

File No. 49

农作物的养分敏感期和养分最大利用效率期

农业生产的最终目的是收获农作物的有用部分供人类食用或使用。若耕地土壤里养分不足，农作物在生长过程中不能吸收到足够的养分的话，会导致生育不良，收获物的数量和品质都会下降。为了确保收获量和收获物的品质，必须从外部追加不足的养分，使其能够满足农作物的生长需求。肥料就是含有大量养分，施用到耕地里供给农作物生长所需养分的物质。

在农作物的生长过程中，对养分的需求有 2 个关键时期。一个是农作物的养分敏感期，另一个是养分的最大利用效率期。但是，关于作物生长过程中是否存在这 2 个关键时期的说法尚未得到农业科研人员的一致认同，特别在日本的大学和研究机构工作的科研人员中持有异议的较多。但是农业技术指导员等直接在现场工作的科研人员则多数对这 2 个时期有确实的体会。

对于现代农业来说，提高肥料利用率不仅可以节省生产成本，增加农作物的收获量，还是减轻因施肥而带来的环境负荷的最重要最有效的手段。提高肥料利用率的大前提是按照农作物的生长阶段和养分需求，在最合适的时期提供最合适的养分种类和数量。能够理解农作物的生长特性和各个生长阶段对养分的需求倾向，掌握住肥料种类，施肥时期，施肥位置，施肥数量等各种要因，将它们有机地组合成综合性的施肥技术是提高肥料利用率的关键。本编对农作物的养分敏感期和养分最大利用效率期进行简单的论述。

一. 农作物的养分敏感期

农作物的养分敏感期 (sensitive period of crop nutrition) 是指在整个生长过程里有某些期间农作物会表现出对养分非常敏感的倾向。在这个时期，作物对养分的需求量不大，但养分供给不足或养分供给出现严重的不平衡状况的话，会给作物生长带来重大的障碍，表现出某种元素的缺乏症状，导致整个植株生长不良。即使以后采取措施进行追肥补充养分或纠正养分不平衡状态，也难以挽回作物的生长劣势。农作物の養分感受性期又被称为农作物的养分临界期 (critical period of crop nutrition)。

农作物的种类不同，养分敏感期也会不同。即使是同一作物，养分种类不同，敏感期亦可能有异。一般来说，养分敏感期大多数出现在作物的生育转换期，特别是在发芽期转换到幼苗期的时候。这是因为作物发芽时的养分来源是完全依靠种子里的储藏养分，发芽后长出真叶转化到幼苗时就要开始依靠自身的根从土壤中吸收生长所需的养分。这时候的幼根短，伸展范围窄，养分吸收能力弱。若土壤中的养分不足会使幼苗吸收不到足够的养分。或土壤中各种养分不平衡，养分之间出现拮抗现象，亦会阻碍对某些养分的吸收。特别是种子小，养分储藏量少的作物，其养分敏感期会明显地表现出来。而养分储藏量多的大型种子的作物，其养分敏感期则表现得不明显或不会表现出来。

另外，氮和磷是构成植物组织和器官的成分，在养分敏感期缺乏氮和磷的话，会在茎叶上明显地表现出缺乏症状。钾不直接构成植物组织和器官，只是存在于细胞液里，通过新陈代谢参与碳水化合物和蛋白质的合成，移动，储积等，在植物体内容易移动，即使在养分敏感

期也不太容易表现出缺乏症状，所以常被忽视。

以棉花为例，棉花播种后，发芽出了2~3片真叶的时期正是磷的敏感期。在这个时期若土壤中可吸收的磷养分不足的话，棉花幼苗出现生长缓慢，新叶小，叶缘和叶柄呈紫红色等缺磷症状。以后就算是追加大量的磷养分也难以扳回当初的生长劣势，成长后的植株矮小，开花数量少，棉桃小，里面的棉花纤维短。这是因为发芽消耗了棉籽中的全部养分，发芽后刚长出真叶的幼苗根系短，不够发达，从土壤里吸收磷的能力弱，若土壤缺磷的话，棉花幼苗吸收不到足够的磷，就会导致缺磷症状的出现。缺磷会对茎叶的生长造成很大的损害，给以后的果枝分化和花芽的形成留下后遗症。

