上 篇

一、蔬菜育苗的意义及方法

蔬菜育苗是指移植栽培的蔬菜在苗床中从播种到定植的全部作业过程。育苗栽培是蔬菜栽培的主要特色之一，它是一项重要的、技术比较复杂的蔬菜栽培环节，特别是在非生长季节的蔬菜保护地育苗，调控技术更为复杂，作用也更显著。

(一)育苗栽培的意义与作用

育苗的实质是提前生长发育，即由于气候或茬口等原因或为了增加复种茬次而无法在本田（定植的地块）按计划时间栽培的情况下，创造可以提前或按时栽培的条件，以达到按正常栽培期或提早栽培的目的。从另一个角度看，通过育苗可以改变蔬菜栽培的早期环境，这种改变往往是在人为创造的适宜条件下实现的，因而对蔬菜的幼苗期，甚至整个栽培过程产生较显著的影响。例如，在早春保护地条件下培育黄瓜秧苗，不仅使生长发育提前，同时也给黄瓜的早期阶段创造了促进雌花发育的低温短日照条件，对改变黄瓜特别是前期的雌雄花比例产生深刻的影响。

因此，必须全面地了解与认识育苗在蔬菜栽培中的作用。

1. 育苗的生物学意义育苗的生物学意义是指由于提前生长发育后作物早期环境的改变对蔬菜所产生的内在的、本质的影响。

育苗的生物学作用是育苗作用的重要方面，影响极其深刻，但却往往被忽视，从而在育苗中不能有意识地利用这个机会创造一定条件对蔬菜施以有效的生物学影响，甚至可能造成不利的影

需要全本请访问 www.ertongbook.com

响。例如，在番茄春季保护地育苗阶段，完全可以人为地创造强光照、低夜温、高营养的良好条件，促进番茄花芽的正常分化与发育，为早熟丰产打下基础；如果没有认识或不重视在育苗期间应该而且可能给予的生物学影响，而在弱光照、高夜温、低营养的条件下育苗，则会降低秧苗素质，影响栽培效果。

从生物学角度，育苗的意义首先在于为作物生长增加积温。我们知道，无论哪种作物，整个生育期或每个生育阶段的完成必须有一定的积温数，我们通常所说的“生长期不够”实质上就是有效积温数不够。通过育苗增加积温，就是提前满足达到一定生育阶段所需的积温数，起到提早成熟或延长生长期的作用。对于通过育苗增加积温的问题，不能简单地看做是“数量”的效应，还应看到由于生育期提前而产生环境条件改变对产量形成的影响。例如，花椰菜的春季育苗栽培，不仅使“花球”形成提早，且避免了高温对花球形成及花球质量的不良影响。

育苗的另一方面生物学作用在于人工生态环境的影响，这种作用有时主要表现在“量”的方面，如提高温度、加强营养等；有时主要表现在“质”的方面，如创造适宜的温度条件，防止甘蓝的“未熟抽薹”等；有时“量”和“质”的作用兼而有之，例如，洋葱育苗栽培既有增加积温的作用，也可由于整个物候期的改变而使长日照刺激下的鳞茎膨大期处于营养生长较佳时期，有利于产量的提高。

另外，育苗的生物学作用也表现在育苗地理条件的改变而产生的影响，例如，利用夏季冷凉的高山地区培育蔬菜秧苗，秧苗病害轻，质量好；利用温泉水加温育苗可以有效地保证冬季育苗所需的温度，且降低育苗的成本。在建立大型蔬菜商品苗育苗场时，对地理条件的选择应当重视。

2. 育苗对蔬菜生产的作用从生产角度看，育苗的意义可以概括为：①缩短在本田中的生育期，提高土地利用率或延长采收期，从而增加单位面积复种指数及产量；②提早成熟，增加早

期产量，提高经济效益；③节省用种，提高本田的保苗率，有节支增收的效果；④在人为创造的良好育苗环境下育苗，可防止自然灾害的威胁，提高秧苗素质，有利于防除病虫害；⑤便于茬口安排与衔接，有利于周年集约化栽培的实现； ⑥在盐碱地种菜，应用育苗栽培法可以在一定程度上克服出土晚，幼苗生长缓慢等问题；⑦秧苗体积小，如加以保护，运输难度不大，可选择资源条件好，育苗成本低的地区异地育苗，为提高蔬菜生产的效益创造了有利条件；⑧高度集中的商品苗生产可以带动一批蔬菜种苗产业和相关产业的发展，效益也显著增高；⑨由于商品苗生产的发展，减轻菜农生产秧苗的负担及技术压力，促进蔬菜商品性生产的发展。

