

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中小學生農村教育知識文庫

現代科技與農業



农业与科技

农业是我国国民经济的基础，农业的发展对我国经济的振兴和社会安定，对人民生活水平的提高和现代化强国的建设密切相关。依靠科学技术来促进农业生产的发展是一条必由之路，这已是许多有识之士所形成的共识。农业所包含的范围很广，包括粮食作物栽培、经济作物栽培（如油料作物、蔬菜、果树、园艺花卉）、畜牧业、水产养殖等。本书主要介绍粮食作物和经济作物栽培与现代科学技术之间的一些关系和实例。

我国现代农业的基本情况

我国是 12 亿人口近 9 亿农民的农业大国，近四分之三的人口从事农业生产。建国以来，依靠社会主义制度的优越性，依靠科学技术，在约占 7% 的世界耕地面积上，基本上解决了约占世界 1/4 的人口的温饱问题，这是一个了不起的成就。特别是在党的十一届三中全会以来，农业生产实现了两个大改革和大飞跃。第一步改革是以农村联产承包责任制为中心，调动了广大农民的生产积极性，也使得许多农村劳力得以解放。粮食产量大幅度提高，农村开始搞活，农民生活水平大大提高。第二步改革是以农产品统派购制度、调整农业产业结构为中心，改变了原来农产品统购统销制度。将农业生产推向社会主义市场经济之中，进一步调动了农民的生产积极性。这两次大的改革措施，使农业生产和农业经济以前所未有的速度向前发展。

党和政府对农业的发展历来十分重视，始终把农业工作摆在各项工作的首位。从土地的使用、农民负担问题、产品结构的调整等方面相继出台法律法规给予保障。加强农业的基础建设，兴修水利，推行农业机械化，使得农业生产稳步发展。

现代我国农业的特点

耕作方式的转变：从传统的面朝黄土背朝天的精耕细作，逐渐向科学型的现代化农业耕作方式转变。

科技含量增加：农业生产中，由于现代科学技术的发展和应用，使农业生产逐渐从经验型向科学技术型转变。每一项与农业有关的科学技术的产生，都能给农业生产带来巨大的发展潜力。

集约化农业生产的形成：农业生产逐渐从个体分散经营转向集约化农业集团生产，使农业生产减少盲目性，农业资源得到更加合理的利用。

农业生产经营者的文化层次不断提高：由于对科学技术对农业生产的作用的认识，农民学科学、爱科学已形成一种良好风气。在浙江省，农村支部书记大专班、农业函授大学等相继出现。同时一些具有高级职称的知识分子亲自到农村承包大片土地，建设生态农场，取得了很好的经济效益和良好的示范作用。

尽管我们在农业生产上取得了巨大成就，但同时也应该清醒地看到存在的不少问题，12 亿人口的吃饭问题仍然是压在我们肩上的一副重担。农村经济的发展存在着明显的不平衡，农业生产中抗自然灾害的能力仍很低下，存在着明显的“靠天吃饭”现象；农业生产中的科技含量不高，科学技术从专家学者手中转到农民的生产实践中的周期过长，也就是说科学技术转化为农业生产的生产力的过程不够迅速；农业机械化水平还不高；可耕地面积的缩

减越来越严重，这主要是由于自然土地荒漠化的加剧、城市建设和道路建设的占用、土地的抛荒现象等原因所造成，保护可耕地面积的任务很重；农业资源的合理开发还没有得到解决，不少地区存在的恶性掠夺型开发现象还相当严重；环境污染，乱用滥用化肥、农药现象相当普遍。农业生产仍是任重而道远。

农业的出路在于科学技术

“科学技术是第一生产力”。第二次世界大战后，科学技术得到了飞速发展，重视科学技术，应用科学技术直接为生产服务，已经成为人们的一种共识。在利用科学技术的过程中，人们得到了好处，尝到了甜头。在当今世界各国的竞争中，科学技术和掌握科学技术的人才的竞争，往往成为竞争成败的关键。我国政府对科学技术的发展，对科技人员的培养，对科学技术在农业生产中的应用都十分重视。在“八五”和“九五”计划中，有关农业的科学技术研究成为重大课题，对有关项目优先资助，同时鼓励科学工作者从事应用性研究和推广开发性研究，促使科学成果尽快地转化为生产力，直接为农业生产服务。

农业生产的过去和现在的实践已经充分说明了科学技术对农业生产的重要性。农业生产要上台阶，必须增加其科技含量，每一项新的科技的诞生都对农业生产是一个大的促进。化肥生产技术和化肥工业的发展，是农业产量大幅度增加的一个重要原因。农药的研制、生产和使用，大大提高了农作物抵抗病虫害的能力；按照遗传规律和育种学原理与技术产生的杂交水稻、杂交玉米，对农业粮食产量的提高的作用是大家都十分熟悉的例子。1980年研制生产的植物生长延缓剂“多效唑”，解决了杂交水稻育秧与移栽时的返青问题，使杂交水稻的产量提高12%。80年代初，北京农业大学研制的“增产菌”，使得大多数农业作物增产，1986年全国21个省市在48种作物上推广应用，取得了明显效益。仅北京市农场局系统，就累计增加小麦3648万公斤，水稻2240万公斤，玉米1260万公斤，各类蔬菜400万公斤、水果600万公斤，新增产值76644万元。十年来累计为国家增产粮食150万公斤，产值100亿元。这类例子不胜枚举，科学技术在农业生产中的作用已显示出了无穷的力量。

所谓科学技术就是通过科研人员的工作，揭示或发现自然界的运行规律，以及掌握和利用这些规律的方法。因此科学技术本身并没有什么神秘的，它是一种自然规律，并非一定只有什么高智商的人才能掌握和应用。任何过分崇拜、神秘化的思想都是不可取的，广大的农民朋友是完全能够，也完全有责任学好科学技术，用好科学技术的。科学技术是第一生产力，是建立在广大的劳动者将科学技术运用于生产实践的基础上的。自然规律是不可违背的，只有劳动者真正了解了自然规律，在生产劳动中更加自觉地去符合自然规律办事，我们的劳动才会取得更加巨大的成效，也就是说科学技术成了生产力。科学技术要转化为生产力，除了专职的科研人员的努力工作外，还需要广大劳动在生产第一线的人们的积极应用。从某种意义上说，后者比前者更为重要。因此，我们要进行现代化建设，要发展生产力，除了科学工作者进一步揭示自然规律，形成新的科学技术外，更重要的是科学技术的推广和普及工作。这也是本书的写作初衷。

科学技术在未来农业中的应用

随着科学技术的飞速发展，科学技术在农业生产中的作用也将越来越大，许多高新科学技术将不断地被应用于农业生产。在今后几年中，科学技术与农业生产相结合的新的生长点主要集中在以下几个方面：

现代育种技术将继续为农业生产提供优良的种源：物理的、化学的诱变育种技术，为育种工作者提供大量的变异株系，供其选育。现代生物工程技术、遗传工程和基因工程在育种中的应用，将使育种工作者能够根据育种目标，直接导入相关的基因而产生优良品种。如将抗盐的目的基因导入牧草，使之培育成耐盐的牧草品种，使盐碱地、沙漠有望成为牛羊遍地的牧场。最近的动物克隆技术的诞生，使得培育畜牧优良品种的技术大大向前迈进。随着远缘杂交育种技术的成功，使得杂交育种中的杂种优势将更加明显。现代科学技术在育种中的贡献，将成为农业发展的最为重要的一个领域。

农业保护地生产技术将为人们提供更加精美优质的农业产品：随着人民生活水平的提高，对农产品的质量要求越来越高。反季节食品、绿色食品等相继推出，而这些成果的产生，都是建立在农业保护地生产技术的成熟、推广应用的基础之上的。农业保护地生产技术集中了植物水肥管理、光合作用、植物成花生理、植物生长调节物质、植物的抗逆性、植物生态学等众多科学技术的研究成果。保护地生产技术的应用，不仅为人们提供了优质的农产品，同时也使得生产者的经济效益大幅度提高。

植物组织培养技术的应用，将大大加速新型优良品种的繁殖和推广：目前已经成熟并开始应用于生产实践的植物快速繁殖技术，能够在短时间内为新培育的植物优良品种繁殖大量的种苗，大大缩短良种的推广过程。植物脱病毒技术生产的脱病毒苗，将对农作物的产量和质量有大幅度的提高。

节水技术的推广和应用：水是农业生产中最大的环境因子，我国又是水资源缺乏的国家，缺水干旱限制了耕种面积和农作物产量。以滴灌技术为代表的现代节水技术，将提高农业生产中的水资源利用，缓解我国的缺水矛盾。以中科院上海植物生理研究所带头的，涉及全国 20 多个省市的农业生产节水工程正在启动，成为我国“九五”重点攻关项目。

农药、化肥将继续为农业生产提供保证，植物激素将更加广泛地在农业生产中得到应用：农药、化肥、植物激素的使用将更加强调科学性，减少盲目性。从而降低农业生产成本，减少浪费和环境污染，减少农药等化学药品在食品中的残留量。

农业机械化程度更加提高：农业机械化是提高农业生产的工作效率，减少劳动力投入，保证生产农时的有效途径。我国农业机械化程度不高，先进的农业机械的生产和使用，所产生的效果将会十分明显。可喜的是对于农业机械化问题的认识，不单单是政府部门和农业科技人员的要求，广大农民也开始关注，特别是许多种粮专业户，在农业机械上的投入大幅度提高。这是我国实现农业机械化的根本保证。

集约化农业生产逐渐形成：随着联产承包责任制的日益完善和农村乡镇企业的发展，土地经营逐渐从个体分散状态向集约化状态转变，不断出现各种种植大户。集约化农业生产的形成，将使农业生产的布局日趋合理化。减少个体分散状态中生产的盲目性和随意性，降低农业生产成本，提高生产效

率，有利于农业机械化的实现和生态型模式的建成。

更加重视农业资源的保护和合理的开发利用：可持续发展的提出，对自然资源包括农业资源的保护和合理利用逐渐成为人们的共识。农业资源的再生和开发达到平衡，防止掠夺性资源开发，将是农业生产稳定发展的前提。

农业生产的法制化：随着我国社会主义法制的不断完善，农业生产中的有关法律法规日益增加，农业生产将有法可依，将受到法律的更好保护。这也是农业现代化的一个重要标志。

科学技术的发展，人们对科学技术的正确认识、掌握和应用，将使农业生产展示出更加美好的前景。

现代育种技术

“种好半年粮”，优良的品种历来是农业生产所盼望与追求的，因此育种技术的研究也一直倍受人们的重视。现代生物技术的发展为育种工作者提供了理想高效的育种手段。

种子的来历

育种学的基础知识非常丰富，它涉及到遗传学、植物生理学、植物生态学、农业气象地理学、土壤肥料学、植物保护学等众多学科的知识。还包括微生物学、生物化学、生物物理学、细胞生物学等学科的最新发展的技术与实验手段。育种工作者的知识应该是十分渊博的。育种学的真正内涵可以概括为：在充分研究遗传及变异规律的基础上，采用各种方法，促使变异的发生，并从中找出有利于人们生产需要的变异，使变异性状得到稳定的遗传，得到新品种给以推广。

