

## 大豆

大豆是豆科大豆属的 1 年生植物。原产地是东亚地区，但现在栽培面积最大，产量最多的则是美洲。大豆含有丰富的油脂，与油菜和花生并称为三大油料作物。大豆还含有较多的植物性蛋白质，是最重要的植物蛋白质来源。现在栽培的大豆品种可分为转基因大豆和非转基因大豆两大类。转基因大豆因为栽培容易，产量高，子实含油率高，主要用途是用于压榨食用油。非转基因大豆则作为豆腐等大豆加工食品的原料。现在，全球大豆栽培面积的 80% 以上是转基因大豆品种。

日本农林水产省 2019 年的统计数据表明，日本的大豆栽培面积 14.35 万公顷，收获量 21.78 万吨，近 20 年日本的大豆栽培面积大概维持在 14~15 万公顷，栽培面积超过 1 万公顷的只有北海道和宫城县。因为日本政府不承认转基因大豆品种，所以日本栽培的大豆全都是非转基因大豆。

根据 FAO（联合国粮农组织）2018 年的统计数据，全球大豆栽培面积 1.33 亿公顷，收获量 3.63 亿吨，最大的栽培国是美国，巴西，阿根廷，栽培的基本上都是转基因大豆。

本编对大豆的栽培和施肥管理进行解说。

### 1. 大豆的生育阶段和主要农作业

大豆嗜好温暖气候，需要在地温达到 15℃ 以上才能发芽。生育适温 20~25℃，只要气温达到 15℃ 以上，就能够正常发芽和生长。但是，大豆需要有一定的日照时间才能促使植株进行花芽分化和开花，还有部分品种具有感温性，其花芽分化受到气温的影响。因品种不同，对花芽分化和开花条件的要求也有所不同，不能一概而论。日本栽培的主要大豆品种一般在日长 14 小时前后的条件下促进花芽形成和开花，所以北海道在 5 月上旬，东北地区在 5 月下旬，关东地区以南的区域通常是作为冬小麦收获后的后茬作物在 6 月中旬~7 月上旬进行栽培。若是作为嫩黄豆食用的场合，播种到收获所需日数是 80~100 天，若是要收获完全成熟的黄豆，栽培日数则是 110~140 天。通常，纬度越高，所需的生育期间就越长。

美国是世界最大的大豆生产国家，栽培的基本上都是转基因大豆品种。通常在 5 月上旬~6 月中旬播种，9 月下旬~11 月中旬收获，生育期间大概是 120~150 天。

大豆的生育阶段分为营养生长期和生殖生长期。营养生长期又分为营养生长前期，营养生长中期，荚数决定期，生殖生长期又分为开花期，子实肥大期和成熟期。营养生长期的营养生长中期和荚数决定期与生殖生长期的花芽分化形成期和开花期重复。图 1 是大豆的生育阶段和各阶段的主要农作业示意图。

营养生长前期是从发芽到花芽开始分化为止的期间，大概是从播种开始的 30~45 天。大豆在播种后到发芽大约需要 7~14 天，因气温（土温）不同而有较大的差异，气温越高发芽越快。发芽后到长出最初的 2 片单叶为止的发芽期，幼苗生长所需的养分基本上依靠种子的储藏养分，从外部只是吸收水分而已，属于非独立营养期。单叶展开后进入独立营养期，根系开始从土壤中吸收养分来供应植株的生长需要。营养生长前期的植株生长缓慢，主茎柔软，叶色

较淡，干物重小。

营养生长中期是从花芽分化到开花为止的期间，亦是营养生长和生殖生长同时重复进行的期间，大概是播种后的 40~60 天。在这段期间内生长速度变快，若是遇上适度的降雨或灌溉以及良好天气，植株的分枝和主茎节数，叶数明显增加，叶色变浓。根瘤菌开始发挥出固氮作用。

