

车马牌®硼肥，助力水稻高产优质



作为植物必要的微量元素之一，硼在水稻生长的许多关键过程中发挥着重要作用，例如细胞壁合成、细胞膜功能、根系发育、花粉管萌发、花芽形成和种子形成。硼作为一种微量元素，对于植物的营养均衡以提高产量和品质至关重要。利比希最小因子定律说明了这一点，即最缺乏的营养元素，无论是大量元素、中量元素还是微量元素，都会限制产量^[1]。当水稻缺硼时，即使种植户施用了合理用量的大量元素（如氮磷钾）和中量元素（如镁），产量依然会由于营养不均衡而受到抑制。当以最佳含量施用包含硼的全部植物营养元素时，产量和品质将实现最大化。这就是平衡施肥。

与水稻缺硼相关的作物缺素症状

缺硼 (B) 会影响水稻从营养生长到生殖生长和成熟期的不同生长阶段。由于硼在水稻中相对固定，不能转移到新生长的部位，因此植物缺硼的可见症状通常最早出现在幼叶上。在水稻缺硼的初期，幼叶通常不能正常伸长，短小而狭窄。叶尖附近可能会出现泛白或黄色的萎黄病症状。随后长出的叶子将出现折叠、弯曲且几乎为白色。如果这些叶子展开，叶片的大部分将迅速干枯。随着水稻中缺硼症状的发展，较老的叶子仍保持深绿色，但之后幼叶和老叶上都可能会出现许多白色的褪绿斑点。在严重缺硼期间，新蘖仍可能会生长，但它们很快就会表现出相同的症状且发育不良。如果在穗分化期发生缺硼，植物将无法产生穗。在严重缺硼的情况下，将观察到完全无法结实。受缺硼严重影响的植株根部粗短、老朽且呈浅棕色。

除了观察可见的缺硼症状外，还可以通过土壤和植物组织分析来诊断水稻的缺硼症状。在全球的许多地区都发现了土壤缺硼情况。缺硼可能会发生在中国高度风化的酸性红壤和砂质土壤、火成岩形成的酸性土壤、海洋沉积物形成的土壤以及有机质含量高的土壤中^[2]。

发生缺硼的临界土壤水平为 0.1 和 0.7 ppm B 之间 (通过热水提取法测定)^[2]。通常，在淹水后，酸性土壤中的硼可用率降低，而碱性土壤中的硼可用率增大。在对湿地土壤排水后，pH 降低，硼被解吸并可能会浸出。

植物组织分析能够对土壤和施用的硼肥中硼的实际作物可用率进行全面的检查。在观察到明显的缺硼症状之前，它对于诊断“隐性饥饿”尤其有用。叶片硼含量的正常范围是 25 至 30 ppm B。水稻组织中叶片硼含量低于 5 ppm B 表示缺硼，而叶片中硼含量高于 40 ppm 意味着水稻植株中的硼含量高。



水稻施用20 Mule Team® 硼肥

表 1 列出了 U.S. Borax (美国硼砂集团) 的用于防治水稻缺硼症状的 20 Mule Team 硼肥。Granubor® (持力硼 15.0% B) 是在移植前撒施的掺混肥料的理想原料。

表1.20 Mule Team 硼肥产品



- 15.0% B
- 1 kg B 需要 7 kg 产品
- 2.8 mm 粒度



- 15.0% B
- 1 kg B 需要 6.7 kg 产品
- 结晶



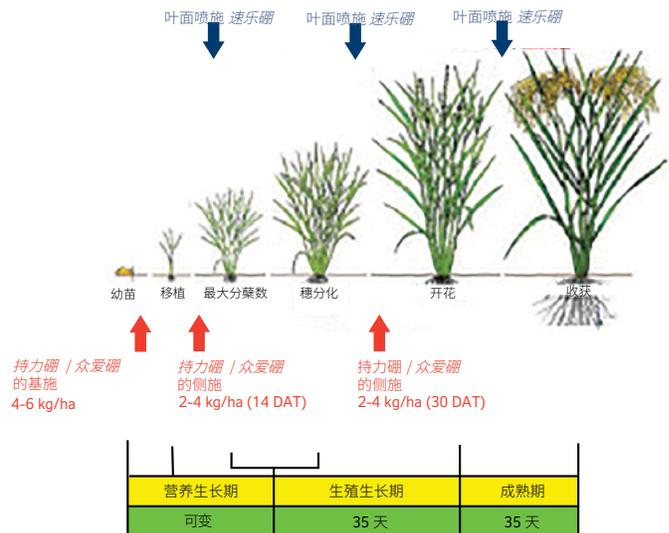
- 20.5% B
- 1 kg B 需要 4.9 kg 产品
- 粉末

Fertibor® (众爱硼 15.0% B) 在种植前撒施、侧施或出苗前种行带状喷施的肥料悬浮液中效果最好。Solubor® (速乐硼 20.5% B) 可以最灵活的方式施硼。它既可以单独溶解在水中,也可以与液体肥料和/或农药混合,然后施用到土壤或直接施用在叶片上。

