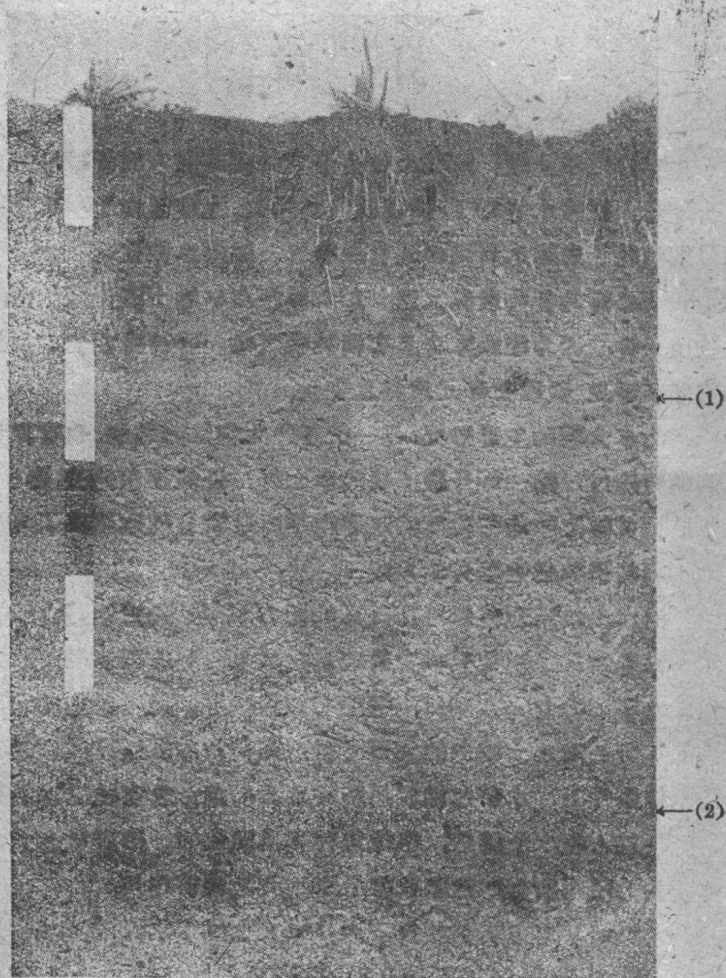
与旱作相比較，水稻的特点是它的根系深入到極端缺氧的土壤里。在淹水情况下，耕层氧气的損失，主要是由于有机质的分解消耗了表面水所供給的有限氧气。然而水稻能吸收水分和生长所必需的各种营养元素，正如旱作自旱地土壤上吸收营养物质一样。因为稻根本身具有供給氧气的一种特殊能力，所以它能够呼吸、吸收营养元素并且生长。

淹水土壤的主要情况，与一般耕作土壤比較起来，也有其显著的特殊性。除一部分最上层的表土外，还原作用是主要的。物质遭受着生物的和化学的还原作用。这就自然地形成了与旱地不同的供給植物养分的类型。

淹水土壤所以能維持相当高的肥力水平，一方面是由于在水田缺氧情况下积蓄有机物质的累积效果；另一方面是灌溉水能供給水稻以养分。在旱田土壤中有两种类型的氮：銨态氮和硝态氮。但在淹水土壤中的主要有效态氮是銨态氮，虽然在适宜的水培条件下，水稻也能利用两种形态的氮。含有硫酸根的化学肥料施入淹水土壤后，很快地轉变成硫化物。溶解状态或游离状态的硫化物对作物吸收养分有很大的毒害作用。

水稻的栽培是不能根据旱作及旱地土壤上积累的知識来理解的。淹水土壤、肥料施用以及与水稻生长間的特殊关系，将在以下各講中加以叙述。

老朽化水稻土
自 K. Kobo 轉載



(1)漂白层 (2)聚集体

目 录

引 言

第一章 水稻的无机营养

1. 离子吸收的一般概念 1
2. 影响水稻对离子累积的因子 4
呼吸作用的抑制剂的影响, 特别是硫化氢对水稻离子吸收的影响。 温度对水稻吸收养分的影响。
3. 植物根的氧化和还原能力 15
秧苗根的氧化能力。 稻根在整个发育期的氧化还原作用。
4. 受伤和健康稻根的显微研究 20
5. 硫酸盐和氯化物对谷类作物吸收磷酸盐的影响 22
6. 放射性及非放射性同位素在植物营养和土壤化学研究中的应用概述 25
7. 植物的根-土壤-肥料粒子间的关系 26
8. 水稻的碳素同化作用和硫酸铵追肥 30
9. 在圆锥花序形成早期追施氮肥的重要性 33
10. 水稻钾肥施用的时间 39
11. 灌溉水的养分供应 41