（二）蔬菜秧苗生产的限制条件

由上述可见，育苗是集约化蔬菜栽培的重要技术环节，效益显著。但是，也必须看到，在生产中育苗失败或效果不好的也并不少，说明搞好秧苗生产，必须克服一些存在的限制条件，为此，要组织秧苗生产，就应对育苗的作用有全面的认识和综合的评价，防止认识上的片面给生产带来的损失。

1. 育苗移栽过程中幼苗的生物学改变在育苗移栽条件下，幼苗的根系会受到一定程度的破坏或在定植后一段时间内根系吸收力减弱；原来在育苗时秧苗密集生长，定植后骤然扩大到比苗床大 30～40 倍的营养面积中生长，看来，营养面积改善对植株生长有利，但往往在密集环境下生长的秧苗，特别是弱苗经不起这样的突然变化；在保护地育苗条件下，秧苗移往露地定植时要经历生长环境，特别是温度、空气湿度、土壤条件的巨大改变。以上这一切变化最终会造成秧苗的某些生物学改变。

（1）根系发育特性的改变育苗蔬菜与直播比较，根系发育程度差异很大，前者主根较短，侧根发育也受到一定的限制，且

分布较浅；而后者则不同，主根生长较深，侧根发生较多且范围较广，不仅分布于表层，也向土壤底层发展，根系吸收面积较大。例如，一株直播的番茄根系分布直径可达 8～10 米的范围，可利用 3～5 米^3 的土壤体积，而育苗移栽番茄的根系发育显然要弱得多。

（2）植株地上部、地下部比例的改变由于根系生长受到抑制，特别是育苗蔬菜移植田间时根系损伤较重时，会造成地上部、地下部比例的严重失调，必须经过一段时间恢复生长后，叶片的同化面积和根的吸收面积之间的比例，才能达到或接近移植前秧苗所具有的比值。当然，这种比例失调的严重程度及延续时间决定于秧苗大小、根系保护情况及移植技术等条件，但不论采用何种技术，在一定程度上的比例失调是不可避免的，从而影响了植株的正常生长，与同期播种的直播苗比较，生长滞后，幼苗重量较轻。如果移植时根系破坏严重，也会由于叶片的水分蒸发与根系吸水之间的不平衡，即失水量大于吸水量而导致植株萎蔫，严重时秧苗失水死亡。

（3）幼苗生理上的改变当秧苗定植田间，株行距骤然增大时，小气候改变，风力、光照增强，空气湿度降低，幼苗水分蒸发量急剧上升，这是造成定植后难以缓苗或缓苗时间较长的主要原因。在早春保护地育苗条件下，如果秧苗在定植前未经很好锻炼，定植于露地后，幼苗的抗寒性较弱，经不起寒冷或轻霜的打击。即使经过了定植前的抗寒锻炼，其抗寒力一般也不如直播的强。据前苏联一些科技工作者报道，不用育苗栽培法栽培的番茄、甘蓝、茄子、辣椒等蔬菜抗寒性较强，生长快，番茄可耐轻霜甚至短时间的 −4～−5 ℃的低温，且抗倒伏性增强。这种抗逆性的增强与直播蔬菜的根系强壮及在自然变温条件下受到的锻炼，从而导致生理上的改变是分不开的。

2. 育苗栽培在生产上应用的限制因素除了育苗本身所需的条件外，育苗栽培在生产上的应用主要受以下几方面因素的限

制。

（1）蔬菜种类并非所有蔬菜都适合育苗栽培。根菜类蔬菜如萝卜、胡萝卜等，移植不难成活，但主根容易受损或折断，在肉质根形成时叉根及畸形根比例增加，降低产品质量；瓜类及豆类等蔬菜可以育苗栽培，但根系恢复力较弱，一般情况下苗龄不宜过大，且应注意根系保护，防止伤根过重而缓苗困难。

（2）灌溉条件一般来说，定植时灌溉是保证秧苗成活的必备条件。当然，在土壤墒情好、秧苗根系保护也好的条件下，破墒栽苗，不行灌溉也可恢复生长，但如遇天旱缺雨、土壤墒情不好或遇到干风袭击时，如栽苗时不灌水，保苗率降低，甚至成片死亡。因此，在育苗栽培中必须具有可以灌溉的条件。