遗传就是子代的性状（如高矮、抗逆性、产量、品质、生育期等等）与亲代的性状的相似程度。亲代在繁育子代的过程中，将其本身的性状传递给子代，并在子代中得以表现，遗传现象的存在才使得大自然中的物种得以稳定。即人的后代是人，水稻的后代不会成为小麦。遗传的性状是由细胞内的基因所决定的，它们主要存在于细胞核中。细胞分裂时，核内的基因通过复制，产生两份一样的基因，使分裂后的两个细胞所携带的遗传物质相同。

变异是指子代的性状不同于亲代的性状的程度。子代的性状与亲代的不同可有两种情况，一是由遗传因素发生变异造成的不同，即所谓的可遗传的变异；另一种是由于外界条件的影响所造成的，如水稻生长时肥水供应情况的不同，造成其植株的高矮，这种变异是不能遗传的。育种中所需要的变异是能够遗传的变异。在自然条件下自发地发生变异称为自然变异，它是生物进化的源动力，只有自然变异的不断产生，通过自然选择，才演变成为今天这样一个丰富多彩的生物世界。自然变异发生的频率很低，只有几十万~几百万分之一，生物进化要靠这些变异的逐渐积累。而在人们育种过程中，我们要使用各种手段，使得变异发生。只有发生众多的变异，才能为育种提供众多的选择材料，从中找到有利于人类的变异性状。

在育种知识中还应该明确一下“种”和“品种”的概念。种是动、植物学分类的一个基本单位，它代表着彼此间没有质的差异的一个生物群体。同种生物的个体间可以自由交配，能正常受精结实，产生可育的后代。它们与非同种的群体，在自然条件下，存在着生殖隔离。同种生物的个体对生存环境条件具有大致相同的要求，因而物种一般都有它一定的地理分布区。品种不是分类学上的单位，而是属于生产上应用的一个概念，育种中较多的是培育新的品种。品种是一种生产劳动的产物，它代表具有一定经济性的、比较稳定的、适应某地区的作物群体。品种的区分以其是否具有一定的经济价值作为主要的标准；品种的名称多以育种中的编号、育种的方法、性状上的某一突出特征、所处地区的地名及育种单位的名称等来命名。如由中科院北京植物所培育的桃品种“早京三号”，就表示了早熟的特性，适合北京地区栽培的地理分布特性。品种就是指某一物种品质属性的总和。育种就是指对某一物种的品质的改良和提高。

育种工作总体上可以从四个阶段来形成：

育种目标的确定：育种目标必须根据当地的自然状况、经济条件、栽培条件来确定，要符合生产实际的要求。要有比较明确的指标，就农作物育种而言，主要包括作物的产量、质量（即有效成分）、生育期、抗逆性（即抵抗病虫害的能力），以及对当地生态环境的适应程度等。就同一种作物来讲，不同的用途，所要求的品质指标往往不同。如我们在进行大麦育种时，不同用途的大麦，要求的蛋白质含量就不同。作为饲料大麦的品种，就应该选择种子中蛋白质含量高的；而作为啤酒生产的大麦品种，就要求种子中蛋白质含量较低，因为如果蛋白质含量较高，所生产的啤酒中就会有沉淀，从而影响啤酒的商品价值。育种目标的确定，必须在大量的调查研究的基础上来进行，如某地区的自然条件中，初霜冻时期较早，夏季干旱高温期较长，因此应该选择生育期短、抗寒性和抗旱性较强的品种，作为该地区育种的主要目标。育种时还必须注意品种的搭配，选育不同生育期和适应不同耕作制度的品种，如在葡萄育种时（浙江金华），在生育期上就要考虑到不同品种的组合，如生育期短，早熟的京亚、中熟的藤稔和巨丰、晚熟的白富士，而且在栽培面积的布局上也应该考虑到品种的搭配，以满足不同时期对产品的需求，产生较好的经济效益。

育种原始材料的选择：育种的原始材料指的是那些用于培育新品种的栽培植物和野生植物。专门的育种部门往往有大量的原始材料的储备。育种工作者经过对原始材料的收集、保存、研究和鉴定，不仅可以为生产直接鉴定出许多好的品种，为调种和引种提供科学依据，更重要的是为育种提供大量的亲本材料。在杂交育种中，育种的原始材料就是指用于杂交育种的父本和母本。为培育既高产又抗病虫害的品种，往往选择高产但不抗病虫害的父本和产量不高而抗病虫害能力强的母本（常常是野生品种）进行杂交，从其后代中选择我们需要的品种。在诱变育种中，往往选择产量高、品质好，但不抗病虫害的原始材料，通过诱变处理，选出既产量高、品质好，又有较强抗病虫害能力的变异植株。

方法的选择与应用：常规的育种方法包括引种、野生品种的驯化、株选与穗选、杂交育种。而现代育种技术包括了诱变育种、化学杀雄、细胞工程、染色体工程和基因工程等。引种是指人们将一些有经济价值的植物，从一个地区迁移到另一个地区的实践活动，以及所制定迁移植物的方法和措施。如1987年金华地区将日本的葡萄新品种——藤稔引种，结合当地的自然条件，总结出栽培方法，培育出大如乒乓球的葡萄，形成“金藤”葡萄品种。驯化是指人们对具有某种或某些优良品质的野生种，从自然界中取得，在人工条件下栽培，并不断地对其后代进行选育，形成优质高产的新品种的过程。野生品种往往是抗性强、耐瘠薄的品种，而产量往往不高。通过驯化让它适应人工栽培条件，既保持原有的优良特征，又增加高产的性能，达到育种的目的。关于现代的育种技术，将在下几节中单独介绍。

新品种的繁殖与推广：当培育出适合于当地栽培的优良品种，并在通过充分鉴定后，要对新品种进行繁殖，以准备足够数量的优良品种的种子供推广。良种繁殖往往要建立一定面积的良种生产基地，由专门的技术人员或有丰富经验的农民负责。一个新品种在推广前，就应该在本地区先选择一些试验点进行种植试验，一方面为再一次鉴定良种的品质，另一方面总结出该地区的栽培技术与经验，然后逐步扩大推广面积。在此还应特别提一下的是，

对于良种推广渠道的管理，各地种子公司一定要本着对广大农民朋友负责的精神，对提供的良种一定要明确其各项品质的情况，以及对本地自然条件的适应性。对于假冒伪劣种子、坑害农民的事情一定要严厉打击和预防。

诱变育种技术

诱变育种是利用物理、化学因子，促使育种的原始材料的遗传性发生变异，从而选出优良品种的一种育种方法。它包括物理的辐射诱变和化学诱变两种。

辐射诱变是指利用 γ -射线、X-射线、 β -射线、中子、无线电微波、激光、紫外线等物理因子，照射植物的种子、植株和其他器官，使它们的遗传物质发生变化，产生各种各样的变异，通常称为突变，然后选择符合人们需要的植株进行培育，从而获得新品种。化学诱变则是利用一些化学药品，来浸泡和处理植物的种子或其他器官，促使突变的发生，从而选育出新的品种。

诱变育种是相对于利用自然突变选种（穗选、株选）而言的，植物在自然条件下生长发育，由于受到各种自然条件的作用，它们的遗传物质也会发生变异。但由于自然条件下的各种引起变异的因子的强度较缓和，自然突变的频率较低，发生的变异数往往满足不了育种选择的需要，所以现代育种中往往采取较强的诱变强度，让突变的发生数大大增加，从而加快育种进程。

诱变育种的优点在于：

能大幅度提高植物的变异率，扩大变异范围：自然突变率一般在十万分之几到百万分之几，而诱变处理后的突变频率可高达 1/30 左右，比自然突变高 1000 ~ 10000 倍，同时引起的变异类型多、范围广。如印度用 γ -射线处理蓖麻，获得了生育期由 270 天缩短到 120 天的特大变异株系。

能改良品种的第一性状，而保持其他优良性状不变：对于一个具有多种优良性状而只希望改进某一两个性状的品种，采用诱变育种最为有效，它较之利用杂交育种方法相比，容易收到满意的效果。如通过辐射，把燕麦的抗锈病特性和对叶枯病易感性分离开来，培育出了抗锈病又不易感染叶枯病的新品种。

引起的变异稳定快，育种年限短；诱变处理后的子代分离少、稳定快，一般在第三代就可稳定，而杂交育种的某个性状的稳定往往要在第五到第七代。对于一年只能生长一季的农作物来说，意味着缩短育种时间 2 ~ 4 年。

能改变作物的育性，有利于杂种优势的发挥：在常规的杂交育种中，往往要用较多的时间和人力去除掉母本的雄蕊，避免自交现象的发生。用诱变处理母本的种子，可以选育出雄性不育的植株，形成雄性不育系，供杂交育种时使用。由于杂交后的第一代往往表现出杂种优势，发挥了父、母本的各自的优良品质，用它们的子一代作种子来生产，其产量及其他性状往往很好。所以我国现在大面积推广的杂交水稻、杂交玉米、杂交小麦，都取得了明显的经济效益和社会效益，为解决我国广大农民的温饱问题作出了巨大贡献。

诱变育种的中心是利用各种诱变剂提高作物的突变率。但是诱变剂的剂量是一个首先要注意的问题，并非剂量越大越好，要明白诱变剂的处理是建立在对原有细胞中的遗传物质的损伤基础上来加大突变率的，它们的处理对细胞是有伤害的。选择一定的诱变剂量很重要，诱变育种中有相应的三个名词或俗语，那就是“致死剂量”、“半致死剂量”和“临界剂量”。所谓“致

死剂量”是指经诱变处理后，引起全部植株死亡的剂量；“半致死剂量”是指经诱变处理后，成活率在 50% 的剂量；而“临界剂量”是指诱变处理后成活率占 40% 的剂量。一般诱变育种中多采用“临界剂量”作为最适合的剂量，使得诱变处理后，既能提高突变率又能保持植物的一定的成活率。因此诱变处理前常常要用少量的育种原材料进行试验，找出这三种剂量，再进行大批的原材料诱变处理。辐射诱变的单位是伦琴（r）和拉特（rad），1 伦琴是 1 克空气中所吸收相当于 83 尔格的射线能量；1 拉特是任何一克被照射的物质，在吸收射线的能量为 100 尔格时的剂量。化学诱变的剂量单位与化学药品的浓度单位一致，常用的有摩尔（mol/L）和微摩尔（ $\mu\text{mol/L}$ ）。

诱变育种时对原材料的处理部位和方法可以是多种多样的。辐射处理时，可以对种子、营养器官、花粉、子房等多种部位进行照射。以对种子处理最为常见，因为它具有操作方便，能大量处理，便于运输与贮藏，受环境条件影响小等优点。种子处理又可分干种子、湿种子和萌动种子辐射三种。干种子处理时剂量较大；萌动种子对诱变处理最敏感，使用剂量较小。化学诱变也常用化学诱变剂的溶液来浸泡种子，也有的直接用脱脂棉花吸取诱变剂后，处理植株的生长点。常见的化学诱变剂有：叠氮化钠、秋水仙素、甲基磺酸乙酯（EMS）、硫酸二乙酯（DES）、环氧乙烷、乙烯亚胺、N-亚硝基-N-乙基尿烷等。这些诱变剂对人畜有毒，使用时应小心，使用后对剩余药品应妥善处理，防止对环境的污染和人畜中毒。

