

施肥方式（施肥位置）与肥料利用率的关系

农作物需要从土壤中吸收水分和养分，利用太阳光进行光合作用来合成生长所需的有机物进行生长。通常，仅依靠土壤中的养分是不可能满足作物正常生长的需求，为了能够使作物茁壮成长，需要从外部补充其生长不足的养分。肥料就是含有多量作物生长所需的养分，从外部施入到土壤或直接供给作物吸收利用的一类特殊物质。

大多数的化肥容易溶解于水，属于速效性肥料。一旦施入土壤后，可以迅速地溶解到土壤水分里释放出养分，形成含有高浓度养分的土壤溶液。若这些水溶性养分不能及时地被作物吸收利用，则可能会出现与其他土壤成分发生反应形成难溶性化合物，或气化挥发，或被雨水或灌溉水溶脱流失，或脱氮成为氮气等现象，丧失其作为作物养分的作用。

肥料施用后，其所含的养分不可能全部被作物吸收利用，未被吸收利用的养分通常都会出现难溶化或逸失，起不到肥料应有的作用。在农业生产上，可使用肥料利用率来评价施肥后的肥料效果。所谓肥料利用率，就是肥料施用后所含的养分中能够被作物吸收利用的百分比，其计算式如下。

$$\text{肥料利用率(\%)} = \frac{\text{作物整个生育过程吸收的养分量} - \text{土壤等供给的养分量}}{\text{施用了的肥料中所含的养分量}} \times 100\%$$

在氮磷钾三大养分里，氮是最不稳定的，容易随着雨水和灌溉水流失或溶脱，还会因土壤微生物的脱氮作用而被还原成氮气逸散。若施肥不当，不仅降低了氮肥的肥料利用率，还容易因养分流失而造成环境污染。相当多的实验结果和调查报告表明，世界主要粮食生产地区的氮肥肥料利用率在 30~50% 之间，大部分的氮养分并没有得到利用。还有调查报告证实在水田稻作和多雨地区的旱地栽培环境下，氮肥的肥料利用率往往显示出较低的数值。

磷肥在施用后容易与土壤中的活性铝离子和铁离子等发生反应，形成难溶性磷酸化合物，丧失了被作物吸收利用的可能性。这种现象称之为土壤的磷固定。日本有许多实验结果证明磷肥施用后当年的肥料利用率仅有 5~20%。特别是日本的以火山灰为母质的火山灰性暗黑土含有较多的活性铝，磷固定系数高，施下的磷肥很快就会与铝离子结合生成难溶性的磷酸铝，更加拉低了磷肥的肥料利用率。

钾肥在施用后溶解释放出的钾离子容易被土壤粘土矿物和腐植质等形成的土壤胶体吸附，不易流失，也不会形成难溶性化合物。所以钾肥的肥料利用率可高达 50% 以上，在三大养分中为最高。

提高肥料利用率不仅可以增加农作物的收获量，减少肥料的施用量和施肥次数，降低生产成本。更重要的是可以减轻因施肥带来的环境负荷，有助于保护环境和生态。影响肥料利用率的因素有肥料种类，施肥时期，施肥方式，作物种类和栽培方式，土壤种类，气象条件（主要是气温和降雨量）等多种多样，其中施肥方式，特别是肥料施入土壤后的位置与作物根的养分吸收有密切的关系，对肥料利用率有很大的影响。

作物的养分吸收基本上是通过根来进行的。养分若接触不到作物的根就不会被作物吸收。反过来，若作物根直接接触到高浓度的养分时，因为渗透压的关系，根内细胞的水分有可能被反

吸出到根外，降低了根的活力，严重影响根对养分和水分的吸收。这种现象称作浓度障害，俗称「肥料烧苗」。因此，施下的肥料所在的位置在肥料养分的有效利用和避免肥料造成的浓度障害上有重要的意义，是综合施肥技术的一个重要组成部分。

从整个耕地与肥料的施用范围来看，肥料的施肥方式可分为全面施肥和局部施肥两大类型。图 1 是全面施肥和局部施肥的示意图。

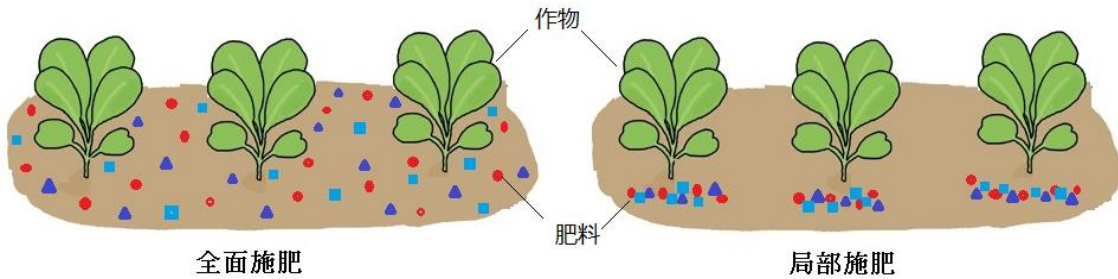


图 1. 全面施肥和局部施肥的示意图

全面施肥是指将肥料全面施放到耕地上的施肥方式。其特征是容易进行机械化施肥，施肥效率高。缺点则是若是作物的根系伸展不广，根系的分布仅限于耕地的部分区域时，施在没有根系的区域的肥料可能不会被作物吸收而造成浪费，肥料利用率不高。全面施肥根据施入的肥料在耕作土层中的位置又可以分为全面表层施肥和全面全层施肥 2 种方式。