棉花的对氮养分的敏感期是在着蕾期和开花前期。这个时候土壤缺氮，棉花吸收不到足够的氮养分的话，会导致大量落花落果，留下的棉桃也小，棉花纤维短等现象。这是因为棉花在着蕾期需要大量的氮养分，若不能满足生长要求的话，植株只能是按照吸收的氮量来控制结果数，多余的花果就只能放弃了。着果之后再追施氮肥也因能够留下的棉桃数量少，弥补不回损失。

玉米的对磷养分的敏感期是3叶期，即发芽后抽出了3片真叶的时期。玉米是大颗粒种子，胚乳里的养分储藏量多，发芽后到3叶期的生长基本上是依靠胚乳的储藏养分，属于从属营养生育时期。到了3叶期以后，种子的养分被消耗完毕，幼苗的永久根开始发育，进入独立营养生育时期，要靠自身的根来吸收养分供应生长。这时候若不能从土壤中吸收到足够的磷的话，就会因缺磷而在叶缘呈现出紫红色，称为紫叶症（图1）。若不能及时补充磷养分的话，茎的生长受到抑制，植株矮小，还会影响到雌穗发生数量减少，出现雌穗先端不结籽（先端不稔）等现象。



图 1. 玉米幼苗的缺磷症状



图 2. 油菜幼苗的缺磷症状

生菜和茼蒿等蔬菜因为种子很小，储藏养分不多，在发芽后长出真叶时种子养分就全部被消耗光了。因此在发芽后到长出真叶的这段时期对各种养分特别敏感，若养分不足，特别是氮不足的话，幼苗的根系和地上部的发育不良，移植后大量追肥也难以扳回生长劣势。因此，采用育苗容器和育苗专用土进行育苗，在移植前对幼苗进行1次叶面施肥对移植后的生长有很大的好处。

油菜在幼苗期对氮和磷的敏感度很高。缺氮会使得新叶萌发迟，叶片小，叶缘发红，叶中中央部变黄，整个叶片呈现出红黄色。缺磷的症状与缺氮相似，但茎和叶柄呈紫红色（图 2）。即使以后大量追肥也难以挽回初期生长的迟缓，留下成长后的油菜矮小，分枝少，开花数和果荚数，果荚内的菜籽数量都少，种子的含油率低等后遗症。

波菜和小白菜等常用直播栽培的蔬菜经常会看到菜地上看到植株生长不平衡，有些地方整片的植株偏小的现象。这是因为基肥施用不均，播种于基肥不足地点的植株在幼苗的养分敏感期里没有吸收到足够的养分，生长受到抑制，以后追肥也没能将迟缓了的生育补回来（图 3，图 4）。



图 3. 基肥施用不均导致小白菜的生长不一致



图 4. 不同基肥量下的白菜幼苗生长状况

大豆，花生之类具有大颗粒种子的农作物基本上看不出有养分敏感期。这是因为种子中的储藏养分多，幼苗尚未利用完种子内储藏养分就可以顺利地转换到吸收外部养分的独立营养生育时期，不易出现因养分不足而导致幼苗期生长不良的现象。

二. 养分最大利用效率期

养分的最大利用效率期（maximum efficiency stage of plant nutrition）是指农作物对养分的需求量达到高峰，养分吸收速度快，利用效率高，对生育和收获量有很大影响的某一生育时期。因为农作物在养分最大利用效率期对养分的吸收速度快和利用效率较高，施肥效果可以非常显著地表现出来。

农作物的养分最大利用效率期通常多出现在生长中期和营养生长与生殖生长的转换期。但因养分种类不同，亦会有移前滞后的现象。

以红薯为例，红薯的氮养分最大利用效率期是在生长的初期到中期。这是因为这个时期是地上部茎叶生长最快的阶段，需要大量的氮来合成蛋白质等构成茎叶组织。若能够充分供给氮养分的话，红薯的生长很快，蔓长叶多，叶片厚叶色浓，光合作用旺盛，能够给以后的块根膨大打好基础。但是，氮肥施用过多，特别是在生长中期以后仍大量施用氮肥，不注意补充磷钾养分的话，会导致茎叶过度徒长，收获的红薯不耐储藏，还会影响红薯的味道。因此在生长中期以后要控制氮肥的施用。磷和钾养分的最大利用效率期是在生长中期以后。在这