（3）机械化栽培就实现机械化的难度来看，育苗栽培比直播要难得多，虽然机械化栽苗也是可以办到的事，但无论从秧苗规格上或生产技术上都受到一定的限制。

（4）秧苗运输在集中培育蔬菜商品苗时，解决好秧苗运输问题不可忽视，如果在秧苗运输工具及运输技术上应用不当，会影响蔬菜商品苗生产的发展。在现代蔬菜生产中，如果缺乏蔬菜秧苗运输应有的设施、设备或技术不到位，也是育苗栽培的一个限制因子。

（5）技术水平育苗技术水平高低，不仅影响育苗栽培面积的扩大，更主要的是关系育苗的经济效益。如果育苗的投资大，效益低，就难以达到育苗栽培的目的。经过一段训练，一般人都能育苗，但不一定都会育苗，育出的秧苗质量相差悬殊，育苗者的技术水平及其相应的条件起着重要作用。

（6）育苗投入在非生产季节育苗，如我国北方冬春严寒季节的保护地育苗，投入大小在很大程度上决定着育苗的效果，没有相当的人力、物力、资金的投入是很难达到目的的。当然，技术水平高的育苗者可以在较少的投入条件下培育出质量较高的秧苗，但育苗设施及设备、床土配制、能源的消耗、肥料、种子及

需要全本请访问 www.ertongbook.com

人工的投入都是不可缺少的，如果盲目降低育苗费用会造成秧苗的大量损失或质量降低。因此，育苗投入也是培育壮苗的一个主要限制条件。

在全面了解育苗的意义及其限制条件的基础上，要求我们对蔬菜育苗的作用以及如何进行秧苗生产有个全面的认识。归纳起来，可以得出以下看法：①育苗是蔬菜集约化栽培的重要环节，具有突出的生物学意义及生产意义，可获得可观的经济效益。②秧苗生产的目的不仅是生产出可供定植的蔬菜秧苗，更重要的是必须生产出优质的秧苗，劣质苗的栽培效果会导致蔬菜产量及产品质量的明显降低，既增加了育苗投入，又减产减值，得不偿失，甚至还不如直播的栽培效果好。③在保护地育苗条件下，蔬菜秧苗和人工生态环境的统一是培育优质秧苗的基础，投入和技术是必备的条件，创造并善于应用这些条件，就能获得育苗的良好效果。不愿或不能增加投入，是不可能培育出优质苗；盲目增加投入，育苗效益会受到影响。必须将资金投入与技术的应用捆绑在一起，按技术要求合理投入，以增加投入保证技术到位。③在大力提倡育苗栽培的同时，不要忽视直播栽培的作用，应因地、因条件制宜，根据栽培目标选择适宜的栽培方法，不断改进与提高技术，使育苗栽培与直播栽培都能获得较好的生产效果。④鉴于蔬菜育苗对投入、技术、设施等条件要求较高，从现代蔬菜生产的角度看，比较适合于较大规模的专业化生产，不仅在设施设备及技术上得以保证，由于实行规模经营，有利于实行现代化管理，有利于生产成本的降低。⑤从蔬菜商品性生产的发展规律来看，除了有相当规模的蔬菜农场具备上述条件，并在育苗上占有优势的情况下实行自育自用者外，由于市场的激烈竞争，迫使相当一部分农户愈来愈会依靠专业化、商品化的育苗中心或育苗公司供给价廉质优的蔬菜种苗，从而促进了蔬菜育苗业的形成与发展。蔬菜育苗产业的发展又必然会反过来促进蔬菜商品性生产的发展。

（三）蔬菜秧苗生产方式与方法

1. 秧苗生产的方式根据蔬菜秧苗生产的任务及所具备的条件选择与确定适宜的生产方式，依据不同的生产方式建立相适应的技术体系，运用不同的育苗方法，达到预定的育苗效果。蔬菜秧苗的生产方式可大致划分为以下几种类型：