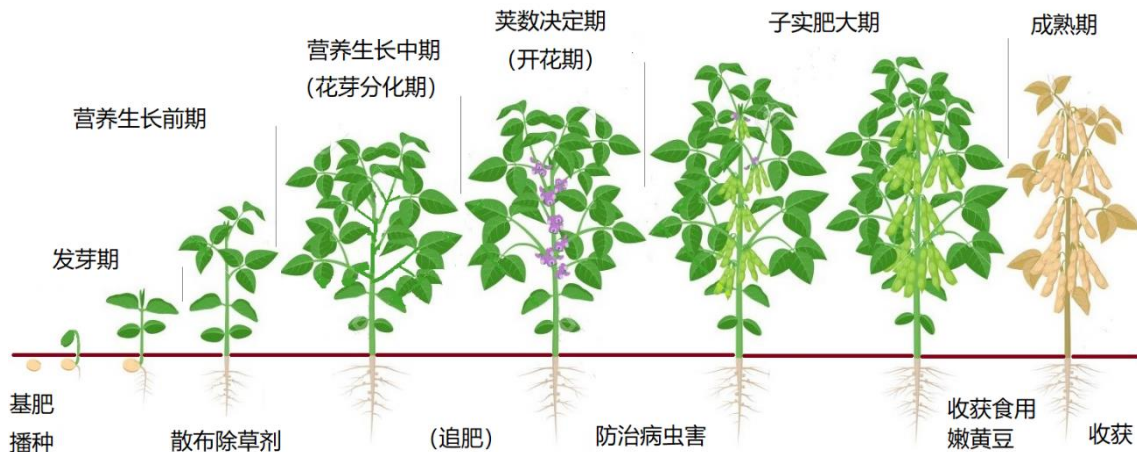


图 1. 大豆的生育阶段和主要农作业示意图

荚数决定期（开花期）是植株开花授粉和形成幼荚的期间。在这个期间植株进行开花和授粉，形成多数幼荚。在开花后期主茎停止伸长，株高达到最高，逐渐停止新的分枝。叶色达到最浓，成为成熟叶。根瘤菌固氮作用达到最高峰。

子实肥大期是从结束开花和基本完成了幼荚的伸张起到豆荚和叶片黄化成熟为止的期间。在这个期间里，主茎和分枝停止生长，不再发出新叶。叶片光合作用形成的碳水化合物流转到豆荚内转变成淀粉，油脂和蛋白质积累在子实里，根瘤菌的活性逐渐降低。在子实肥大期的末期，植株的干物重达到最大。子实肥大期初期的天气对收获量有很大的影响。作为食用的嫩黄豆在子实肥大期的后期进行收获。

子实完成了肥大后进入成熟期。在成熟期里，荚中的子实脱离束缚，在荚中呈游离状态，豆荚开始变色，呈现为褐色~黑色，叶片基本全部脱落，茎秆干燥变黄。

等到叶片基本脱落，茎秆开始干燥变黄就是收获适期。进入成熟期后 2 个星期以内是收获适期。若是过度拖延收获的话，豆荚完全干燥后会开裂导致子实掉落地面。

## 2. 大豆的生长曲线和养分吸收的关系

大豆在生育期间所吸收的养分是作为形成各组织器官和维持生理活动所需的物质。通常，被根系吸收进入到作物体内的养分在数天~10 数天后就会成为新器官组织的构成成分。因此，养分吸收曲线要比大豆的干物重增加曲线提早数天~10 数天，若将养分吸收曲线移后数天~10 数天的话，基本上与干物重的增加曲线相似。图 2 是大豆生育期间的成长曲线。

大豆在其生育期间所吸收的全养分量可以从收获物和残留茎叶的重量和所含的养分量进行

推定。根据日本的农业环境技术研究所发表的「我国农作物的养分收支」中的数据，1000m<sup>2</sup>（1.5 亩）大豆的平均收获量（干物重量）为 298kg，其中所含的养分量是氮 18.87kg，磷（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 换算）4.40kg，钾（K<sub>2</sub>O 换算）6.44kg，子实以外的地上部干物重 245kg，其养分含量是氮 1.62kg，磷（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 换算）0.44kg，钾（K<sub>2</sub>O 换算）3.07kg。即栽培 1000m<sup>2</sup>大豆，需要吸收 20.49kg 的氮，4.84kg 的磷，9.51kg 的钾。