个阶段，地下部的块根开始膨大，需要大量的磷和钾。在这个时期能够充分地供给磷和钾的话，可以让地上部茎叶合成的碳水化合物顺利地流转到块根里，转变成淀粉储存起来，使得块根膨大快，淀粉多，纤维少，口味好。收获量也会增加。

水稻和小麦的氮养分最大利用效率期是分蘖期。在这个生长阶段，植株进行分蘖和抽出新叶，需要大量的氮养分来供给合成茎叶组织。若氮养分不足时，会导致分蘖数少，植株弱小，后期生育不良，收获量大幅度减少（图 5，图 6）。但在分蘖后期氮养分过量的话会导致无效分蘖多，茎叶徒长，容易倒伏，不利于出穗和登熟，还容易引发病虫害。磷养分的最大利用效率期是幼穗形成期和出穗期。幼穗形成和开花需要大量的磷，磷养分不足的话，幼穗发育不良，出穗后的颖花数少。钾养分的最大利用效率期是出穗期和登熟期。随着幼穗的出穗开花，储存在茎叶里的碳水化合物和氨基酸等需要流转到稻穗里形成淀粉储藏在稻谷中，需要大量的钾来调节碳水化合物等的流转。若钾养分不足的话，会影响碳水化合物和氨基酸等向稻穗的流转，收获量减少，稻米质量下降。



图 5. 氮养分不足对水稻分蘖期的影响



图 6. 氮养分不足对小麦分蘖期的影响

玉米的养分最大利用效率期是在 9~10 叶期到雄穗抽穗期之间。玉米生长进入到这个阶段，营养生长和生殖生长同时进行，根和地上部生长旺盛，茎叶急速伸长，干物质量迅速增加，同时也是雄穗和雌穗的分化形成时期，这个期间的生长状况决定了整个植株的株高和叶数，雌穗的大小和粒数。各个器官组织之间的养分争夺激烈，氮磷钾养分的需要量达到最高峰，根对养分的吸收利用，吸收后的养分在植株体内的转换同化速度也最快。在这个阶段若养分，特别是氮和钾供给不足的话，收获量一定会减少。

小白菜，波菜等叶片供食用的蔬菜类通常都是在尚未开花的营养生长阶段就被收获，不会留到开花结籽。因此发芽后或移植后到收获为止都是氮养分的最大利用效率期。被吸收了的氮供给叶片的生长，叶数和叶面积快速增加。因为没有生殖生长，磷和钾的需要量并不多，最大利用效率期也与氮养分一样贯穿于整个营养生长阶段。加上这类蔬菜的生长期不长，为

了防止养分不足和节省人工，通常多采用以氮肥为主，不需要追肥的全量基肥施肥方式。

对于农作物来说，养分敏感期和养分最大利用效率期都是最重要的养分需要时期，在这 2 个时期若养分供给不足的话，对作物生长和收获量会产生很大的影响。但作物在这 2 个时期对养分的反应有较大的差异。作物在养分敏感期虽然对养分非常敏感，但所需的养分量很少，只要满足需求就够了。并且在养分敏感期只要不会引起肥害，养分供应过量也不会对生长有不良影响。在养分最大利用效率期，虽然作物对养分的需求大吸收快，但需求量和需求期间有一定的限制，养分供给，特别是氮养分的供给超出了作物需求量或供给时期超出了养分最大利用效率期的话，就会引起茎叶徒长和延长作物的营养生长期，导致倒伏，晚熟，收获物品质下降等，给农业生产带来不良影响。

因此，在栽培农作物时，必须事先进行合理的施肥设计，在养分敏感期用基肥，在养分最大利用效率期用追肥的方式来对应满足作物的养分需求，才能达到高产优质的目的。

以上简单地说明了农作物的养分敏感期和最大养分利用效率期。但是，有些作物种类没有明显的养分敏感期，化肥种类和土壤类型也会影响到肥效出现的速度，因此必须灵活地安排好基肥和追肥的比率，肥料种类，施用时期，施肥方法等。农业生产中，如果掌握了所种植的农作物的养分敏感期和最大养分利用效率期，进行合理的施肥的话，既可以获得高产，又可以因减肥而降低生产成本，减轻因施肥而造成的环境污染，是一举三得的好事。