诱变处理后的种子应及时播种，如果放置较长时间以后才播种，其诱变效率会随着贮藏时间的延长而降低。一般不能超过半个月。

选择合适的育种原材料，采用合理的诱变方法和剂量是重要的，但诱变处理的栽培管理和性状选择更为重要。就种子的诱变处理而言，处理后不是胚中所有细胞都发生变异，而只是胚中的部分细胞发生变异。因此，第一代植株的组织上的变异是局部的，它是一个嵌合体。同时由于诱变处理后的变异大多是隐性的，第一代不会表现出来，只有到以后各代中形成纯合型植株时才表现出来，所以第一代植株的栽培管理是首位的。种子因诱变处理后的损伤大，常常会出现种子发芽慢，出苗率低，苗期死亡率高，植株发育缓慢，生长矮化和畸形，成熟期延迟，在恶劣的环境条件下植株容易死亡等现象。为了有利出苗，要实行浅播，加强苗期管理，减少苗期死亡。

真正的选育工作是从第二代开始的，那些第一代隐性的变异陆续表现出来。对第二代群体进行选择时，要进行整个生育期的观察，当发现新的优异性状的植株，应立即对该株进行挂牌和编号，成熟时仍属优良性状的就将全株单独收获的种子贮藏，下年按株系编号播种。第二代是诱变育种工作的重点，大部分性状要在这一代进行分离，能遗传的性状也主要从这一代显现出来。为了便于观察与选育，第二代要实行穗行播种，株与株之间的距离也比常规的要大，为单粒穴播或稀条播。同时应注意栽培条件和田间管理，满足作物对水肥的要求，使其优良性状能充分表现出来。

第二代选得的优良单株，在第三代按株系种植。观察鉴定，去除那些不能遗传的形态变异株和综合性状不够理想的变异单株。对优良的、定型的株系，实行全株系收获，以后逐步升入鉴定圃，进行品种的比较试验，以确定其经济特性和产量。在继续分离的株系中，仍继续应用单株选择法选择其中的优良植株，直到品系定型为止。一般选到第四、五代后，品系就已定型，不必再继续下去了。

当品系定型的新品种产生后，经过种子生产基地的良种繁育，就可以进行推广试验。

为了探讨诱变育种的规律性，总结经验教训，也为推广工作提供足够的资料证明，在育种过程中，必须进行详细的记载。主要记载诱变原材料的名称、来源、组成（品种、杂种、品系或倍数性），诱变处理的部位与剂量、诱变剂名称，处理时的温度、湿度等处理条件，以及处理后的效应（损伤、致死性、不育性、突变率及突变体的主要性状），还应包括选育的过程，各代培育与选育时的情况等。

生物工程技术

生物工程是 60 年代发展起来的新型学科，它是以分子生物学理论为基础，结合化学、物理等学科的新型技术而产生的，它包含的内容很多。生物工程技术在农作物育种中的使用，应该是 70 年代植物组织培养技术的日趋成熟而实现的。它包括单倍体育种、多倍体育种、体细胞杂交、基因工程等多方面。

在植物细胞内，控制植物遗传性状的基因是存在于染色体上的，每个物种的染色数量是恒定的，染色体组成一个个染色体组，每一个染色体组内包括一定数量的染色体。同一组内每个染色体的形态、功能各不相同。每个染色体组内所包含的染色体数称为染色体基数，通常用 n 表示。凡体细胞内含有一个完整染色体组的生物称为一倍体或单倍体；具有两个染色体组的生物称为二倍体，自然界中多数物种是二倍体；体细胞内含有二组以上染色体的生物称为多倍体。

植物体细胞中含有来自父、母本双方的两套染色体，经过减数分裂后产生的生殖细胞仅具有一套染色体。由生殖细胞直接发育长成的植物体就是单倍体。单倍体人工诱变处理后可产生纯合二倍体。由于它们是纯合体，遗传性状得到完全表现，因此在育种中有重要的意义。如果是二倍体经过染色体加倍处理后，就会形成多倍体。多倍体往往是个体比正常二倍体的大，如果是奇数（3, 5, ……）多倍体，还可以形成雄性不育。这些在育种中同样具有重要的意义。

单倍体育种最常见的是通过花粉或花药的培养，产生单倍体植株。利用花粉培养进行单倍体育种的过程大致是：

原材料的准备。包括优良亲本的选择，花药及花粉的采集，消毒灭菌等工作；

培养基的选择与配制。不同作物要求不同的培养基，必须通过试验，才能选择出合适的培养基。其中培养基中的植物激素的种类、含量往往是成功与否的关键，特别是生长素与细胞分裂素的含量比，调节着花粉的生长发育的方向；

花粉与花药的接种。在灭菌的条件下将已灭菌的花粉或花药接种到培养基中，一般每毫升培养基接种花粉 1000 ~ 10000 粒，每管接种花药 30 ~ 40 枚；

花粉的离体培养，在一定的温度、光照时间和光照强度等培养条件下，首先诱导产生愈伤组织，再从愈伤组织中诱导分化出胚状体，并进一步生长成单倍体幼苗和植株；

染色体加倍处理、选择及鉴定。花粉植株是单倍体，不能正常结实，而要进行染色体人工加倍。一般用秋水仙素处理。双子叶植物可用 1.5 份的 0.1% ~ 0.4% 秋水仙素和一份羊毛叶脂混合调成糊状乳液，直接涂抹在单倍体植株的腋芽或生长点，促使芽的染色体数加倍；禾谷类植物如水稻、小麦，可将幼苗或新生的分蘖株基部浸在 0.04% ~ 0.1% 的秋水仙素溶液中，在 20 ~ 25 °C 下经 1 ~ 4 天后取出，用清水洗去残液，栽入土中，可获得染色体加倍的植株。这样的纯合体植株作为父或母本，供有性杂交，其子代可表现出很强的杂种优势。用秋水仙来处理形成的植株，要进行细胞的染色体数目的鉴定，来断定是否真正发生了染色体加倍。鉴定一般取 6 ~ 8 毫米的根尖，经过固定、染色、压片后，直接在显微镜下检查染色体数目。

多倍体育种的意义，除了由于多倍体植物在形态特征、生理生化特性和某些优良特性是二倍体所没有的以外，其主要的意义在于克服远缘杂交中的不孕性上。杂交育种中，父母本之间的亲缘关系越远，其杂种优势越强，如品种间、种间、属间，甚至不同科间的植物杂交，以得到杂种的优势。但是亲缘关系远的植物之间的杂交，其后代往往是不育的，其原因是子代中来自父本和母本的染色体是非同源染色体，它们在减数分裂时不能进行正常的配对，从而得不到可育的花粉。以种子为收获目标的农作物生产，如果不能结种子，则其他任何性状再好也是没有用的。因此用秋水仙素，对甲苯磺硫苯胺苯汞等化学药品，处理子代植株的腋芽或生长点，让其细胞中染色体数量加倍（异源的二倍体变成同染的四倍体），使减数分裂时染色体配对，分裂平衡，花粉与胚珠都可育，从而得到了一代的种子。这种种子具有父母双亲的优点，而且还能出现比双亲优点之和更多的良好性状，即表现出强烈的杂种优势。

体细胞杂交或体细胞融合是区别于有性细胞融合而言的。它是指以植物体细胞作为材料，通过物理或化学因子的诱导，使两个物种的体细胞融合成的杂种细胞。再进一步通过植物细胞培养形成完整的杂种植株。由于植物细胞外有由纤维素为主要成分组成的坚硬的细胞壁，直接用理化因子诱导是不可能融合的，必须把细胞降解掉，以没有细胞壁的原生质体来进行融合，因此对植物细胞来说，体细胞杂交更确切的说法应该是原生质体融合。

体细胞杂交可以得到种间、属间、科间的杂交后代，是进行远缘杂交的最理想方法。由于体细胞多为二倍体，融合后形成四倍体，其减数分裂产生的生殖细胞（花粉和胚珠）是可育的，其后代可表现出明显的杂种优势。

体细胞杂交的方法大致如下：

两种亲本的原生质体分离。一般是用纤维素酶和果胶酶处理亲本细胞，将细胞壁降解，产生原生质体；理化因子诱导融合。将亲本的原生质体混合在一起，经过化学、物理的因子诱导，使两亲的原生质体融合。如使用 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、高 pH (10.5)、聚乙二醇、电激、高温等方法，促进原生质体的融合；杂种细胞的选择。在双亲原生质体的融合中，会产生三种类型的融合细胞，除了父、母本原生质体融合外，还会发生父本与父本、母本与母本的原生质体融合。因此要应用互补选择法、离心法、分类法等方法，将杂种细胞挑选出来；杂种细胞的培养及植株再生得到的杂种细胞，在合适的培养基和培养条件下培养，可以重新生成细胞壁，经过细胞分裂产生愈伤组织，然后再分化产生胚状体，形成杂种植株；杂种植株的鉴定。在再生后的植株用于品种选育前，要进行鉴定，以确定真正是来自双亲的杂种。常

用的方法有染色体组型分析、同工酶酶谱分析、形态学分析等。

基因工程技术是将已知的控制某一优良性状的基因，从一个植物中分离出来，利用某些特殊的方法导入目标植物，使其在该植物中得以表达，产生所要的性状。它是一门现代高精尖的技术，不仅要求有高素质的人才，还要求有先进的仪器设备。该技术使得人们完全可以根据自身的需求，来随意地改变植物的性状。它包括以下几个主要过程：

目的基因的分离与纯化。在大量的生理基础研究后，找到控制某一优良性状的基因，如抗黄化叶病的基因、高蛋白质的基因、高产基因、矮秆基因等，然后通过一系列复杂的过程，将目的基因从植物体中分离出来，并进行纯化。目标植物原生质体的分离，选择具有较多优良性状，但某一性状较差的品种作为目标植物，将其细胞分离并产生原生质体。将目的基因导入目标植物的原生质体。目的基因进行一定方法的处理后，如将其接在 Ti 质粒上，或进行包装，分别通过农业杆菌 Ti 质粒的感染，或基因枪等方法，将目的基因导入原生质体。目的基因的表达，通过一系列先进的方法，来检测目的基因导入原生质体后的表达情况，如用标记基因检测法等。原生质体的培养与再生植株。通过同体细胞杂交后的原生质体培养基本相同的过程，产生转基因植株。鉴定与繁殖推广。转基因植株进行推广前，必须经过鉴定。如培育的抗盐的转基因植株，要让它长在较高盐分的培养基上，观察其抗盐的性能。只有确定已达到转基因目的后，才能进行大量繁殖与推广。