局部施肥是将肥料集中施放在作物根系可能会有较多分布的区域里的施肥方式。其特征是肥料与作物根系的接触机会增多，肥料利用效率高。特别是根系伸展不广，根系的分布仅限于耕地的部分区域的作物能够最大限度地提高肥料利用率，减少浪费。局部施肥根据施入的肥料在耕作土层中的位置又可以分为条状表层施肥，条状深层施肥，局部全层施肥，下层施肥，育苗箱全量施肥等多种方式。

另一方面，按照肥料的施用位置与作物根之间的距离可分为间土施肥和接触施肥 2 大类。图 2 是间土施肥和接触施肥的模式图。

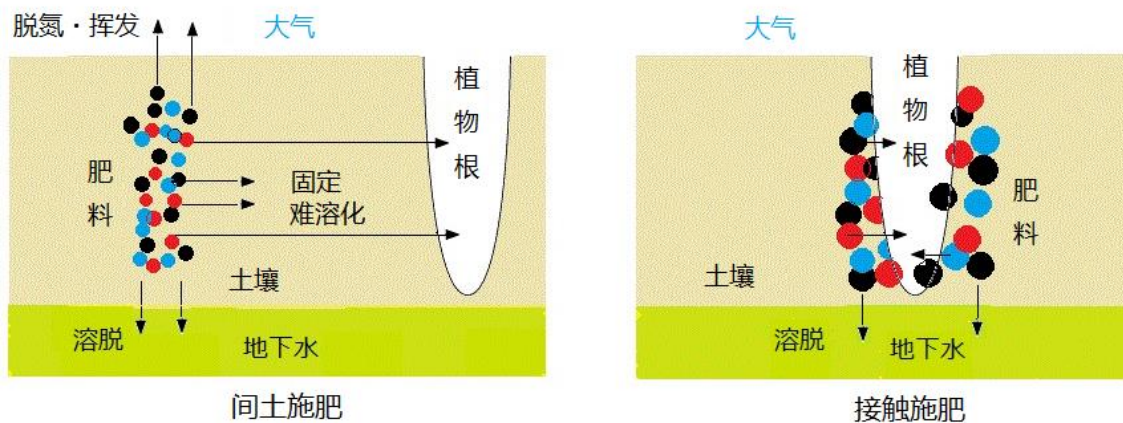


图 2. 间土施肥和接触施肥的模式图

间土施肥是施肥时将肥料施入到距离作物根有一定距离的位置，尽量不使肥料与作物的根发生直接接触，待肥料溶解后，在肥料颗粒周围先形成一个局部养分饱和的土壤溶液圈，然后其中的养分通过浓度梯度而逐渐向周围扩散，到达作物根系后被作物吸收。间土施肥的特征是，施下的肥料与作物根之间介有一定厚度的土壤，可以防止因为肥料在土壤中的迅速溶解引起土壤溶液中的养分浓度急速升高所带来的烧苗现象。间土施肥的缺点是，在肥料养分从施肥位置扩散到达作物根系的过程里，部分养分可能会出现流失，溶脱，难溶化，脱氮等现象，降低肥料利用率。

接触施肥是将肥料尽量施入到作物的根圈范围内，作物根系可以直接接触到部分肥料，待肥料溶解后马上就可以进行吸收利用。接触施肥的特征正好与间土施肥相反，作物根可以直接接触到肥料，吸收快，肥料养分的流失，溶脱，难溶化，脱氮等较少，肥料利用率高。缺点是肥料在土壤中的迅速溶解会引起作物根圈内的土壤溶液中的养分浓度快速升高，容易出现浓度障害，造成烧苗。吸收不了的过剩养分仍会出现溶脱，流失等现象。

数 10 年之前，为了避免施肥引起的浓度障害，「肥料不能施在作物根的侧旁」是日本农户的施肥常识。但是，从 1980 年代起，随着肥料制造技术和施肥技术的进步，以及对各种作物的养分需求的掌握，「肥料不能施在作物根的侧旁」的常识已经不能适应最新的施肥技术了。特别是包膜肥料等缓释性肥料的出现，使得肥料在土壤中的溶解和释放速度可以得到较精确的控制，能够较好地抑制了施肥后土壤溶液中的养分浓度急速上升的现象，减少了因施肥出现的浓度障害而造成的烧苗现象。现在更多的是提倡根据作物种类和生长阶段，在作物需要养分的时期施用所需要的养分，不过剩施肥，尽量将肥料施入到作物根圈范围内，提高肥料利用率的综合施肥技术。

本节对各种施肥方式的特征和适用范围，具体施肥方法等进行解说。