

## 养分利用率的透视

David W. Dibb 博士

钾磷肥研究所 (PPI) 总裁

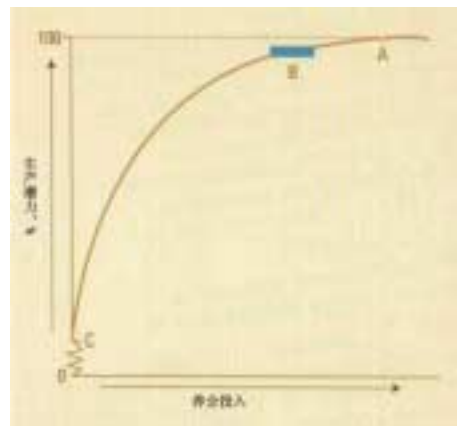
“养分利用率”这一个概念常因为被当作一个孤立的事件来看待，而没有从一个作物生产系统为整体来考虑，而被误解或者被表达得不适当。在一个整体的粮食生产系统中，我们必须要把生产过程中的每一个环节都调整到最佳状态，才能够达到高效率和经济独立的最终目标。

虽然“投入”和“资源”个别的利用率可以测得，  
但它们在一个生物系统中并非孤立地发挥作用。

养分是可由外界购买后投入的资源，可被利用的土地往往是一个受到限制的资源。有些地方，可将更多土地用于农业的生产，但这些土地往往是生产潜力有限的边际土地。开发利用这种土地将会在环境污染、野生动物栖息地的消失、游乐休闲地区的退化，或者一些被公众认为有价值的东西的消失等方面付出很大的代价。换句话说，既然生产力最大的土地已被开垦利用了，要提高这个系统效率的最有效方法是维持这类土地上产量的持续增长。如此一来，可从总体上提高整个生产系统的效率，因为受到限制的资源（土地）就单位面积农业产出来看，更具生产力。

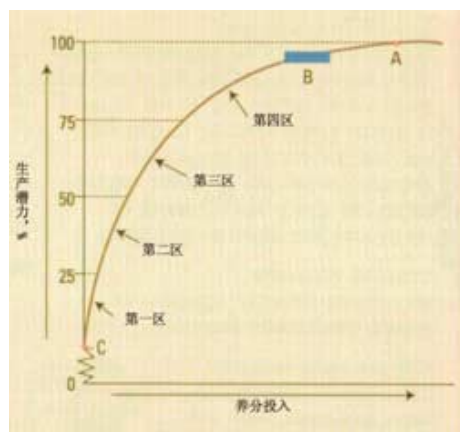
在这里，我们可以用一个典型的“作物增产曲线”的例子来说明，在一个系统的价值和最终的目标被疏忽或被遗忘了的情况下，“养分利用率”这个概念会如何的被误解。图 1 中展示出当某种或多种土壤中缺乏的养分被投入后，作物的增产曲线。Y 轴（纵坐标）代表着生产潜力的大小，当潜力产量为 100% 时，代表着所有的必需要投入可被利用的养分在数量上都已经能够满足。X 轴（横坐标）代表着在其他所有因素都不成为产量限制因子的前提下，某种必要养分的投入量。如果有任何一种必要的投入量少于最佳用量，那么所得曲线会与图 1 所示的类似，但产量的“峰值”（最高点）会偏低，而且曲线斜率会较平缓。从投入量的另一面来看，如果因某种投入量过多而引起毒害，那么曲线在出现“峰值”后不久就会急速下降，还会有其他多种的变化并可各种曲线归于一个的组群中，但组群中的每一个产量曲线都会比图 1 中的曲线为低。

在图 1 中，C 点是在不投入任何一种限制产量的养分的情况下，作物仅仅利用由土壤中固有的养分所得的产量。C 点的产量很低，代表了许多发展中国家的情况，土壤中的养分由于土壤自然风化过程中的流失，或者由于多年的种植而没有补充任何被移走的养分，使土壤变得很贫瘠。A 点是在某一生产点，在各种的投入都达到最佳值的情况下，所能达到的最高潜力产量。B 点实际上是在一个生产系统中所制定出的目标产量，它是依照生产成本和市场价格作为变量而定出的一个产量范围。这个制定出的目标产量是指在土地利用效率最高，所有其他投入和资源都相互促进，处于最佳水平的情况下所能达到的产量。目标产量应该是比最大的潜力产量（图 1



中的 A 点, 100%) 稍低。最佳经济产量也是落在这个范围之内, 它是指在某种特定种植制度下, 除去成本后净收入所能达到的最高值。

如果人为的将图 1 中曲线划分为四个区域, 从下到上依次标定为第一区、第二区、第三区和第四区 (图 2), 我们就可以很容易的来讨论“养分利用率”和“土地利用效率”这两个概念, 并将他们在发达农业和发展中农业中进行比较, 探索某些概念被误解的现象是如何发生的。



### 第一区在产量曲线的下部, 其特点是产量非常低。

土壤有效养分少, 也很少施肥。养分投入补充通常仅仅是将少量的作物残体、动物和人类的废弃物混入土中, 但这远不足以将产量提高很多。第一区曲线的陡峭部分表示出, 施用任何一种产量限制的养分都可明显的提高产量, 因为产量很低, 土地利用效率也很低。由于作物长势差、生长速度慢, 土地长时间的裸露加重了因雨水和风力的侵蚀导致的土壤流失, 因此环境问题很突出。是非而是地, 因为少量的施用某一种养分能将产量显著地提高, 那么养分利用率就会显得很高。因此, 如果养分利用率是唯一的一个目标的话, 那么这个目标就已经达到了, 但是人们还是会因为低产量所导致的粮食不足而挨饿。许多国家都落在产量曲线中的第一区内, 如非洲次撒哈拉就是个很好的例子。