总之，现代育种技术的产生、使用，给我们育种工作带来了良好的经济效益和美好的前景。

植物组织培养技术

植物组织培养是 70 年代快速发展并趋成熟的现代生物技术,是在含有营养物质及植物生长调节物质的培养基中离体培养植物组织(器官或细胞)的技术。它的理论依据是植物细胞的全能性,即植物体的每一个细胞都有分化成一个完整植株的潜在能力。该技术在品种选育、名特优品种的快速繁殖、自然资源的保护、品种质量的提高、濒危植物种质保存等诸方面都表现出巨大的应用前景,取得了明显的经济效益。

组织培养前景广阔

植物组织培养技术一诞生就表现了强大的生命力和美好的前景。它在细胞学、遗传学、农学、生理学、生物化学等学科的基础理论研究中,成了一种常用的生物学技术;在实际应用中也发挥了巨大作用,取得了显著的经济效益和社会效益。

育种:通过组织培养技术,结合诱变育种技术,成功地培育出许多优良品种。如抗黄化叶病的大麦品种;培育出脱病毒的马铃薯、甘蔗品种,使马铃薯产量增加十多倍;选育出早熟(比母本提早 15 天)、优质(含糖量 9.5%)、高产(单果平均重 106 克)的京早三号桃(中科院植物所培育)等等,这些例子不胜枚举。

快速繁殖:应用组织培养技术可使某一个优良品种得到快速繁殖,可在一年内从一个芽或一张叶片,培养与繁殖成几十万或上百万株小苗,使得该优良品种很快得以推广。如浙江省金华婺东葡萄良种场,1990 年将日本引进的葡萄品种栽培成功后,我们通过快速繁殖,使每月的增殖系数达到 6~9,可使一个芽在一年之内产生 100 万个芽。快繁技术在花卉、果树等经济植物的优良品种繁育中,取得了良好的经济效益。

名、特、优、稀植物品种的保存与繁殖:许多名贵植物(如兰花)由于繁殖慢或困难,数量不多;而众多的野生植物(如花卉、药材)由于人们过度的采伐,变成濒危植物。这些品种的保存与繁殖越来越显得重要与紧迫。应用组织培养技术,不仅可以在实验室条件下保存种质,还可以进行工业化生产,大量繁殖来满足人类生活的需求。

无土栽培:现代正在快速推广的无土栽培技术,就是建立在组织培养的基础理论之上的,特别是无土栽培中的营养液成分,与组织培养的培养基配制基本相似。无土栽培以其高产、低成本、低污染与低有害物质的残留而倍受人们的欢迎。

快速繁殖

植物快速繁殖技术自 60 年代开始用于兰花生产以来已得到快速发展。开始时主要应用于花卉生产,现逐渐应用于蔬菜、果树等其他园艺作物,近年来又应用于造林树种的繁育上。现已有数百种植物可通过组织培养进行快速繁殖,并进行了商品化的大规模生产。其中包括用于切花生产的香石竹、唐菖蒲、非洲菊、花烛、百合、菊花等;还有兰花、非洲紫罗兰、大岸桐、杜鹃和某些蕨类植物和观叶植物;以及草莓、芦笋、香蕉、葡萄、桉树等经济

作物。在很多国家已成为一种新兴的产业。

该技术的主要优点有：

所需要的植物材料少；繁殖速度快，不管从总体上还是单位面积上，其繁殖速度都大大快于常规方法；如结合茎尖培养等脱病毒技术，可改良作物品种。

快速繁殖技术一般可分成四个阶段，即无菌培养物的建立，芽的增殖，诱导生根和试管苗的移栽。

无菌培养物的建立

要选择合适的外植体（用于组织培养的植物材料），主要有芽（顶芽为主）、叶片、带芽的茎切段等。取得的外植体首先要进行消毒灭菌工作：用自来水冲洗干净→吸水纸吸干表面水分→70%酒精浸5~10秒→无菌水冲洗→2%~10%的次氯酸钠溶液浸泡6~15分钟→无菌水冲洗三次→接种于培养基上。

培养基是组织培养成功与否的关键，不同的培养目标可选择不同的培养基。常见的有MS、LS、B₅、Nitsch、White等培养基，它们的主要成分可分为五大类：

无机营养物，有氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、硼、锰、锌、钼、铜、钴等矿质元素，相当于日常植物栽培中的肥料所含的物质；碳源，主要有蔗糖、葡萄糖、果糖等，相当于光合作用所生产的营养物质；维生素，它们有利于离体培养物的发育，有维生素B₁、维生素B₆、生物素、烟酸、肌醇芽；有机附加物，有椰子汁、果汁、琼脂等；生长调节物质，主要有生长素和细胞分裂素，它们的比例调节着培养物的生长与分化方式，当生长素和细胞分裂素比例低时，有利于芽的生长与分化，当其比例高时，有利于根的诱导。

培养基配制好后，装在三角烧瓶或试管等玻璃容器中，加上棉花塞（或铝铂纸）后进行高压灭菌。高压灭菌一般在高压锅内进行，在120℃，1.1公斤/厘米²压力下，保持15~20分钟。灭菌后的培养基可用于接种培养物，或在10℃下保存备用。

灭菌后的外植体在无菌箱（或超净工作台）上接种到灭菌后的培养基上，然后放置于培养室中培养。培养过程要求一定的光照时间（如16小时/天）、光照强度（2000~5000勒克斯）和温度（20~30℃）。不同的植物，不同的培养目的对培养条件的要求不同。

芽的增殖

芽的增殖是快速繁殖技术最重要的一环。芽增殖的途径主要有两条：

促进侧芽的形成和生长。高等植物的每一个叶腋中都存在一个腋芽，在正常情况下，由于植物的顶端优势现象，腋芽生长慢或休眠，在培养基中提高细胞分裂素的含量，可以打破腋芽的休眠，促进侧枝生长。由于顶芽和侧枝的生长，形成众多的腋芽，在细胞分裂素的作用下又可快速生长，形成新的侧枝，这样在短时间内可形成丛生的侧枝群，将侧枝反复切割并接种到新的培养基上进行继代培养，就可在短期内得到大量的芽。如葡萄的快速繁殖中芽的增殖率可达到6~9个/月，而草莓则每两周可增加10倍左右，从一个芽开始，一年内可增加到几百万个。诱导胚状体的形成。胚状体是组织培养中形成的类似于种子中胚的结构，有胚芽、胚根构成的植株的稚型。外植物在含有丰富的还原态氮的培养基上，在有生长素特别是2,4-D存在

时，可诱导产生胚状体的发生，然后转移到低浓度或没有生长素的培养基上使胚状体成熟，并生长成小苗。诱导胚状体产生的途径比诱导侧芽形成和生长的途径，其繁殖速度更快，并且省去了诱导生根这一步，可直接长成试管苗。

诱导生根

通过侧芽途径产生的芽长成嫩枝后，需诱导生根，成为小植株才能移植。草本植物一般比木本植物容易生根。一般在培养基中加入适量的生长素（浓度在 0.1~10.0 毫克/升），使用最多的是萘乙酸，其次是吲哚丁酸。在诱导生根时还要减低无机营养物的浓度（常使用 1/2、1/3 或 1/4 浓度），蔗糖浓度也由原来的 30% 下降到 1.0%~1.5%，以增强植株的自养能力。同时相应增加光照强度到 3000~10000 勒克斯，以形成壮苗。

移栽

在移栽过程中试管苗要从一个无菌的，光照、温度恒定，湿度饱和的培养条件下转移到一个有菌、环境条件不稳定的环境中。试管苗要从异养转变为完全自养，叶片光合作用能力和根系的主动吸收能力需要逐渐发展，叶片和茎枝表面的保护层需要逐渐形成。在这样一个生长条件剧烈变化的过程中，需要小心控制环境条件，逐步向自然环境过渡。

在移苗前 5~7 天将瓶盖去除进行炼苗，移栽时注意保护根系，洗去根系上的琼脂，种于锯末或细砂并含有少量营养物的人工基质中，覆盖塑料薄膜，避免阳光直射和过大的温度波动。待幼苗逐步锻炼，长出 2~3 片新叶后，再移到土壤中定植。注意肥水管理和病虫害的防治。

赶走植物体内的病毒

近年来，为提高复种指数和土地利用率，以温室栽培为代表的保护地栽培面积不断扩大，使得植物能全年生长，许多蔬菜与水果的生产改变了原有的季节性，方便和改善了人们的生活。但随之而来的植物病的发生率快速增加，其中由植物病毒引起的病毒病最难控制。病毒的危害是多方面的，侵染的病毒使寄主代谢异常，植物激素的正常平衡受到破坏，造成植物生长的抑制或形态畸变，产生皱缩、花叶、杂斑等症状，产量大幅度下降，品质（如花卉的花数、花色，果实的商品性）变劣。病毒对无性繁殖的作物，如薯类、甘蔗、花卉、林木和果树等危害尤甚。这些植物受病毒侵染后，由于病毒能分布周身，经繁殖用的营养器官传至下一代，一经侵染，能随繁殖代数的增加，绵延不绝，日益增加。据调查，我国目前栽培的农作物中，几乎找不到没有病毒感染的品种，像马铃薯受侵染的病毒有三十多种。解决病毒病的问题已成为农业生产继续发展的必须解决的问题。

目前治疗病毒病的方法主要有三种类型：

物理学方法：采用 X 射线、紫外线、超短波和高温等物理因子，使病毒失活钝化。而热处理是最常用的方法，它是依据病毒和寄主细胞对高温的忍耐性不同，选择适当的温度和处理时间，使病毒失活而寄主仍然存活，从而达到治疗的目的。目前在南方的甘蔗产区，数以万吨计的甘蔗种用热处理来消除体内病毒，提高甘蔗的产量与产糖量。

热处理是将植物材料（如甘蔗种）置于热处理箱中，在 35~40℃ 下处理一定时间，不同的植物种类及器官，其处理时间长短不同。短的几十分钟，

长的几个月。在开始几天，处理的温度逐渐上升，采取变温交替和辅助光照，保持一定的湿度，既杀病毒又使植物细胞存活。热处理法在马铃薯、甘蔗及花卉上已普通使用，取得明显效益。

化学方法：使用农药是防治真菌和细菌病害的主要方法，从理论上讲，也应该是防治病毒病的有效途径。有不少化学物质能抑制病毒的复制，如孔雀绿、硫尿嘧啶、8—氮鸟嘌呤等，能抑制病毒的核酸及蛋白质的合成，抑制病毒的复制。但是由于病毒是寄生在植物细胞内，并利用植物细胞内合成蛋白质或核酸的系统，来复制病毒，使用以上病毒复制的抑制剂，对植物细胞合成蛋白质或核酸也同时产生抑制作用，即没有专一性。这样一来，所用化学药品杀灭病毒的同时，也将植物细胞杀死。目前还没有找到一种能专一性抑制病毒复制而又不影响植物细胞生长的化学药品。所以应用化学方法来治疗病毒病应该说只是存在着潜在的可能性，还没有得以应用。