图 1 显示了为水稻的不同生长阶段建议的持力硼,众爱硼,和速乐硼的施用量。对于土壤施肥,建议在种植前撒施或追肥 4-6 kg/ha 的众爱硼或持力硼。根据土壤和植物组织的硼分析结果以及发生的可见植物缺硼症状,可以再施用两次 2-4 kg/ha 的众爱硼或持力硼,一次在营养生长期达到最大分蘖数之前,另一次在穗分化之后。

叶面喷施速乐硼具有在关键水稻生长阶段(例如生殖生长阶段)提供微量营养元素硼的优点,植物几乎可以立即对施用的硼做出反应。建议的叶面喷施溶液浓度为在 15 升水中加入 10g 速乐硼。在移植后以及开花前后,将速乐硼的叶面喷施分为 3-4 次,与杀虫剂或杀菌剂一起喷施。在干旱条件下,水稻也可以选择叶面喷施速乐硼。在开花期不要叶面喷施速乐硼。尝试纠正缺硼症状时必须格外小心,否则可能会引起硼中毒。

图 1: 为提高水稻产量和品质而为水稻的不同生长阶段建议的持力硼,众爱硼,和速乐硼的施用量^[3]。DAT 表示“移植后的天数”。T 该图是在由 TH Fairhurst, C Witt, RJ Buresh 和 A. Dobermann 编辑并由 IRRI, IPNI 和 IPI 出版的 *Rice: A Practical Guide to Nutrient Management* 中的“生长阶段”基础上修改而来的。



RioTinto

agriculture-china.borax.com



实验研究表明，20 Mule Team 硼肥提高水稻的产量和品质

与硼矿石肥料相比，20 Mule Team 硼肥有更稳定的。在中国、印度和印度尼西亚进行的田间研究已广泛证明持力硼、众爱硼和速乐硼有利于提高水稻的品质和产量。

2014 年、位于浙江省的中国水稻研究所进行了一次综合全面的田间实验,目的是研究 20 Mule Team 硼肥在水稻生长发育中的作用。研究期间,在冬季休耕地上种植了杂交粳稻甬优 12 号。土壤是粘壤土,土壤深度为 0-20 cm 时的可用硼量为 0.2 mg/kg,有机物为 43.0 g/kg, pH 值为 5.3。将 Granubor 与颗粒状 16-16-16 NPK 复合肥料混合,并在移植前撒施(图 2a)。在某些处理过程中,除了在土壤中施用持力硼外,还在开花期前后在叶面上喷施了稀释溶液(喷施量为 1.8 kg/ha)(图 2b)。

图 2: 2014 年在中国浙江进行的田间试验研究的照片: (a) 在移植前撒施 持力硼; (b) 在开花期前进行 速乐硼 叶面喷施; (c) 开花期的水稻生长情况; (d) 成熟期的水稻生长情况。

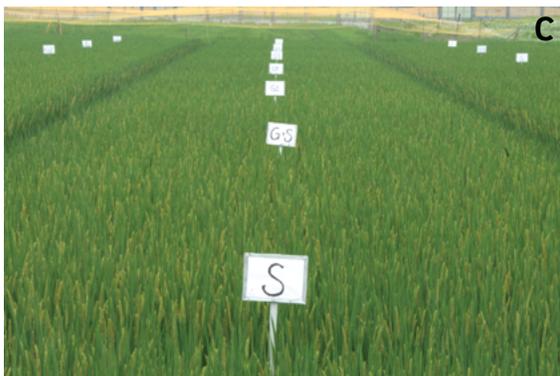
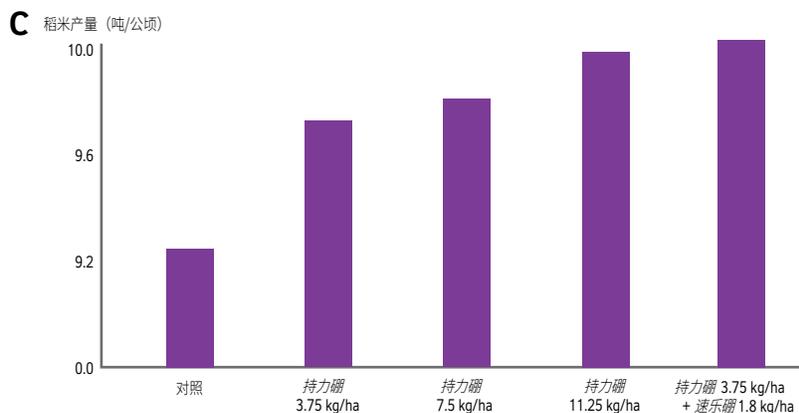
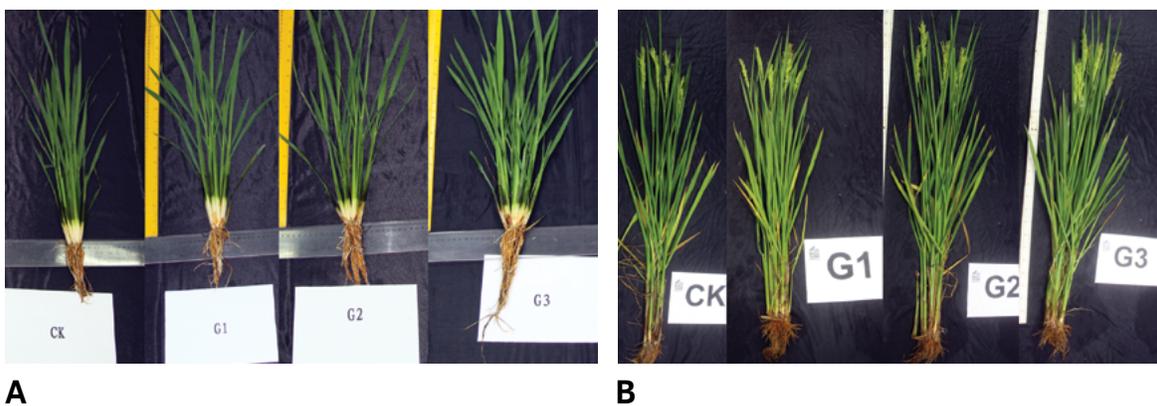