第二章 水田的一些特性, 它的改良和施肥

1. 含氮有机肥料在土壤中的矿化作用 43
2. 淹水水稻土中氮素的固定 48

影响藍綠藻固氮作用的一些因素。 引种高固氮能力的热带
藍綠藻到日本水田中的一些試驗。

3. 在淹水条件下的反硝化作用.....54

淹水水稻土剖面的分化, 发生在淹水的水稻土中的化学变
化, 特别是反硝化作用。 反硝化作用的一些試驗証据 (反
硝化作用及土层的深度。 在淹水土壤中通过反硝化作用氮
气的生成)。

4. 在淹水水稻土中影响氮素矿化作用的因子.....64

在淹水条件下温度对氮素矿化作用的影响。 混合耕层的上
层土壤与下层土壤的影响。 土壤在淹水前的风干作用的影
响。 施用石灰对土壤氮素矿化作用的影响。

5. 硫酸铵作为水稻基肥及球状肥料的深部施肥法.....75

深部施肥法。 球状肥料。

6. 老朽化水稻土及水稻的营养.....80

老朽化水稻土的特征。 老朽化作用的机制。 老朽化水稻土
的分布与母质的关系。 改良老朽化水稻土的一些試驗結果
(盆栽試驗。 田間試驗)。

7. 在淹水田中及早田中磷酸盐的特性以及磷肥的施用.....93

磷酸盐的特性, 磷肥的施用。

第一章 水稻的无机营养

1. 离子吸收的一般概念

較老的植物学家，曾企图以物理化学术语如离子扩散 (ion diffusion)、渗透压 (osmotic pressure) 以及細胞膜的渗透性 (permeability) 等来解释植物吸收营养物质的神秘现象。但随着知识的积累，特别是关于植物养料的“选择性累积” (selective accumulation)，也就是逆浓度梯度扩散 (diffusion against concentration gradients) 明确以后，这种简单的物理化学解释就显得极不充分了。

关于这一点，我想引用美国加州著名植物营养学家郝兰 (Hoagland)^① 的有趣味的工作。

在第一次世界大战时，他为了自太平洋岸大海藻 (giant kelps) 中提炼在当时非常需要的钾素，曾有机会对该藻进行全面的研究。他发现这种植物对钾、碘化物和溴化物有显著的逆浓度梯度的选择性累积作用，但有感于当时缺乏有关这个生理过程的足够知识。

这种感触促使他一生致力于植物营养物质代谢吸收的研究。他较早的工作之一是研究一种巨大单细胞淡水池藻 (*Nitzschia*) 的选择性累积作用。因为这种池藻的器官比高等植物简

① D. R. Hoagland: Lectures on the Inorganic Nutrition of Plants, Waltham, 1948

单, 所以对于这些研究工作很有用处。研究结果见图 1。

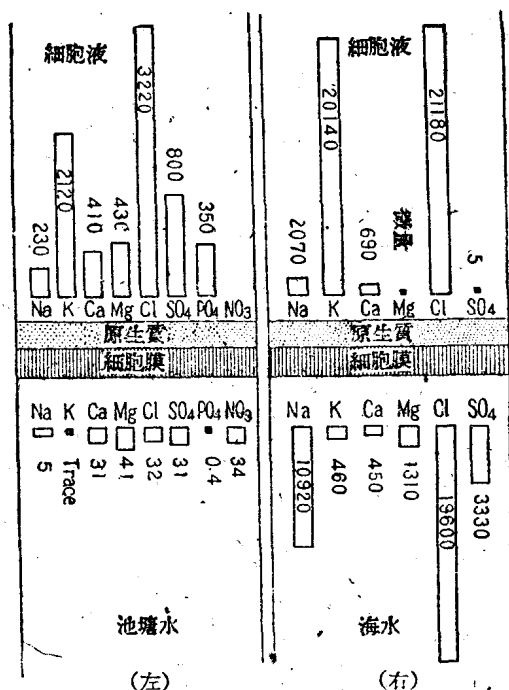


图 1. *Nitella* 和 *Valonia* 的选择性离子累积
 左 *Nitella* (郝兰, 1923)
 右 *Valonia* (奥斯特哈特, 1922)

从图 1 可以看出, *Nitella* 細胞液的离子浓度, 除硝酸根外, 都比池塘水为高, 特别是 K、PO₄ 和 Cl 三种离子。但是在海水生巨藻 *Valonia* 細胞液中的 K、Ca 和 Cl 离子浓度高于海水, 而 Na、Mg 和 SO₄ 则低于海水。因此, K 和 Na 两离子的浓度在細胞膜和原生質的内外有明显的差别。