生物学方法：有些病毒不能侵染种子，通过有性繁殖使种子能排除大多数病毒，达到复壮的目的。但许多园艺作物只能靠无性繁殖来繁衍后代，靠种子来复壮无法实现。1943年怀特发现病毒在植物体内分布不均，他发现在根尖和茎尖没有病毒存在。后来证实病毒是靠输导组织（维管束）来传播的，根尖、茎尖等分生组织部分由于没有分化，病毒无法浸染。1952年法国人莫勒尔和他的同事们，用大丽花的茎尖为材料，培育生产了脱病毒植株，以后又在马铃薯等多种作物上获得成功。到70年代，茎尖培养生产脱病毒苗已成为最常用和有效的方法之一。茎尖培养产生无病毒植株的过程见图。

应用茎尖培养生产脱病毒苗过程中，影响茎尖成活的因素主要有：

茎尖的大小。一般来说离体茎尖愈大，愈易培养成活，但病毒也越难除去。一般是用带1~2个叶原基的茎尖来培养，生长点附近的组织尽量少带。这样的茎尖既保证一定的成活率，又能排除大多数病毒。培养基成分和培养条件。基本培养基中提高铵盐和钾盐的浓度，有利茎尖的成活；植物激素的种类和浓度对茎尖生长和发育有重要作用。常用的细胞分裂素是6—苄基腺嘌呤，浓度为0.05 ppm；常用的生长素是萘乙酸，浓度在0.1~1ppm之间。植物激素的浓度可根据茎尖生长的情况进行调节。

茎尖培养产生无病植株实际应用的大体过程

外植体的准备：取健壮的嫩枝，去叶后切取顶部 1.0~1.5 厘米的切段，先用肥皂水洗净，再在 1%~2% 的安替福民溶液中灭菌 10~15 分钟，用无菌水冲洗 3 次，将灭菌后的茎段接种在 1/2 的 Anderson 无机盐+2 毫克/升异戊基腺苷+ 0.5 毫克/升吲哚乙酸，3% 蔗糖的液体培养基中培养。几周后侧芽生长到 1~2 厘米。

Anderson 培养基配方（单位：毫克/升）：

NH_4NO_3 400, KNO_3 480, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 370, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 16.9, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 8.6, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 440, KI 0.83, COCl_2 0.83, H_3BO_3 6.2, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 380, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 55.7, $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 74.5, 维生素 B_1 0.4, 肌醇 100。

第一阶段的继代培养：将上述 1~2 厘米的侧芽切下后接种含有 1.5 毫克/升异戊基腺苷+4 毫克/升吲哚乙酸的 1/2 Anderson 培养基中，当新的嫩枝产生时，形成大量的不定芽。这些芽切割后在相同培养基中连续继代培养几次。

第二阶段的继代培养：这一阶段将得到的芽或嫩枝接种在 1~15 毫克/升的异戊基腺苷+0.5~4 毫克/升吲哚乙酸的 Anderson 固体培养基中（加 0.8% 琼脂），激素浓度按品种而异。每二个月每个培养的芽就可生长成 20~40 个嫩枝。

生根和移栽：有两种方法可使用，一是将嫩枝直接扦插于自然条件下的人工基质中（砂、蛭石、锯末等），保持湿度，促使生根。另一种方法是转移到 1/3 Anderson 培养基中，除去异戊基腺苷和碘化钾，加 0.5 毫克/升吲哚丁酸和 600 毫克/升的活性碳，一个月后就可产生根系。培养基的 pH 值为 4.5。幼苗移栽后要保持高湿度，防止高温和阳光直射，土壤或人工基质的通气性良好，以利于幼根的生长，提高幼苗移栽的成活率。

例 2. 葡萄脱病毒苗的生产

从葡萄园中采取刚萌芽的茎尖（1~2 厘米），用 1.2% 次氯酸钠+ 0.1% “吐温 20” 表面消毒灭菌 10 分钟，用无菌水冲洗 3 次，在超净工作台上，双筒解剖镜下进行仔细剥离。用自制的解剖针（最细的绣花针固定在玻棒上即可）效果较好，剥去幼叶，露出圆滑的生长点，用自制的解剖刀（取双面刀片的一部分固定在玻棒上）仔细切取所需的茎尖，随即接种于培养基中。茎尖为 0.5~1 毫米，带 1~2 个叶原基；培养基为 MS 配方，加入大量元素、微量元素、甘氨酸和维生素，加入 3% 蔗糖，0.8% 琼脂，pH 调为 5.8，0.1mg/L 的萘乙酸和 1.0mg/L 的 6-苄基腺嘌呤。

热处理是将上述接种的茎尖，立即放置于 27℃，光照 15 小时加 35℃，黑暗 9 小时的条件下培养，经 7 天热处理后，转移至 25℃ 下，光照 15 小时的条件下培养。经过 21 天的培养，茎尖生长，出现小叶片，成为 2 厘米左右的小茎段。

在培养至 18、21、25、31 天时分别取样，在 6kV 加速电压的 PSEM500 型扫描电子显微镜下观察制备的新叶片细胞中是否含有病毒。在确认已脱病毒后，应用快速繁殖侧芽生长的技术，大量繁殖脱病毒葡萄苗。

葡萄的快速繁殖侧芽使用的培养基配方为 MS+1.0mg/L 6-苄基腺嘌呤+1.0mg/L 吲哚乙酸。当侧芽长到一定数量后，将切段转移到诱导生根的培养基中，即 1/2 MS+0.1mg/L 6-苄基腺嘌呤+1.0 mg/L 的萘乙酸。

形成根系的葡萄试管苗，经 20 天左右生长，具有 5~8 张叶片的小植株。此时可将培养温度降至 20℃，光照强度增加到 500 勒克斯以上，同时打开盖

子，进行 5~7 天的炼苗。

炼苗后进行移苗，小心洗去根系琼脂，将小苗移到以锯末为支持基质的苗床上，用 1/10 的 MS 液体培养基浇苗，并覆盖塑料薄膜进行保湿，昼夜温度 15~25℃，避免阳光直射。当小苗长出 2~3 张幼叶时，可用稀人粪尿+10% 尿素施肥，25~40 天后可投放市场。为防止移苗过程中被病毒媒介再侵染，应在苗床四周布置昆虫网，防止昆虫的叮咬。

茎尖培养加热处理进行葡萄脱病毒苗生产，其脱病毒率可高达 90%以上。

农作物的保护地栽培

保护地栽培是区别于自然条件下的栽培管理而言的，是指将农作物栽培在人工控制的生态条件下，使其在生长季节、作物产量、产品质量等诸方面，更大程度地满足人们生活的需求，同时产生较高的经济效益和良好的社会效益。近年来，农业生产中普遍采用的温室或塑料大棚栽培方式，就是最为典型的农作物保护地栽培的例子。随之而来的反季节农业产品的生产，和绿色食品的生产，在满足人民生活需求，配合各地开展的“菜篮子工程”，保障人们的身体健康等方面，都作出了巨大的贡献。

塑料大棚栽培技术

近年来，在蔬菜种植业的带领和影响下，花卉（特别是切花）生产，果树栽培，食用菌栽培等各种经济作物的栽植中，普遍地使用了塑料大棚栽培。塑料大棚栽培的普及，其主要原因是：可充分利用自然的光，栽培中各个生态条件易控制，受季节限制少，产量（特别是单位面积产量）高，复制指数提高，病虫害影响减少。特别是反季节食品的生产，经济效益显著。同时还在于塑料大棚简单，耐用，性能良好，成本较低，建造容易，折转方便，适于大面积推广，更适应机械操作，易形成全套自动控制体系，进行工厂化生产。

由于塑料大棚的避风雨、强光照等特性，植物生长的生态条件发生了变化。塑料大棚栽培中至少应该注意光、温度、湿度、土壤条件等几个生态因子的变化。

塑料大棚栽培主要利用自然光。因此为充分利用与吸收自然光，塑料大棚的朝向、大棚角度、塑料薄膜的种类都必须认真考虑。采光方向多东西向，也有少数向南，大棚的采光角度必须在使用大棚的主要季节适应太阳的入射角度，争取更多的光线进入室内。考虑到大棚的保湿性能，在决定大棚的采光角度时，应该以当地的冬季太阳光的照射角度为主。塑料薄膜的种类与质量，与大棚的透光率关系密切，根据北京农科所测定，0.1毫米厚的塑料薄膜、聚乙烯薄膜的透光度为70.8%；聚氯乙烯为75.6%；丹宁薄膜为86.1%；最高的是无滴薄膜，其透过率为86.5%。覆盖后，随着尘土灰埃粘结和污染，或者雾、水滴等的吸附，透光率会下降20%~30%，因此大棚的塑料薄膜的清洁有利于自然光的充分利用。

光线不足对大棚内生长的植物会有不良影响。光线不足时植物叶片的光合作用能力下降，叶片大而薄，叶色淡绿，茎秆细长，植株脆弱，植株干重显著下降，病虫害增加，落花落果，产量减少。对于以收获果实为生产目标的植物，如黄瓜、蕃茄等的产量影响更为严重，而且果实内的营养成分的比例降低，如蛋白质、脂肪、糖类等复杂的物质减少。不同的植物对光照强度的要求是不同的，如起源于晴天多、光照强的中非和南美草原地区的西瓜、甜瓜、蕃茄、辣椒、菜豆等，对光照强度的要求一般在30000~40000米烛光左右；而生活在阴天多、光照弱的南洋地区的黄瓜、冬瓜等，一般只要24000米烛光就可以了，这也是为什么塑料大棚种黄瓜最易成功和高产的主要原因。为了增强大棚内光照强度，除选择适度的角度和理想的塑料薄膜外，还可以人工补充光照，特别是冬季补充光强，既可以延长光照时间，又可提高

大棚的温度。日本有人以蕃茄幼苗进行补充光试验，在每 3.3 米²面积上用 120W “植物育成灯”，照度为 300~1000 勒克斯，光照 16 小时，结果平均株高增加 14.5%，地下部和地上部的鲜重分别增加 22%和 16%，产量提高 17%。

对多数植物来说，大棚栽培中应该设法增加光强。但也有不少例外，有些花卉和蔬菜，其花芽分化，开花调节，以及蔬菜与果树的繁殖、育苗等是不需要强光和根本不需要光的。对于这些情况，应进行部分遮光或完全遮光处理。不完全遮光常在大棚上部，用草席、苇帘、遮阴网等遮光；完全遮光则用黑色聚氯乙烯薄膜。在石刁柏、芹菜、韭菜等的软化栽培中就需采取完全遮光。

温度控制问题是大棚管理技术的中心，塑料大棚的保温性能及温度的调控水平，是大棚栽培技术的关键。植物的光合作用、呼吸作用、水肥的吸收与运输、营养成分的积累等，都受温度的影响。根据植物对温度的要求，可分为喜温性和耐寒性植物。喜温性植物要求棚内温度较高，如西瓜、甜瓜、黄瓜、南瓜、冬瓜等瓜类，茄子、蕃茄、辣椒等茄果类，以及甘薯、芋头、菜豆、花生等。耐寒性植物的温度要求较低，抗寒性强，其中最耐寒的有葱、蒜、韭菜，其次是甘蓝、萝卜、芥菜、蚕豆等，再其次有白菜、菠菜、莴苣、豌豆、洋葱、胡萝卜等。对温度高低的要求多与作物的原产地有关，生产上一定要根据所栽培植物的特性来调节大棚内的温度。