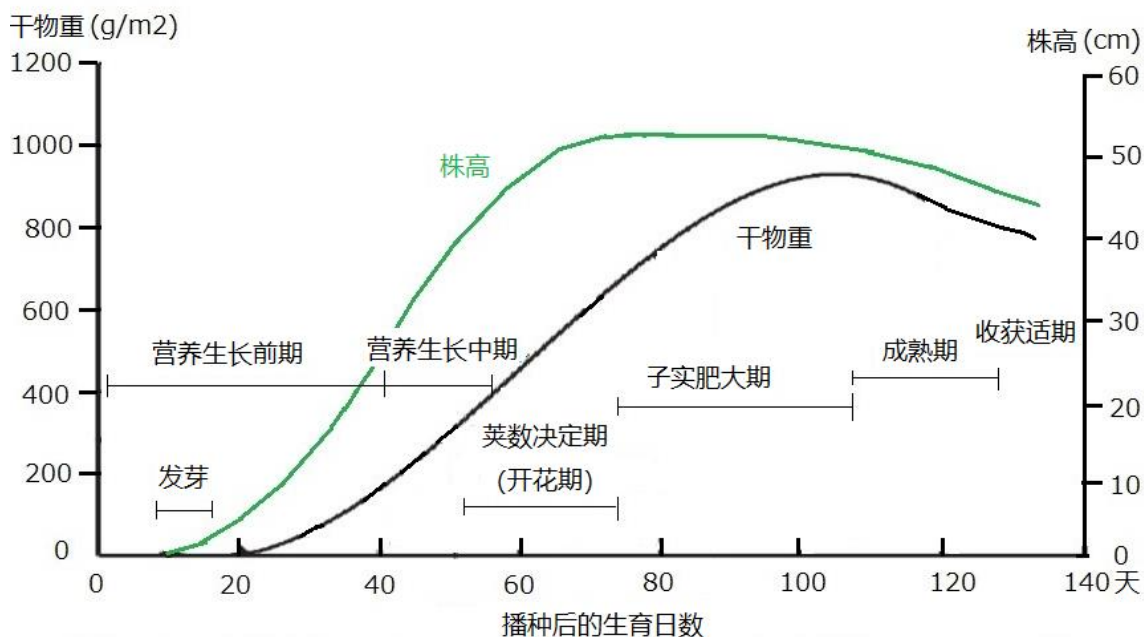


图 2. 大豆的成长曲线（株高和干物重）

但是，日本的大豆栽培农户在收获后多将茎叶留在耕地中，让其腐烂后回归土壤，加上大豆根瘤菌能够在大豆生育期间进行固氮供给大豆吸收利用，实际上需要通过施肥来供给大豆生长所需养分的数量要比上述数据低很多。根据多数实验数据表明，大豆生长期间吸收的氮养分中 50%以上是根瘤菌的固氮作用得到的氮养分，吸收的磷养分中的 30~50%是原本被固定在土壤里的难溶性磷。所以大豆生育所需的养分中，需要通过施肥来供给的大概是氮养分的 10~20%，磷养分和钾养分的 50~70%，其余的都可以从土壤或根瘤菌的固氮获得。

从发芽起到展开 2 片单叶，幼苗生长所需的养分基本上来自种子的储藏养分，从外部吸收的养分寥寥无几。其后到花芽分化前的营养生长前期，植株生长缓慢，所需养分不多，在整个营养生长前期吸收的养分量还不到全生育期间吸收养分量的 5%。从花芽分化开始后的营养生长中期起，养分吸收量快速增加，特别是氮养分的吸收量增加的很快。氮的吸收峰值是开花到子实肥大期的前期，磷和钾的吸收峰值是英数决定期。

### 3. 大豆栽培所需的施肥量和施肥管理

施用的肥料中所含的养分不可能全部都被吸收利用在大豆的生育上。有实验数据表示，施下的肥料当季利用率是钾肥可达 60%，尿素和硫酸铵等常用氮肥的利用率只是 35~50%。磷肥