郝兰和一些繼起的工作者观察到, 离子累积作用是常常与代謝活动如活細胞的有氧呼吸 (aerobic respiration) 相关联

的。假若正常的新陈代谢活动被抑制或阻断时，则累积作用——也就是逆浓度陡度的内向运动——即告停止。

郝兰不单用巨单细胞证明了这个事实，并且借精细的技术以新陈代谢正常的普通高等植物的离体根 (excised root) 证明了这个事实。他一系列试验中的一个试验结果见图 2。当通过培养液起泡的混合气体中氧的分压减少不到 10% 时，大麦的离体根对 K、NO₃ 和 Br 的累积就大大地减少。

营养物质的累积与根细胞中糖的消耗是平行进行的。这个事实说明有氧呼吸与离子累积间有着密切的关系。

热力学告诉我们，细胞外的离子在由稀浓度进入到高浓度的细胞内部时需要“做功”。有氧呼吸可能与这种功有关。因此有氧呼吸在离子累积作用上，可以说

好象是一个正在从井里抽水上升的抽水机。

虽然近年来多数学者同意盐类的累积与代谢活动、特别是与有氧呼吸有关，但是究竟是与阳离子和阴离子都有关系，还是如龙德伽德 (Lundegardh) 在“阴离子呼吸学说”中所提出的，仅仅与阴离子有关系，仍然是个问题。

龙德伽德^① 的阴离子呼吸学说可以下列公式表示：

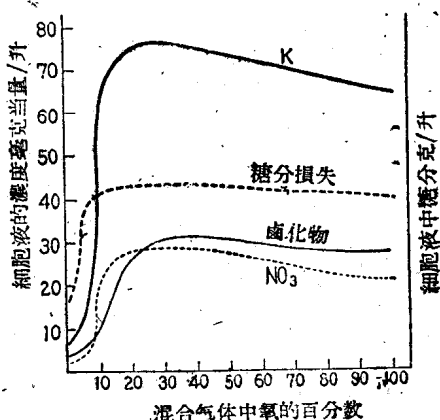


图 2. 氧的分压对于离体大麦根离子吸收和糖分消耗的影响 (郝兰和布罗易, 1936)

① H. Lundegardh: Nature, 541, 114~115 (1940)

$$Rt = Rg + kA$$

Rt 为根呼吸释放的全部二氧化碳量，以克分子数表示（全呼吸）； Rg 为基本呼吸作用的二氧化碳克分子数（或在蒸馏水中呼吸作用的数值——译者），与阴离子呼吸无关； A 是根吸收的阴离子数量， k 是常数，随阴离子不同而不同。

他的基本概念如下述：根膜的表面带负电荷，只有带负电荷的阴离子通过根膜进入根的内部时，需要一些能（阴离子呼吸作用）。而由于阳离子与根膜表面的阳离子起交换作用的缘故，所以阳离子通过根膜不需要任何功的帮助。

总之，有充足的理由可以指出，离子累积作用是一种现象，它与根细胞代谢活动或有氧呼吸是如此密切地联系着，以致当代代谢或呼吸受到抑止或阻碍时，在高等植物中就会造成离子累积的严重减少。

2. 影响水稻对离子累积的因子

许多因子可以影响作物对离子的吸收。不仅环境因子如温度、光、氧的供给、培养液的离子浓度和酸度等等，而且有关植物本身的因子如作物品种、发育阶段等等，也多少影响着作物对离子的吸收。

呼吸作用的抑制剂的影响，特别是硫化氢对水稻离子吸收的影响。硫化氢时常大量地发生在水稻田的耕层 (furrow slice) 中，特别是在施用了含有硫酸根的肥料如硫酸铵、过磷酸钙^①、硫酸钾的田中。大量有机物如绿肥和堆肥的存在，会促使硫酸盐还原成硫化物。还有，高温也会促进它的发生。

在日本的砂质或缺乏铁质的土壤中，亦即我将在下一讲中

① 一般过磷酸钙是由磷矿石与浓硫酸作用而成——译者

談到的“老朽化水田”中，硫化氫被認為是水稻吸收營養物質的主要抑制劑之一。另一方面，含鐵氧化還原酶，例如廣泛存在於動植物體中並有利於有氧呼吸的細胞色素，硫化氫就是它的公認的抑制劑。