塑料大棚在很大程度上是用于冬季保温的，在建棚前应该对本地区的气候条件有所了解，冬季的平均温度、最低温度是多少，再来选择所栽培的作物种类和温度调节的方法。冬季大棚保温性能与棚的大小有关，一般来说，棚越大保温能力越高，所以常采用大拱连棚、连栋大棚、小棚套大棚等搭棚方式。塑料大棚内的温度比外界高，是因为白天的太阳光热贮藏于土中，晚上地面放热时则被塑料覆盖阻隔，热量不能很快外流，使夜间棚内温度高于棚外。当冬季外界温度很低时，只靠日光来提高棚内温度是不够的，此时应该采取保温与加温措施。

保温措施有双层覆盖和水滴保湿等，它们总的目的是防止或减少大棚内热量向外界散发。双层覆盖并非是大棚上盖两层薄膜，那样对棚内温度的保持作用不大，这里讲的双层覆盖是指在大棚内套小棚。一般大棚内有两垄以上，在每垄上盖高 0.5 米左右的拱型小棚，所用的材料少，保护效果好。在大棚与小棚间有很厚的空气层，这个空气层和两层薄膜共同组成了一个很厚的保温层。普通的薄膜，因为没有加入任何表面活性剂，在太阳光的照射下，水分蒸发，在塑料上形成一层云雾状的白色水膜，利用这层水滴可减慢棚内温度的外传。在严冬季节可人工喷水成雾，形成水滴层，而起到大棚保温作用。

在严冬季节除了加强保温措施外，还应该采取加温措施，常用的有酿热加温、火炉加温、电热加温、水暖加温、暖风加温和蒸汽加温等。酿热加温是在大棚内，利用秸草或垃圾厩肥等有机物，加入适量的水分，使微生物大量繁殖，分解有机物，发酵产热。电热加热是在苗床的土下埋上电热丝，通电产热。一般每 3.3 平方米，埋 250W，温床可升高 15℃；在栽培床使用时，要埋设在离根较近较浅的地方，只要 50W 就行，可提高地温 2~3℃，达到前期增温保苗的目的。电热加热和酿热加温结合并用，可降低生产成本，安装上自动温度调节器，当酿热加温不能保持所需温度时，会自动接通电源，补

充电热加温，可大大节省用电。

塑料大棚不仅要考虑保温，在春夏季还要考虑降温。温度过高，植物的呼吸作用大大提高，养分消耗快，对作物生长不利。一般情况下只要去除塑料薄膜就可以达到降温效果。但对于像花卉（切花）等植物，需要避雨栽培，以保证花的质量，就不能通过去薄膜来降温了，而需要采取降温措施。常见的是自然换气降温，打开大棚两头的薄膜，促进通风。在夏季高温季节，可通过棚面洒水，利用水分蒸发散热，来降低大棚的温度。水分蒸发会带走大量的热量，一公斤水蒸发时大约需要 580 千卡的热。大棚的顶设置有孔的管道，水通过小孔喷于棚面，此法可使棚内温度下降 2~3℃。在高温季节，在大棚内采用换气喷雾法，在大棚旁侧底部向上喷雾，再加上大棚天窗外装换气扇及时排气，可使大棚内温度大幅度下降，当外界气温 37℃ 时，可使棚内温度在 28~30℃。

塑料大棚内的湿度及水分管理是另一个重要的生态因子，它包括土壤湿度和空气湿度两方面。土壤湿度即土壤含水量，不同的植物对其要求是不同的，如莲菜、茭白、荸荠、黄瓜、白菜等需要含水量较高的土壤；而南瓜、西瓜、甘薯、蕃茄等则喜欢干燥些。对于土壤湿度的控制应根据作物的习性而定。土壤缺水时，植物容易发生萎蔫，气孔关闭，光合作用下降，组织粗糙，植株矮小，严重时植株枯死；水分太多，会减少土壤的含氧量，土壤通气性差，根系呼吸作用受到抑制，严重时发生烂根、植株死亡。一般来说，土壤含水量在 60%~70% 时，作物生长最好，高于 80%，土壤空气就容易不足。对于像水稻、莲菜、菱角等水生植物而言，由于其内部有特殊的通气结构——气道，可通过地上部分供给根以氧气，所以即使土壤中含水量达到 100% 时也可正常生长。

塑料大棚为了保持室温，尽量防止通风漏气，最容易造成空气的高湿度。特别是阴雨天和夜间，更易造成过湿，致使苗子软弱、植株凋萎，容易发生病害。不同植物对空气湿度的忍耐性不同，黄瓜、芹菜等可忍受 90% 左右的空气湿度，蕃茄、茄子、辣椒、豆类等多数作物要求空气湿度在 70% 左右。西瓜、甜瓜等最怕湿度过高，只要 50% 的相对湿度就够了。大棚湿度的调节主要通过通风换气，但必须正确处理好保温和降温之间的矛盾，通风时除了湿度外温度也会发生变化。因此对于开天窗还是开地窗，半开还是全开，开多长时间等必须视实际情况严格控制。

由于塑料大棚内很少有天然降水，而只靠人工给水来满足作物的需求。事实上，大棚内植物对水分的消耗量是不多的。如一株 900 克重的蔬菜，其（包括土壤蒸发）平均耗水量为 45 克。因此大棚内灌水实质上是为了满足作物对水、汽、热等条件的要求，调节三者的矛盾，促进作物的生长。

地膜覆盖及其效果

在搞塑料大棚的同时，如果结合地膜覆盖，其栽培效果会成倍提高。在日本、以色列、美国等国家的农业生产中，地膜覆盖已普遍应用，日本在 1977 年就达到了 20 万公顷面积，占整个种植面积的 16%。

所谓的地膜覆盖就是用塑料薄膜紧贴土壤，覆盖于垄上，并将农作物栽培在薄膜的孔洞之中。近年来我国地膜覆盖栽培已遍及 28 个省市，增产效果在 30%~50% 左右，它特别适合蔬菜、草莓、西瓜、大蒜、甜玉米、烟草等

经济作物的栽培。地膜覆盖的效应主要有以下几点：

提高土壤湿度：太阳光照到地面后，土温升高，但在无覆盖时，大部分热量会自然散失，特别是随水分的蒸发而散热。地膜覆盖后，热量散发缓慢，地温提高，在最冷的时候也能提高 2~3℃，覆盖充分时可提高 5~6℃。冬春季节开始覆盖无色透明的聚乙烯新薄膜，升温效果好。随着覆盖时间加长，表面泥土污染，再加上不断繁茂的枝叶遮荫，升温效果越来越差，到夏季会自然失去升温效果，甚至较无覆盖的还会降温 1~2℃，正好符合季节的变化。

保持土壤湿度：覆盖后阻止了土壤水分蒸发扩散，土壤水分蒸发后薄膜反面形成水珠重新滴入土中。因此地膜覆盖后土壤的含水量较稳定，大大减少了灌溉次数，这在北方干旱地区有着特殊的意义。

维持土壤疏松：地表覆膜，高垄栽培后，浇水只能在垄沟中进行，水分只能横向渗入耕作层，栽培垄不会因浇水而发生板结现象，作物在整个生育期都会处于疏松的沃土之上。

改善土壤营养：覆膜后由于减少了土壤中无机离子随雨水或浇灌流失，相对地改善了土壤营养。同时由于土温、土壤湿度、土壤疏松度等的改良，使土壤根系有益于微生物旺盛生长，加速土壤中有有机物的分解，使土壤中速效性氮的含量增加，氮肥可少施 30%。

抑制杂草生长：地膜覆盖时，如采用黑色或绿色薄膜，可基本上全部根除杂草的生长。因为黑色或绿色薄膜，阳光不能通过或只通过绿光，杂草无法进行光合作用，也就无法生长。

防止病虫害危害：由于改善了栽培条件，植株生长健壮，抗病能力强，同时地膜阻止了土壤水分蒸发，降低了植株周围的空气湿度，限制了真菌、细菌的繁殖与生长。由于白色膜或银色膜对紫外线的强烈反射作用，控制了有翅蚜虫飞来，也限制了蚂蚁的活动，使一些以蚜虫为传播媒介的病毒病大大减轻。

地膜覆盖有以上诸多优点，但在进行地膜覆盖时，必须掌握其科学的方法：

首先要深耕细耙，碎土活土。地膜覆盖要求严格的耕作质量和操作规范。如进行春季栽培的，应在上年秋末进行深耕，熟化土壤，消灭病虫。开春后早盖棚解冻，进行春耕，要多耙几次，使土粒完全细碎，加厚活土层，有利于土壤水分的上下交换。只有土粒碎，才能畦更平，覆盖质量才有保证。

其次是增施、均施有机基肥。一旦进行地膜覆盖后，整个作物生育期是不会去动薄膜的，栽培垄一动不动，少者 3~6 个月，甚至整年不动。在这么长的时间里，虽然可以通过垄沟施肥和根外施肥来补充肥料，但栽培垄中的肥料数量与质量必须保证。在作垄覆膜前，结合深耕，应多施均施有机肥，多施迟效肥，多施底肥。而且应该深层施肥，分层施肥，全面施肥。在秋季深耕时施一部分，春耕时再施一部分，定植盖膜前再施一些腐熟肥料，尽量少施氮肥和速效肥。并多次翻土，使肥料均匀分布。

第三是高畦起垄栽培。为了节约薄膜，便于浇水施肥、搭架整枝、收获作业等的进行，一般都进行高畦起垄栽培。薄膜只覆盖垄的表面，大约占总面积的 60%~70%。畦面不要过高，只要保持在 10~15 厘米即成，畦宽可保持 50~80 厘米不等，一畦栽两行，垄沟宽 35~40 厘米，便于作业。

第四是铺膜要紧贴地面。地面覆膜时要紧贴地面，贴得越紧越好。为此

应有精细的土壤耕作，细土碎土；压平畦面，利用铁皮或木制的镇压器进行覆盖前的镇压；铺膜时将薄膜拉平，一条条顺序覆盖，将两头拉紧压好，再压好两边，一定要压死压实，防止风吹起或挪动薄膜。

第五是打孔栽苗、压紧压严。在定植时，应在薄膜上打孔，以便栽苗。一般是在定植处前开十字，栽苗后再盖好压紧，用砂土封严。

由于我国地域大，南北气候相差悬殊，种植的作物品种也差别很大，在进行地膜覆盖栽培时，一定要根据本地区的实际情况，因地制宜，使用不当会造成不良后果。如日本在 70 年代初将地膜覆盖技术应用于花生栽培上，但由于所选的是早熟品种，经济效益很不理想，后来经过试验，在中晚熟花生品种的栽培上应用，取得了很好的效果。另外还应该注意，一些生育期很长的作物，往往在生育后期会出现早衰现象，不宜应用地膜覆盖技术。