图3显示了2014年在中国进行的田间试验研究的一些重要结果。由于施用了持力硼和/或速乐硼，因此在试验中显著提高了稻米产量。尤其是在以11.25 kg/ha的施用量施用持力硼时、水稻产量比对照显著提高了7.9%。产量的大幅提高主要是分蘖数和有效穗数增加的结果,如图3所示。如果只考虑产量提高,持力硼和速乐硼在水稻生产中的经济性非常有吸引力。例如、在组合施用,即以3.75 kg/ha的施用量

施用持力硼和以1.8 kg/ha的施用量施用速乐硼,产量可显著提高8.5%,从而使价值成本比变为7.2。除了提高产量外,持力硼和/或速乐硼的施用还显著提高了稻米品质,同时减少了不利因素,例如垩白粒率(即垩白稻米占稻米总量的比例)和垩白度(即垩白面积占稻米总面积的百分比)。垩白指的是稻米的不透明部分。它不仅影响稻米的外观、而且在碾磨过程中会使稻米破碎。

图3: 2014年在中国进行的田间研究的重要结果,证明了持力硼和速乐硼对提高稻米产量和品质的好处: (a) 由于施用了持力硼,增加了水稻的最大分蘖数; (b) 由于施用了持力硼,增加了有效穗数; (c) 由于施用了持力硼和/或速乐硼,增加了稻米产量。G1, G2, 和 G3 表示持力硼的施用量分别为3.75 kg/ha、7.5 kg/ha 和 11.25 kg/ha。





致谢

我们要感谢国际水稻研究所、国际植物营养研究所和国际钾肥研究所在 *Rice: A Practical Guide to Nutrient Management* 一书中慷慨地分享了水稻生长期的图片。国际水稻研究所 (IRRI) 是一个非营利的自治国际组织。使用 IRRI 的资料在任何情况下都不得视为 IRRI 官方认可或批准本出版物中提及的任何产品、过程或服务。

参考文献：

- [1] F Salisbury, 1992, *Plant Physiology*, Wadsworth, Belmont, CA.
- [2] A Dobermann and TH Fairhurst, 2000, *Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management*. Handbook Series, Potash & Phosphate Institute, Potash & Phosphate Institute of Canada and International Rice Research Institute.
- [3] TH Fairhurst, C Witt, RJ Buresh and A Dobermann, 2007, *Rice: A Practical Guide to Nutrient Management*. 2nd Edition, International Rice Research Institute, International Plant Nutrition Institute and International Potash Institute.

关于 U.S. Borax

U.S. Borax 是 Rio Tinto 的一部分，是硼酸盐（含有硼和其他元素的天然矿物）供应和科学领域的全球领导者。我们拥有 1,000 名员工，为 500 位客户提供服务，在全球范围内有 1,700 多个交货地点。我们从位于洛杉矶东部约 100 英里的加利福尼亚州 Boron 的世界一流矿山供应 30% 全球所需的精制硼酸盐。我们率先提出现代企业生存要素，包括：

- **与众不同的矿物：** 通过对综合质量管理体系进行 ISO 9000:2001 认证，确保一致的产品质量
- **与众不同的员工：** 硼酸盐化学、技术支持和客户服务方面的专家
- **与众不同的解决方案：** 战略性库存部署和与运货商签订的长期合同确保可靠供货