(1) 工厂式生产在完全或基本上人工控制的适宜环境条件下，按一定的工艺流程及标准化技术进行批量的秧苗生产。这种生产方式适用于现代化大规模的秧苗生产，生产效率高，秧苗质量及规格化程度较高，要求具有完善的育苗设施及设备、现代育苗技术水平及科学的管理。在工厂式生产中，包括大规模的厂房生产，如从播种到成苗的系列机械化生产等，也包括一些特殊需要而进行的室内试管苗的生产。前者将在本书有关部分重点介绍。试管育苗法，是在室内人工控制的条件下，在试管内的人工培养基上，利用植物组织如茎、叶柄、花药等进行离体培养成苗的一种组织培养法。这种方法已应用于蔬菜和其他多种植物的生产，是现代科学在植物繁殖上的一大突破。由于所育的小苗极弱，需要在较优良的维护条件下才能逐渐成苗。因此，除特殊目的如保留种质、扩繁亲本、繁殖珍贵材料、脱毒等目的外，在一般生产用苗的培育上无需应用。

(2) 作坊式生产顾名思义，这是一种规模较小，以人工操作为主的秧苗生产方式，其规模可以小到农户组织起来联合育苗，自育自用，也可以扩展到有一定批量的生产和销售。在人工比较充裕且价廉的条件下，采用这种育苗方式可减少大量的设施、设备的投资，秧苗成本较低。作坊式秧苗生产，虽然在规模上及人工控制环境的能力上不如工厂式生产，现代化程度也不够高，但如果在经验育苗基础上加以改革，逐步向科学化、标准化方向提高，技术含量可以不断增加，秧苗质量也能逐步提高。无

论是非生长季节的冬春季保护地育苗或生长季节的露地育苗，都可以采用简易有效的设施、设备（如日光温室、遮阳网等）创造较好的育苗条件进行育苗。由于这种秧苗生产方式具有上述特定条件，在不断向现代化育苗发展过程中，会形成与工厂式不同的另一种现代秧苗生产方式，适用于人力不太缺乏而能源比较短缺的一些国家和地区。

（3）工厂一作坊式生产这是介于以上两种生产方式之间的一种中间类型的秧苗生产方式。这种生产方式的形成基于以下背景：蔬菜商品性生产的发展对蔬菜育苗的要求愈来愈高，不但育苗期不断提前，秧苗质量要好，且要求秧苗生产稳定；而在北方冬春严寒条件下，要达到上述要求，不仅需要技术的不断提高，更需要有较完善的设施、设备及较多的资金投入，这种条件并非每家农户都能具备的；为适应这种要求，解决农户“育苗难”的问题，带有服务性质的育苗中心相继建立，培育商品苗给本村、本乡、本区的农户；面对千家万户的需要，完全培育成苗出售有很大困难，而在早春育苗上风险最大、对设施设备要求较高的是育苗前期原苗（分苗前）阶段，在这种情况下出现了两段式的育苗方式。分苗前阶段由育苗中心利用其较好的设备如催芽室、电热温床及性能良好的绿化用温室等，类似工厂式生产的流程，按期按计划按标准进行小苗的培育，当小苗长到 1～2 片真叶时即转给农户，由农户自己分苗并培育成苗，因为以后气温上升，具有一般简单的设施如塑料拱棚即可。这种方式比较受农户的欢迎，农户花钱少，解决了难题，且手中有苗，心中有底。在我国南北各地都有这种方式的应用。从表面上看，这好像是由作坊式向工厂式过渡的一种秧苗生产方式，其实，即使整个蔬菜生产水平及育苗水平都提高了，这种秧苗生产方式也可能还有应用的价值。

2．育苗的方法育苗方法多种，各有特点，不同育苗方法应用于一定的育苗要求及条件。因此，不能笼统地说哪一种育苗方法好与不好，更不应认为哪种育苗方法先进与落后，关键在于

方法选用是否恰当，对某种方法是否能用好。生产及科研实践证明，只要善于选用适当的育苗方法并合理运用技术，都能获得很好的育苗效果。

可以从不同角度对育苗的方法分类：

（1）依据育苗场所及育苗条件可以分为保护地育苗（温室育苗、温床育苗、塑料薄膜棚育苗等增温防寒育苗方法）、露地育苗及保护育苗（遮荫育苗、遮雨育苗、防虫育苗等）。在保护地育苗中，依据热源不同又可以分为暖气加温育苗、暖风加温育苗、电热加温育苗、酿热加温育苗及太阳能增温育苗等。

（2）依据育苗基质不同可分为床土育苗、无土育苗。床土育苗中又可分为草炭土育苗、混合床土育苗、速成床土育苗等；无土育苗中又可分为固形基质（炭化稻壳、炉渣、沙砾、草炭、蛭石等）育苗、水培育苗（含岩棉育苗）及气培育苗。