反季节食品和绿色食品生产

反季节食品生产是指在植物不适合生长发育的季节里，采取人工的措施，促进植物正常发育，生产出自然条件下无法生产的食品。如蕃茄的自然生产期在每年的 4~8 月，这个时期称为生产旺季，各家的产品都纷涌上市，容易造成市场中产品的单一，农民的经济效益也不高。采取低温等方法进行贮藏，在淡季进行销售，但由于成本高，贮藏后产品质量下降，不能成为解决问题的最佳方法。随着科学技术的发展，植物保护地栽培技术的成熟与普及，现在全国许多地方可以通过人工控制生产条件，来达到反季节食品的生产，这不仅满足了城乡人民生活的需要，丰富了市场供给，也为广大菜农与果农提供了良好的经济效益。

反季节食品的生产关键在于了解所种植的作物其生长发育所必需的外界条件，特别是温度和光（光照时间、强度）两个因素。不同的植物对生长发育时的外部条件要求是不同的。如黄瓜性喜温暖向阳和略偏湿润的环境，适合生长发育的温度为：发芽期 22~25℃，秧苗期 20~28℃，开花结果期 25~30℃；最忌炎热，超过 40℃ 后质量明显变劣；低于 10℃ 时停止生长。全天光照如能保持在 12 小时左右，则生育期缩短，产量和质量都会提高。相对湿度为 70%~80% 最宜。农业保护地生产中，只要能够满足上述条件，就能够做到四季都生产黄瓜。

再如草莓，为蔷薇科草本植物，其生育的最适温度是 20~25℃，花芽分化最适温度为 16~18℃；在 30℃ 以上的高温和干燥环境的时间较长时，则发生徒长或枯死。它对光照的时间有特殊的要求，其花芽分化要求在短日照的条件下，而花芽分化后的开花结果又要求在长日照的条件下，在 5℃ 的低温条件下可以促进花芽分化。所以在正常的自然条件下，草莓一般是在秋季 9~10 月份栽种幼苗，经过秋末冬初的短日照和 5℃ 左右的低温处理，可以很好地进行花芽分化，然后进行休眠，待第二年春季，在长日照的条件下，气温达到 20℃ 左右时开花结果。所以草莓正常的上市旺季应该是 4 月份。在反季节生产中，人们利用高山气候的特殊性，在夏季选择高山区，建立草莓种苗基地，采取遮荫黑暗等方法，在自然条件还是长日照时提供短日照条件，结合高山区温度低的特征，满足草莓花芽分化的条件。使其在幼苗期间就完成了花芽分化过程。8 月底或 9 月初移至平原种植，此时的小苗实际上已带有花芽，利用 9 月份温度较高，日照还较长的条件，使草莓植株在 9 月底或 10

月初开花坐果。在初霜期来临之前，架设好塑料大棚，通常使用大棚中套小棚的形式，再加地膜覆盖栽培，使大棚内的气温保持在 15℃ 左右，促进植株生长和果实膨大、成熟。这样可在元旦前后有草莓上市，满足春节市场的需求，经济效益极为显著。

在葡萄生产中也有类似情况，在早春采用塑料大棚提高温度，促进早发，使葡萄的成熟期提早 15~20 天。同时在控制第一季葡萄产量的基础上，在 8 月份采取强修枝整枝措施，促进冬芽及副梢生产，可使葡萄在九月底开第二次花，在元旦前后有新鲜的葡萄上市。当然在操作上为保证葡萄品质，应加强树势的培育，注意两季葡萄之间的产量分配。

绿色食品是指具有较高的营养价值，无任何污染和药物残留的农业产品。对于绿色食品有严格的检验手续，生产单位在申请后应由国家专门的组织机构对其生产条件、生产过程、生产的技术力量、产品的质量等进行严格的审查，被通过后成为定点的绿色食品生产基地，以后还定期或不定期地进行抽查。从这个角度看，绿色食品的生产是一个极为严肃的事，并非是人们随意可将食品冠以绿色食品的美称的。

绿色食品要求高营养，无污染，因此生产者要对种植的品种进行严格的筛选，在栽培管理的技术上要求更高，应该有科学知识为指导。在防止污染的问题上，除了严格禁止使用有毒农药以及化肥外，还应对当地的上质进行严格仔细的化验分析，防止地下有毒物质的污染。对于病虫害问题，除了增强树势，提高自身抵抗能力外，常用生物制剂来防治。如使用某一种能使害虫的幼虫生病的病毒，来杀灭害虫。由于病毒对寄主感染的专一性，使其不会影响植物的生长发育；可利用某些微生物所分泌的物质，来抑制或消灭对植物有害的真菌或细菌。将来如果通过基因工程，直接将抗病基因植入植物，则是更为理想的途径。

农药、化肥及植物激素

目前农业生产中所使用的化学药品，不外乎农药、化肥及植物激素。它们的使用在农作物植保、生长及发育的调节，产品产量与质量的提高等方面都起到了积极的作用。但是由于缺乏科学知识的指导，乱用或滥用的现象时有发生，一方面浪费了药品，更重要的是影响农业生产，造成环境污染，出现了不少令人痛心的事故。掌握农药、化肥及植物激素的科学使用方法显得非常重要。

农药的科学使用

什么是农药？农药是指农用的防治病虫害的药剂，还包括提高这些药剂效力的辅助剂、增效剂等。农药在农业生产上的应用，有效力高、见效快、使用简便等优点。要使农药发挥其应有的作用，做到安全、合理地使用农药，就必须了解农药的种类、性质、应用范围及使用方法和安全使用的注意事项。

按照农药的组成成分可分为化学农药、植物性农药和微生物农药等。

化学农药又分为无机农药、有机农药和矿物油农药。无机农药由天然矿物原料制成，不含有机碳素化合物，如石硫合剂、硫酸铜等；有机农药是由碳素化合物构成，主要以有机合成原料如苯、醇、脂肪酸、有机胺制成，如敌百虫、乐果、托布津等；矿物油农药由石油、煤焦油与乳化剂配制而成，如石油乳剂等。植物性农药是从植物中提取的药剂，如除虫菊、鱼藤酮、硫酸烟碱等。微生物农药是利用微生物及其所含物质来防病虫害的药剂，如抗生素、白僵菌、杀螟杆菌等。

按照用途可分为杀虫剂、杀菌剂、杀螨剂、杀鼠剂等。

其中有许多药既可杀虫又可以灭菌。杀虫剂又可分为触杀剂、胃毒剂、熏蒸剂、内吸杀虫剂等。触杀剂是通过接触进入虫体，使害虫中毒死亡，如敌敌畏、速灭杀丁等。胃毒剂是药物被害虫吃食后，经肠胃吸收，中毒死亡，如敌百虫等。熏蒸剂是气化后由呼吸道进入虫体毒杀的，如溴甲烷等。内吸杀虫剂是这类药物能被植物吸收，并在体内传导，分布植物全身，害虫取食植物组织和汁液时中毒死亡，如乐果等。

杀菌剂是一种对真菌和细菌等病原菌有抑制或杀灭作用的药剂。主要有非内吸型和内吸型两种。非内吸型药剂使用后，能杀除植物表面的病菌，并在植物表面覆盖，使植物免受病菌或病原物的侵染，起保护作用，所以常用于预防，如波尔多液、硫酸铜、百菌清等；内吸型药剂是能从表皮渗入组织，制止病原菌的继续扩展，并消除病原物的危害，起治疗作用，如多菌灵、甲基托布津、乙磷铝等。

农药的剂型有粉剂、可湿性粉剂、乳剂、水剂、颗粒剂、胶体剂及混合制剂等。

粉剂是由农药原药与填料经过粉碎加工制成的粉状机械混合物，一般细度为 95%，能通过 200 目筛。填料起稀释作用。粉剂使用方便，不需要水源，最适于干旱地区使用，不易产生药害。可湿性粉剂是用农药原药、填料和湿润剂经粉碎加工制成的混合物，细度为 99.5%，能通过 200 目筛，加水后能在水中分散，药效比粉剂好，比乳剂差，容易产生药害。乳剂是农药原药加一定量的乳化剂和溶剂制成的透明油状液体，加水稀释后即成为不透明的乳状

液，是高效有机合成农药的主要剂型。水剂是用水溶性原药不经加工直接制成，使用时按比例调水便可，成本低，不耐贮藏易失效。颗粒剂是原药加某些助剂后，经加工成大小在 30~60 目筛之间的一种颗粒状药剂，其药效高，残效长，用药量少，使用方便。胶体剂是固体药剂加热熔化后，倒入加热的分散剂中，搅拌混合、烘干、粉碎而制成。

农药的使用方法有：喷雾、喷粉、泼浇、拌浸种、毒饵、毒土、土壤处理、涂抹等多种。

喷雾：是使用喷雾器械在一定压力下，喷出细小雾点的药液，均匀覆盖在病菌、虫及寄生植物表面。适合喷雾的药剂剂型有可湿性粉剂、乳剂、水剂等。以叶面充分湿润并且不从叶面上流下药滴为喷雾的适度。它耗药量少，药液易粘附在作物和虫体上，药效持久，防治效果好。缺点是工作效率较低，费时费工，还受水源和喷雾器械的限制。

喷粉：用喷粉机将粉剂农药喷施在作物表面或虫体上。喷施要求喷撒均匀、周到，以手指按在叶子上能看到药粉沾在手指上为合适。优点是工效高，不需用水，工具简单，适合于大面积农用或森林的病虫害防治。但其用药量大，药粉在作物表面的附着能力较差，风吹雨淋损失大，药效持续时间短，还容易对环境造成污染。

拌、浸种：将一定量的农药粉剂与种子拌和均匀，或将药液喷在摊开的种子上，使种子表面均匀地覆盖一层药粉或药膜，然后进行播种，防治各种带病菌的种子传染病害和地下害虫。也可用一定浓度的药液（0.2%~1%）浸种、浸苗、浸块根块茎等。浸种容易发生药害，使种子发芽率降低，因此必须注意浸种时农药的浓度与浸种时间。

毒饵：将农药与害虫的食物混合配制来毒杀害虫。主要用于防治地下害虫和地面活动的害虫、害兽。常见的饵料有米糠、谷糠、豆饼、花生麸、茶子饼等。使用的药剂要求有强大的胃毒作用。

毒土：是将农药与半干湿细土混合配制而成，用时撒于地面或与种子混播，或撒于播种沟内，撒于水面。毒土一定要混合均匀，所拌混的土不能太湿或太干，以免撒布时毒土飞扬空中或不易分散造成药害。一般每亩用半湿细土 20~30 公斤。此法适用于防治稻螟虫等害虫，配制简单，使用方便，省工时。

土壤处理：将药剂施在土壤中，防治土壤害虫、线虫和土壤传播的病害。方法简便，但用药量不经济，不适合大面积使用。

涂抹：是将农药涂抹在农作物上，利用药剂的内吸作用来防治病虫害。类似的方法还有根部灌注和树干钻洞滴注、注射等方法，特别适合毒杀蛀芯害虫。

由于农药的特殊性质，在使用时要注意以下几个事项：

掌握药剂的用途：农药的种类很多，所防治的病虫害的范围也各不相同。使用农药时必须先了解一下药剂的性能和适用范围，做到“对症下药”。如托布津是广谱的内吸型杀菌剂，对稻瘟病、花生叶斑病等防治效果很好，但对花生的锈病、水稻的白叶枯病则没有什么效果。对杀虫剂来说，胃毒剂一般只对咀嚼口器害虫（如蝗虫、粘虫、菜青虫等）有效，而刺吸口器的害虫应用内吸型药剂来防治。所以要根据防治的目的和作物种类的特点，选择适当的药剂，切不可乱用，以免浪费人力、物力，甚至造成不良后果。