Norman Borlaug 博士 (绿色革命之父) 曾指出, 中等程度的投入, 即把养分量增加 1.5 到 2.7 公斤/亩 (22.7-34 公斤/公顷), 同时采用改良的作物品种, 可以把产量提高两倍、三倍、甚至四倍。然而即使产量提高到四倍, 与峰值 (A 点) 的最高产量相比仍然很低, 它们仍处于曲线的最陡峭区域。

### 第二区是在产量曲线较高的位置, 农业开始走向现代化, 新的高产品种对投入的养分能更有效的增产。

但常会出现对氮素的不平衡使用, 而对其他养分排斥或缺乏投入, 比如说磷、钾等使作物能进一步增产的养分。虽然产量曲线的陡峭程度要比第一区为平缓, 但是养分利用率对某种单质投入的养分而言仍然很高, 比如说氮素, 而土壤中其他的养分 (如磷、钾和硫等) 则被耗竭。是非而是地, 养分利用率要比第一区低。从环境的角度来看, 作物的生长速度还是不够快。因此风 and 水的侵蚀流失仍是一个很大的问题。又由于氮素没有和磷、钾素平衡的使用, 氮的损失量也可能会很大。土地的利用率不是很好, 因为作物的产量远不如它所能达到的最高产量。印度就属于这一类型, 因为相对来说其平均产量要比其潜在产量为低。养分使用水平仅能算是中等, 但是由于政府决策和经济效益的原因, 养分的使用可以说是严重的不平衡。许多前苏联的国家被降到了这一区, 那是由于她们对养分的投入不足, 地力被耗竭, 生产力降到原来水平的 30%。以在贫瘠地区对养分投入的增产效果来衡量, 养分利用率可能会很高, 但是产量在数量上而言是在下降, 土地的生产潜力遭到破坏, 同时土地利用效率也在下降。

第三区中的产量曲线表示投入的养分仍然有很好的增产效果。产量在增加, 但曲线的斜率趋缓和。为了要达到这样的产量, 投入的各种养分之间的平衡关系要先改善, 包括了中量元素钙、镁、硫以及当地所缺乏的某些微量元素养分。各种养分之间互相促进的效果开始显现, 养分利用率更加改善。植株长势更加快速, 风和水对土壤的侵蚀流失的风险

也降低了。更多的有机物质被产出，加上好的管理方案，侵蚀流失的数量可再进一步的降低。对氮素的使用而言，由于仍然存在着一些不平衡，氮的利用率仍有待提高。中国是一个很好的例子，她的产量在过去的 10-15 年已经由第二区提升到了第三区。中国致力于促进氮磷钾施用的配比合理化，包括了对中微量元素的关注，作物的产量也相应地提高了。但在中国仍然存在着没有被发掘的增产潜力，如果养分投入的配比能再进一步走向合理化，产量还会继续增加，能把中国在产量曲线的位置再度提高，养分利用率可进一步的改善。土地利用已大幅度地提高了，同时对花费到投入上的经济回报可使整个生产系统获利。

从自然界的角度来看，有些地区得天独厚有着肥沃的土壤，其农业发展是从第三区开始起步的，如阿根廷的潘帕斯（Pampas）和美国的中西部地区。在上述两个地区，种植了多年的作物，经由收获所带走的养分并没有得到补充。如果还继续忽视养分的补充，农业生产就会从原来的第三区退化到第二区。美国早在 50 年代初期养分缺乏开始出现的时候，就注意到了养分的透支问题，并及时地修正。阿根廷刚开始步入这种退化的转折期，养分的施用量也已在增加。

**第四区位于产量曲线的最高处。**由于注意到养分的平衡施用，养分利用率十分高而且产量水平处于产量曲线的最高点，土地利用已达到了最高水平。作物生长快速并能保护土壤不遭受到风和水的侵蚀流失。产出的大量作物残体，加上适当的管理方案，可以把土壤侵蚀损失减少到最低程度甚至于完全消除。如果产量达到了“B 点的范围”，那么也就是达到了最佳经济产量，保证了整个系统的持续发展。

也许你认为，北美和西欧的发达农业归属于这一类型，也许是。然而，他们仍要环境问题，如土壤的侵蚀流失、氮和磷对地表及地下水的污染、以及经济效益而努力不懈。为什么要这样？一部分的原因是，大多数的农户还都是处于第三区顶端或第四区底部的范围，可改善的空间还是很大。无论是通过改善养分平衡，调节养分施用的时机来提高养分利用率，还是改进作物残体的处理方法来降低侵蚀流失、设立缓冲带来截取流失的养分、运用其他种种方法来增加产量和提高效率，农民总是会设法做得更好。

即使是在农业发达的国家，也只有小部分的农民能够使作物的产量达到最高潜力产量的 75-80% 以上。他们开始运用新的工具，这就是指“精准农业”中的一部分，或者更确切地说，叫做“定点精准管理”。所有这些新工具的使用都是要使养分利用率在可持续的农业生产系统中，提高到一个可被接受的水平。只有这样，农业生产才能为全世界提供足够的粮食、纤维、饲料及燃料。这就是“养分利用率”的真谛。它位于产量曲线的第四区而不能从第一区、第二区或者的第三区的位置来理解它。在整个生产系统中，只有当养分利用率这一部分调整到了最佳时，土地利用才能达到最高水平，各种投入才能得到最高的经济回报，同时环境也受到了保护。上述因素将对目前及未来农业的可持续性产生决定性的影响。

原文为英文，作者迪波博士 (Dr. Dibb)，现任钾磷肥研究所 (PPI) 总裁。住址: Norcross, Georgia, USA. E-mail: ddibb@ppi-far.org