（3）依据根系保护方法不同可分为割坨育苗、营养土块育苗、塑料钵育苗、纸（塑料）袋育苗、穴盘育苗等。

（4）依据育苗用的繁殖材料可分为一般（种子）育苗法、扦插育苗法、嫁接育苗法、组织培养法等。

实际上，在育苗中往往是将上述各种育苗方法搭配应用，例如，可以在温室中采用无土育苗法进行嫁接苗培育，可在露地遮荫棚下育苗畦内扦插育苗等。善于根据育苗蔬菜种类、育苗时期、育苗要求及具体条件选用不同的方法并将各种方法合理搭配应用是育好苗的前提与重要条件。

我国传统蔬菜育苗方法基本上是采用保护地（或露地）＋配合床土（培养土）育苗的方法。配合床土育苗可以创造良好的育苗床土理化特性，不仅通透性好、营养丰富，且具有较强的缓冲性，是一种很好的育苗方法。问题是在大规模商品化育苗条件下，这种育苗方法在实施上有很大的难度；另外，配制优质培养土对配制材料要求较高，往往由于材料不足或质量不好而降低了培养土的质量，对秧苗质量产生不利的影响。此外，在床土育苗

条件下，杜绝病虫害来源及实行标准化育苗均有一定的难度，所以，在现代化大规模育苗条件下，一般都不采用这种育苗法。

当今世界各国大规模现代蔬菜种苗场几乎都是采用大型连栋温室一室内环境自控一无土穴盘育苗一主要作业环节机械化操作的育苗方法，这种现代育苗方法已经引入我国，正在消化、吸收并结合我国的国情与条件创造一种更加适合我国普及推广的现代蔬菜育苗技术。

二、蔬菜幼苗的生育过程及其有关特性

一般来说，蔬菜幼苗的生长过程具有明确的生物学阶段，即发芽期与幼苗期两个时期；而“秧苗”是属于生产范畴的概念，是用于生产栽植的生产资料,其规格(苗龄大小)依生产需要而异，从这个角度看，又没有明确的生物学时期的界限。所以，应该认清，幼苗与秧苗的概念并不等同，后者是指用于生产的繁殖材料，前者是指处于一定生物学阶段的幼小植株。但在培育较大秧苗的条件下，二者在生育期上又大致吻合。为了便于从生产角度说明问题，以下就以秧苗代替幼苗介绍其生育过程及有关特性。

（一）蔬菜秧苗的生育阶段及其特性

培育到幼苗期结束的蔬菜秧苗大致可分为三个生育阶段：子苗期（种子发芽至第一片真叶露心），小苗期（第一片真叶露心至第一至第二片叶展开），成苗期（第一至第二片叶展开至定植）。这种人为的阶段划分的主要意义在于方便对秧苗的分段管理。子苗期是由靠种子养分生长向独立生活转变的过渡阶段，在

管理上应着重于营养的积累，尽量减少消耗；小苗期一般多指分苗前原苗阶段，秧苗相对生长速度较快，而绝对生长量不大，应创造条件培养好小苗根系，为生长打好基础；成苗期是指分苗后秧苗长成的阶段，相对生长速度有所下降，但绝对生长量不断增长，是秧苗素质的决定时期，应创造良好的综合条件，特别是改善营养条件，培育壮苗。这种划分一般只适用于育苗期较长、苗龄较大的育苗蔬菜，如果在小苗时即定植的情况下，小苗与成苗即混在一起，无法分开。另外，小苗与成苗之间也很难划出绝对的临界生态标准。因此，这种划分方法并不太严谨，但却适用于生产。

如果将生产标准与生物学标准相结合,就可以在一定程度上克服上述的弊病。现以茄果类蔬菜为例,将秧苗生育阶段划分如下：

发芽期：种子萌发至第一真叶露心（相当于子苗期）。

基本营养生长期：第一真叶露心至花芽开始分化（相当于小苗期）。

秧苗迅速生长期：花芽开始分化至第一花现蕾（相当于成苗期）。

现以这个划分标准，以番茄为例，介绍各生育阶段的主要生育特点。

1. 发芽期从种子萌发到第一片真叶露心这一阶段时间不长，但却经历了复杂的由种子到幼苗的生物学及生理生化的变化。番茄吸足水分后在适温条件下经 36 小时胚根开始伸长，发根后 2～3 天可见侧根（原始体）发生，几乎与此同时，胚轴伸长，幼芽出土。出土后 2～4 天，子叶展开，6 天左右真叶露心。在种子开始萌动后的露根、露芽、子叶展开直至真叶顶心过程中，干重呈以出苗时为最低点的 V 形变化，即出苗前种子内进行着强烈的生理生化活动，完全依靠消耗种子内养分取得能量，种子干重逐渐降低；出苗后幼苗干重逐渐上升，至真叶露心时干重大致恢复到原来种子的重量水平（图 2-1）。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