的利用率更低，仅有 20~30%。但是，大豆具有共生的根瘤菌，可以固定大气中的氮供给大豆吸收。大豆的根系还可以分泌出较强的根酸，可以较好地溶解吸收土壤中难溶性磷。因此大豆的养分吸收能力较强，即使是施肥量达不到上述指标，对收获量的影响亦不会太大。反而气候条件对大豆生长的影响更大。

大豆的生长需要大量的氮养分，但是根瘤菌的固氮作用可以提供大豆生长所需氮养分的 50% 以上。幼苗长到株高 15~20cm，展开了 2~3 片真叶后根瘤菌就开始固氮。根瘤菌的固氮能力在营养生长中期到荚数决定期达到高峰，进入子实肥大期后根瘤菌的活力开始下降，在成熟期完全消失固氮能力。所以，只需要在花芽分化前能够保证幼苗吸收到足够的氮就可以了。基肥中的氮过多反而会抑制根瘤菌的活性，减少固氮量。

在日本，栽培 1000m<sup>2</sup> 的大豆需要施用 2~3kg 的氮，10~20kg 的磷和 10~15kg 的钾。常规栽培方式是将所有的肥料全部作为基肥施用，不进行追肥。尿素因为容易在发芽期引起幼苗烧苗，通常不用尿素，只用硫酸铵或磷铵来作为氮肥。但是前茬作物种类和土质，有无施用有机物等耕地的养分状态会有较大的差异，最好在栽培前进行测土，设计出最适施肥量，以免出现肥料施用过剩或不足现象。

基肥根据是否进行起垄栽培而分为局部全层施肥方式和条状深层施肥方式两种。

在透水透气性差的耕地和水田转换成旱地的栽培上多采用起垄栽培，以防土壤水分过多妨碍大豆根系的伸展和养分吸收。在起垄栽培时使用起垄施肥机在起垄的同时将肥料施入垄内特定区域，与土壤混合后进行播种。肥料不会施到垄侧和垄间，利用率高，可以减少施肥量。

实行免耕栽培等不起垄栽培时则使用条状深层施肥方式。在播种时使用施肥播种机，在播种的同时将基肥成条状施入种子侧方或下面的土层里。其特征是肥料集中在根的侧面或下层，不接触到大气，与土壤的接触面也小，可以有效地抑制氮肥的硝化作用和脱氮，减轻土壤的磷固定，肥效持续时间长，利用率高。

通常，栽培大豆不需要进行追肥。但是在初次将水田转换成旱地栽培大豆时会因缺乏根瘤菌，或是土壤过湿抑制了根瘤菌的活性等，有可能出现氮养分不足的现象。大豆在花芽分化到开花为止的营养生长中期，若出现茎叶生长不良时使用氮肥进行追肥有一定的补救效果。在这种情况下，大豆开花到形成幼荚时 1000m<sup>2</sup> 耕地追施 5~10kg 的氮，可以促进大豆生育，增加产量和改善子实的蛋白质含量。追肥可以使用硫酸铵或尿素，避免使用氯化铵。

在大豆主要生产国的美国和巴西，阿根廷等国，通常使用颗粒磷酸一铵（MAP）和颗粒氯化钾配合成 BB 掺混肥作为基肥施用，基本不进行追肥。

#### 4. 施肥管理上的注意事项

在大豆栽培的施肥管理上，需要注意以下事项。

- ① **基肥不要过量施用氮肥。** 基肥中氮肥过多的话，会抑制根瘤菌的活性，造成根瘤菌的固氮不足，影响大豆的中后期生长。大豆初期生长亦会因氮养分过多而造成徒长，茎叶过于繁盛，拖长开花期和减少开花结荚数量，生长后期还容易引起倒伏。
- ② **生长不良时应及时进行追肥。** 土壤过湿等不良的土壤环境有可能损害根瘤菌的固氮活性，

引起植株缺氮。在花芽分化后到开花前发现茎叶生长不良时，需要适时追施氮肥，可恢复正常生长，增加产量和改善子实的蛋白质含量。