如果植物營養物質的代謝吸收理論基本上是正確的話，則耕層中發生的硫化氫可能影響水稻對養分的吸收。這個看法促使了我和我的同事們^①作了如下的研究。

試驗 1: 秧苗移栽在容量為 3.5 升的盆鉢內。用一般的水培技術栽培約 2 個月。1950 年 8 月 11 日，培養液換以含有 19 p.p.m. $\text{NH}_4\text{-N}$ 的新鮮硫酸銨溶液。盆鉢中的一組通 2 次硫化氫氣。通氣速度為每秒鐘放 2 個氣泡。每次通硫化氫氣 10 分鐘。26 小時後，以普通方法分析留在培養液里的 $\text{NH}_4\text{-N}$ ，並測定水分的蒸發量。結果見表 1 (a)。

隨後，將處理過的植物用新鮮銨鹽溶液和硫化氫作類似的處理。結果見表 1 (b)。

由表中可以看出，硫化氫氣嚴重地影響水稻對銨離子和水的吸收，雖然影響銨離子比影響水更甚。而且時間延續，抑制作用增劇。

試驗 2: 為了了解硫化氫抑制程度與其濃度及接觸時間的關係，進行了表 2 (a)(b) 的試驗。以萎蔫葉子的數目作為受害的指標，因為萎蔫葉子作為抑制離子吸收的特定指標是已經被肯定了的。加入硫化鈉於培養液中，並加入硫酸。小心地調節培養液的 pH 值至 4，以發生硫化氫氣。

① 三井進午，麻生末雄，熊澤喜久雄：土肥誌，22，46(1951)；

三井進午，熊澤喜久雄：同上刊物

表 1. H_2S 对水稻吸收 NH_4-N 和 H_2O 的影响
(三井进午等 1951)

a) 头次 26 小时

处 理	最初的 NH_4-N 毫克/盆	减少的				吸收的		pH 最初 最后
		NH_4-N 毫克/盆	平均	H_2O 克/盆	平均	NH_4-N 毫克/盆	H_2O 克/盆	
通 H_2S 气泡								
种水稻的 { A	65.9	8.6	10.1	—	570	4.4	23	4.7 4.2
{ B	68.5	11.5		570				4.7 4.2
不种的 { A	65.9	5.4	5.7	230	243			4.7 4.7
{ B	76.3	6.0		255				4.4 4.4
未通 H_2S 气泡								
种水稻的 { A	72.9	20.3	22.7	750	745	19.1	100	5.0 5.0
{ B	73.6	25.0		740				3.9 3.9
不种的 { A	64.3	2.8	3.6	260	305			5.0 5.0
{ B	67.6	4.3		350				5.3 5.3

b) 第二次 24 小时

处 理	最初的 NH ₄ -N 毫克/盆	减少的		吸收的	
		NH ₄ -N 毫克/盆	H ₂ O 克/盆	NH ₄ -N 毫克/盆	H ₂ O 克/盆
通 H ₂ S 气泡					
种水稻的 { A	77.0	3.1	400	1.8	150
{ B	76.9	8.3	400	15	33
不 种 的 { A	77.0	2.2	250		
{ B	83.1	5.5	250		
未通 H ₂ S 气泡					
种水稻的 { A	75.5	18.0	575	12.1	450
{ B	79.7	17.3	525	100	100
不 种 的 { A	73.8	4.6	100		
{ B	71.6	6.5	100		

表 2. H_2S 濃度和接触時間对于秧苗萎焉的影响

(1)

(数字表示萎焉叶的%)

(三井进午等1951)

a) 与 H_2S 溶液长期接触

S 的平均濃度 (p. p. m)	接 触 时 間 (小时)							
	0	24	43	48	66	90	139	288*
2.7	0	0	17	39	67	72	83	86
1.7	0	0	22	22	61	62	62	64
1.3	0	0	6	6	22	27	21	41
0.7	0	0	0	0	0	5	0	29
0.4	0	0	0	0	11	9	7	42
0.07	0	0	0	0	0	0	0	42*
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0

* 90 小时后接触停止。

b) 与 H_2S 溶液短時間接触 (2.9 p.p.m. S)

几小时后 接触停止	接触停止后过去的时间(小时)			
	24	48	96	240
0.5 小时	0	0	0	0
1.0 小时	0	0	0	0
2.0 小时	0	0	0	10
接触繼續 240 小时	0	0	60	67
对 照	0	0	0	0

注意：以上数字是3次重复的平均数。

由表 2 (a)(b)中可以看出，抑制作用是硫化氢濃度和接触時間的函数。假使接触時間充分长，即使在极稀的溶液中(0.07 p. p. m.)，最后也会发生叶子的萎焉現象。另一方面，假若接触