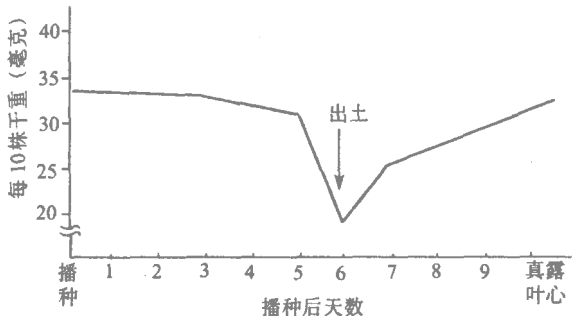


图 2-1　番茄幼苗出土前后干重变化

（葛晓光等，1980）

从图 2-1 可以明显看出，整个发芽期可分为两个分期，即发芽出土期与子苗期，前者为异养阶段，即完全依靠种子内贮存养分生活，后者为异养至自养的过渡阶段，即种子内养分即将耗尽，子叶开始进行光合作用制造营养物质。将出土前后划分开并掌握其生理特点有助于采用不同育苗措施，出土前应控制适宜温湿度，促进出土，出土后应适当降温，保持适宜的昼夜温差，既可增进昼间的光合强度，又能减少夜间的营养消耗，有效地防止秧苗徒长。特别在出土后子叶未展开前，夜间高温更易引起胚轴的伸长生长。

根系优先生长是种子发芽出土后的突出生长特点，处理间（如不同土温）差异主要表现在主根的生长速度及根系数目方面，根系总重量差异不大。种子发芽、露芽速度主要受土温的影响，而出土及子叶展开则又与气温高低关系密切。

显然，在这阶段生长中，子叶担负着最初的但却是非常重要的光合成任务。一些实验者指出，在子叶完全展开后如果损伤或摘除子叶，幼苗生长发育会受到抑制，摘除的面积愈大，时间愈早，对生育的影响愈重。子叶对幼苗生长及花芽形成的作用，主要在子叶展开后 2 周左右，如番茄，作用的时期是在 2～3 片真

叶展开前，在这期间摘除子叶，幼苗生长受到明显抑制，花芽分化延迟，着花节位上升（表2-1）。这种影响可延续较长的时间，

表 2-1 子叶摘除对番茄幼苗生长的影响

（葛晓光，1990）

处理	幼苗干重（%）		叶面积（%）
	地上部	地下部	
全子叶（CK）	100.0	100.0	100.0
摘除 1/2	78.7	89.0	89.2
全摘除	21.3	20.3	29.6

甚至一直反映到成苗的素质上。因此，培育肥大的子叶是育苗者首先应该重视的环节，它的同化量虽很微弱，但却几乎是维持由异养到自养的生理转变中惟一的营养来源，对整个幼苗的生长、发育及形态建成具有重要意义。随着叶面积的增长，子叶的作用逐渐减小。

2. 基本营养生长期基本营养生长期时间不长，进行着根、茎、叶等营养器官的生长，为花芽分化奠定营养基础。

在这阶段，地上部生长量不大，但根系重量增长逐渐加大，影响根系生长的诸生态因子的作用明显地反映在根重上。真叶展开后，幼茎长势趋于缓和，茎高生长速度不大，茎粗生长开始加快，茎粗茎高比值有所增高，这说明光合产物稍有积累，积累量逐渐加大。随着真叶的陆续展开与叶片的生长，叶面积不断扩大。只有当叶面积发展到一定程度时，花芽才有可能分化。

相对生长速度高且变化幅度大是这一阶段幼苗生长的突出特点，这在茄子（蒋先明，1963）、番茄（葛晓光，1982）等蔬菜的幼苗生育规律的研究中已得到相似的证明，如图 2-2 所示，番茄在第一真叶露心时，幼苗干重相对生长速度 $[(\ln W_2 - \ln W_1)/(t_1 - t_2)]$ 为 0.369 7，到三叶期时，下降到 0.003 4，仅 10 天左右时间，相对生长速度相差 100 倍左右，这种惊人的变化，仅靠人们的直观难以察觉。改善育苗条件并不能完全改变

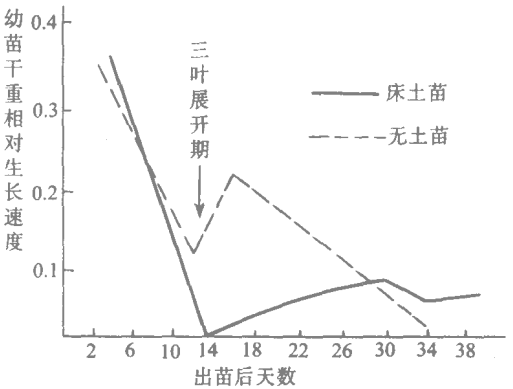


图 2-2　番茄花芽分化前后相对生长速度的变化
（葛晓光，1982）

这种规律，如图 2-2 虚线所表示的那样，肥水条件改善，三叶期时相对生长速度仍骤然下降，只不过降低的幅度小些，三叶期后很快上升，然后再逐渐下降。可见，在基本营养生长期中，幼苗相对生长速度的变化受两方面规律的制约。其一，随着幼苗生长量的增大，即时间的推移，逐渐降低；其二，花芽分化前的骤然下降，从而形成相对生长速度下降一上升一再下降的总趋势。改善基本营养生长期的育苗条件，虽然不能完全改变这种规律，但可使其变化的激烈程度降低，可以得到较高的平均相对生长速度，从而为以后幼苗的生长发育打下良好的基础。

根重百分率的变化也是这一阶段幼苗器官生长平衡改变的显著特点。总的来看，在整个幼苗生长过程中，各器官重量占全株幼苗总重量的比例依生育期而改变。例如，番茄在双真叶期，子叶干重占整株重量的比例接近 50%，随着幼苗的生长，比重逐渐下降，至八叶期时仅占 1%左右。叶片所占比重，从三叶期开始猛增，以后逐渐升高，最后维持在 60% 左右的水平，茎轴比重比较稳定，基本上是随着整株重量的增长而上升，大致占

20% 左右。值得注意的是，在三叶期时根重比值骤然下降，叶重比值猛增，几乎达到苗期的最高值。在时间上，这种变化与幼苗相对生长速度的骤然下降完全吻合，这说明，在番茄三叶期时，器官间生长的激烈调整同样是与花芽开始分化前的一系列生理、生化的变化，并为进入生殖发育做好物质准备有关。叶面积的迅速扩展及叶片重量的增长必然会出现暂时性的地上部与地下部生长的矛盾。当然，这种矛盾持续的时间并不长，随着第四片真叶的展开，根重比值上升，恢复到平均的水平。与相对生长速度的变化一样，一般正常情况下，花芽分化前根重比值剧烈变化的规律，并不因育苗条件的改善而改变，但正如表 2-2 所指出的那样，肥、水条件优越的无土苗，进入四叶期后，根重比值很快恢复到较高水平，且一直维持到成苗。

表 2-2 番茄幼苗各器官重量及其比例的变化 *

（葛晓光，1982）

床土育苗					生育期	无土育苗				
根	子叶	茎轴	叶片	全株		全株	叶片	茎轴	子叶	根
12.0	48.0	17.0	23.0	100.0	双真叶展开	100.0	18.0	17.0	50.0	15.0
3.7	24.4	20.0	51.9	100.0	三叶展开	100.0	63.4	14.0	19.0	3.6
10.0	9.0	16.0	65.0	100.0	四叶展开	100.0	55.0	17.0	12.0	16.0
11.0	3.8	18.0	67.2	100.0	五叶展开	100.0	63.0	20.0	5.0	12.0
11.0	2.8	18.0	68.2	100.0	六叶展开	100.0	67.1	18.0	1.9	13.0
11.0	1.8	22.0	65.2	100.0	七叶展开	100.0	59.3	24.0	1.2	15.0
12.0	1.0	27.0	60.0	100.0	八叶展开	100.0	54.9	30.0	1.1	14.0

以 10株总干重为 100%计算。

果菜类蔬菜一生中，只有这一段时间纯属营养生长时期，但也还在一定程度上受着即将发生的“质”的转变——生殖发育的控制或影响。除以上所述的生长规律的变化外，在植物体内有关成分方面也有着相应的变化。斋藤隆等（1967）观察了番茄由营养生长向生殖生长转变时体内碳水化合物与氮化合物含量的变化：无论是碳水化合物、全糖或多糖，在花芽分化前都较高，在

花芽开始分化期减少，此后又开始上升；而氮化合物则看不出像碳水化合物那样的变化规律，花芽分化前较多，分化后有减少的趋势；如果观察 C/N 的消长，则表现在花芽分化前较高，分化时降低，此后又升高的倾向；这种倾向在任何处理区都大致相同，但体内成分的含有率却不相同。从一些试验资料可以看出，碳氮比与花芽分化之间，似乎没有直接的因果关系，但在 C 与 N 接近一定比率条件下，两种成分越是共同增多，花数就愈多，如果 C、N 中任何一种成分偏多，花数就减少（伊东）。五岛善秋（1960）试验指出：在番茄第一花穗分化之前，核酸态磷酸的量急剧增加，叶片中氮的集积也很显著，单位蛋白态氮的核酸态磷酸浓度达到最高峰。尾形等报道，番茄由营养生长期转向生殖发育期之前，核酸态磷酸／可溶态磷酸比率，顶部 RNA-p 的含量一起表现出高峰，在这时期的前后都较小。这些资料说明，氮素、磷素代谢及核酸代谢与这种转变有密切的关系，在某种意义上也可以看做是前述生长规律变化的重要内在因素。

基本营养生长期的长短决定于两方面条件，一方面受蔬菜种类、品种基因型的控制，如早熟品种花芽分化早，基本营养生长期较短；另一方面，受育苗环境的影响。在品种一定的条件下，花芽开始分化期的早晚决定于花芽分化节位及满足一定积温数所需的天数即日均温度的高低。保证一定的营养生长基础并获得较早而质优的早期花芽是这一阶段培育壮苗的中心任务。

3．秧苗迅速生长发育期在这一生育期中，秧苗生长量逐渐增大，90％～95％的幼苗重量是在这一阶段形成。不同水平的生态因子对秧苗生长发育的影响显著，处理间秧苗生长量的差距愈来愈大，是决定秧苗实际苗龄大小及其素质的关键时期。

这一阶段秧苗生长的突出特点是基本上处于指数增大期（对数增长期），即这一生长时期的秧苗重量增长，基本上符合指数增长的公式：

$$G = G_0 e^{rt}$$

式中 G——任一时期的幼苗重量；

G_0——原有幼苗重量；

r——幼苗生长率；

t——时 间 ；

e——自然对数的底数（2.718 28）。

指数增长期即是迅速生长期，无论是生长量或生长速度，都是处于一直上升的阶段。这个公式用在生物上，其含义为有机体愈大，生长就愈快；也可认为，原生质愈多，新产生的原生质也就愈多；或者是进行光合作用的叶面积愈大，则产生的营养物质愈多，从而生长出更多的叶片或叶面积。这种基本上符合“复利定律”的现象被定义为“生长复利定律”（Blackman，1919），在一般植物的早期生长阶段（生长初期）普遍存在，蔬菜秧苗也不例外，因为，这个阶段植物处于新生状态，即新生占绝对优势；另外，群体叶面积很小，不至于相互重叠与遮荫。从数学的角度来分析，在这一迅速增长的指数时相中，以体积（叶面积、重量）的对数作为时间的函数作图时，这一时相表现为一直线；同样，以生长速度的对数作为时间的函数作图时，也是一直线。即使蔬菜秧苗处于不同环境下生长，如图 2-3所示，也改变不了指数增长的基本规律，但斜率有所不同，育苗条件较好的处理的斜率高于条件较差的（无土苗 Kw0.184 > 床土苗 Kw0.128），可以从 Kw 的差异上大致判断出不同处理对秧苗生长量的影响程度。应该指出，在秧苗迅速增长的指数增长期中，秧苗的相对生长速度还是不断下降而处于较低的水平。了解这一阶段秧苗生长的这一基本特点，目的在于因势利导，保证其快速增长的必要条件，不应过分抑制生长，防止相对生长速度的急剧下降，使其向壮苗的方向正常生长。

在秧苗迅速生长过程中，叶面积扩大有着重要的意义，因为在不遮荫条件下，秧苗干物质的积累与叶面积增长是同化产物积累的两个相互作用的因素，叶面积增长不仅为干物质积累创造了

需要全本请访问 www.ertongbook.com