掌握施药时机：病菌和害虫有它们的生长和发育规律，在不同的生长发

育阶段中，它们的生活习性对药物的敏感度及抗药性的差别很大。因此，药剂防治要掌握各种病虫害的发生时期和它的薄弱环节，还要掌握作物最易受害的危险期，才能收到防治的良好效果。一般应在病虫发生初期施药，做到不失时机地把病虫害消灭在发生和形成危害之前。如粘虫、地老虎等害虫的幼虫三龄以前抗药性差，容易杀死；飞蝗在三龄前，蝗蛹有集中在一起的习性，没有飞翔能力，抗药能力最弱，此时喷药效果最好。

掌握用药量及配药方法：用药应该适量，并非越多越好。超过所需的浓度和用量，不仅造成浪费，还容易产生药害和污染环境。要注意农药的有效期，掌握使用的次数。严格掌握药剂的稀释浓度，注意选择水的质量，要用自来水、河水和塘水，不要使用污水，防止堵塞喷嘴和降低药剂的效果。配药时应先加入少量水，待药溶化成母液，再加水稀释。

掌握不同条件下的使用技术：在不同的气候条件下应掌握使用不同的技术与方法。施药一般应在无风的晴天进行，阴雨天或将要下雨时不宜施药，以免被雨水冲失。如有风时施药，应注意风向，在上风头向下风头施药，风速很大时停止施药。气温的高低也会影响农药效力，高温时虽可提高药效，但会促进农药分解和挥发，缩短药效期。在炎热的夏天，作物生长旺盛，易产生药害，应酌情减低用量，高毒的有机磷农药在高温下使用容易发生中毒事故。气温较低时用药，防治效果往往不高，如螨克在 20℃ 以下防治红蜘蛛的效果较差。施药时应注意喷布均匀，保证施药质量，充分发挥药效。

农药的混合使用：为防止几种病虫害的发生，防止和推迟病虫产生抗性，改进药剂性能，节省用药量和人工，经常会把几种农药一起混合使用或与化肥等混合使用。混合前应注意到混合后不应产生不良的化学、物理变化，不能使药剂分解或乳剂破坏，不能发生沉淀和气体挥发等。如碱性条件下易分解的农药，不能与其他碱性农药混合使用；酸性条件下易挥发的农药也不能与酸性农药混合使用。同时要保证混合后的药液对作物不产生药害。

防止药害的发生：农药使用不当会对作物生长产生不利的影响，即发生药害。急性药害表现为叶面、叶柄基部出现异常斑点和条斑，叶子变黄、变形，甚至发生凋萎、枯焦、脱落，严重时植株死亡。慢性药害表现为植株生长缓慢，延迟结实，果形变小，产量降低，品质变劣等。药害的产生除了药剂本身的特征外，还与作物的种类和不同生育期有关。一般来说，禾本科，果树中的柑桔，蔬菜中的十字花科、茄科等作物的抗药力最强，豆科作物和蔷薇科果树的抗药性较弱，瓜类植物的抗药性最差，最容易发生药害。同时，生长着的植物中，幼苗或植物幼嫩部分，抽穗前后和开花期的作物，特别容易发生药害。

避免病菌、害虫产生抗药性：长期连续使用同一种农药来防治某一种病菌或害虫，往往变得防治效果越来越差，药剂的浓度要几倍或十几倍地增加，才能达到原来的目的，这就是病菌和害虫产生了抗药性。为了克服和延缓病菌和害虫抗药性的产生，在防治上一般采用不同类型的农药轮换使用或混合使用，并采用农业防治、生物防治和化学防治相结合的综合防治措施。

安全使用农药：化学农药对防治病虫害，促进农业生产起了积极作用。但如果不加控制，长期大量地滥用选择性农药，会使有害生物被杀死的同时，杀死许多有益的生物或害虫的天敌。还有一部分农药的残留期长、造成残毒的公害，影响人体健康。在短期收获的作物和蔬菜上，严禁使用剧毒及残留量大的农药，以免发生人畜中毒事件。农药施用过程中，应特别注意安全，

防止药剂入口或接触皮肤，严格遵守“农药安全使用规定”，绝不能麻痹大意。

化肥的科学使用

化肥是通过化学合成的方法人工生产的或经过对矿石的煅烧而产生的肥料。目前已成为农业生产中使用最广、用量最多的肥料，它在补充土壤中化学物质的数量，促进作物生长，提高作物产量等方面所起的巨大作用，已越来越被人们所认识，因而也越来越受到广大农民的欢迎。由此引起的化肥工业也得到了快速发展。

化肥成为人们欢迎的产品，主要是它具有较多方面的优点：

肥效快。大多数化肥能直接溶于水或弱酸性溶液中，很快能被农作物吸收利用，肥效快，一般施肥后三到五天就可见到效果，能及时满足作物对养分的需求。

成分单纯。人工合成的化肥其主要成分很清楚，而且有较高的纯度，生产中容易根据作物生长发育所特别需要的某一物质及时有目的给予补充，容易有理想的肥效。

养分含量高。化肥经过了化学方法的处理，其有效成分的含量很高，如尿素每百斤含氮量达到四十六斤。

使用方便，省工省时。由于其易溶于水，且含量高，每次使用量比传统有机肥的量要少得多。

化肥的优点使得农业生产上大量和广泛地使用，但也容易产生滥用现象，造成浪费和不良的后果，对环境的污染程度也日益加剧。这是因为化肥还有其他不利的特征，在使用时也是我们应该引起注意的地方：

化肥有一定的酸碱性，虽然化肥绝大多数都是盐类，但在水中溶解后即以阳离子与阴离子的形式存在。由于作物对土壤溶液中各种离子的选择性吸收，使得土壤中某种离子大量积累，造成土壤酸碱度的变化。由于引起土壤板结，从而影响土壤的通气性能，影响作物生长。如当硫酸铵施入土中后，即离解成铵离子（阳离子）和硫酸根（阴离子），作物根系选择性地吸收大量的铵离子，并交换放出氢离子，引起土壤变酸性，这类化肥叫做生理酸性盐；而硝酸钙施入土壤中，作物选择性吸收硝酸根离子（阴离子），残留在土壤中的钙离子容易与水中的氢氧根结合，生成氢氧化钙，使土壤呈碱性，所以这类化肥称为生理碱性盐。当然化肥中也有对土壤酸碱度影响不大的种类，如硝酸铵，由于水中溶解后形成的铵离子和硝酸根离子，植物都容易大量吸收，很少在土壤中积累，这类化肥称为生理中性盐。

容易出现烧苗现象。由于化肥的含量较高，当使用化肥时要特别注意其浓度，过浓的化肥溶液，会使作物出现叶面枯萎，严重时整个植株烧灼枯死。这主要是由于施肥过浓，土壤溶液中的水势过低，植物根系不仅不能从土壤中吸收水分和肥料，反而要渗出水分到土壤中，植株因缺水而出现烧苗现象。

化学性质不稳定。化肥一般具有吸湿、溶解和挥发的特点，在生产、运输和贮藏中容易受潮、失效。

根据化肥所含主要成分不同，可分为氮肥、磷肥、钾肥、微量元素肥料和复合肥料。

氮肥种类很多，常见的有硫酸铵、碳酸氢铵、氯化铵、硝酸铵、氨水和尿素。根据其中含氮化合物的形式，可分为铵态氮肥、硝态氮肥和酰胺态氮肥。作物对铵态和硝态氮肥能直接吸收利用，故肥效快。而酰胺态氮要在土壤微生物的作用下转变成碳酸铵和碳酸氢铵后，才能被作物吸收利用，因此肥效相对较慢。

磷肥品种也很多，根据溶解度的大小，可分为水溶性、弱酸溶性和难溶性磷肥。水溶性磷肥能直接溶于水，施入土壤后，被植物吸收利用，如过磷酸钙、重过磷酸钙、磷酸等。弱酸性磷肥不溶于水，能溶于弱酸，施入土壤后，能被土壤中的酸或作物和微生物呼吸作用所产生的碳酸逐渐溶解，被植物吸收利用，如钙镁磷肥、沉淀磷肥等。难溶性磷肥的溶解性很差，不易被植物吸收，肥效慢，后效长，如骨粉、磷矿粉等。

钾肥。土壤中含钾量高，但仅有 1% ~ 2% 可直接被植物吸收利用。主要品种有氯化钾、硫酸钾、磷酸二氢钾等。钾肥易溶于水，在土壤溶液中以钾离子形式存在，并以钾离子形式被植物所吸收。不同作物对钾的敏感性不一样，含糖类较多的作物，对钾的要求较高，如烟草、纤维作物、马铃薯、甘薯、甜菜、甘蔗、葡萄等，多施钾肥不仅产量高，品质也好。甜菜、烟草、甘蔗、葡萄等作物喜钾忌氯，不能施用氯化钾，应选用其他钾肥。

微量元素肥料是指含有植物生长所必需的微量元素的化学肥料。如硼砂、硼酸、钼酸铵、钼酸钠、硫酸锌、硫酸锰、硫酸亚铁、硫酸铜等。可作为基肥、种肥和追肥及根外施肥，往往针对某一作物的某一生育期的特殊需要给予补充。如在油菜开花前期施硼肥，有利于油菜的结实率提高，促使种子饱满，产量提高。

复合肥料是指含有氮、磷、钾三要素中的两种或两种以上成分的化学肥料。如磷酸铵、磷酸二氢钾和氮磷钾复合肥等。它具有养分含量高，成分多样化，降低生产和运输成本，节约施肥劳力，对土壤的不良影响少等优点。

科学施用化肥应该掌握以下几个基本原则：

化肥与农家肥配合使用：农家肥的肥效缓、稳、长，养分齐全，来源广，与化肥配合使用能补充多种营养元素，改善土壤结构，防止板结和酸碱度变化。在肥效上也是两者快慢互补，有利于农作物生长。

氮、磷、钾等化肥配合使用：根据作物生长的要求，按比例配合使用氮、磷、钾化肥，能协调供给作物养分，提高化肥利用率，达到高产稳产和增产增收的目的。

根据气候与土壤条件和作物营养特性施肥：在适宜的温度下，作物代谢旺盛，吸收养分的能力强，生长快，肥效易发挥。如水稻幼苗在土温 16℃ 时，对氮、磷、钾的吸收率分别只占在土温 30℃ 时的 71.1%、55.9% 和 78.9%。在越冬作物和春季育秧时，由于肥效低，应增施速效肥，特别是速效磷、钾肥可促进早生快发。土壤的养分含量、含水量、酸碱度和土壤砂粘性等因素，也会影响对化肥的利用率。在酸性土中施生理碱性盐，在碱性土中施生理酸性盐，能避免土壤过酸过碱，有利于作物对养分的吸收利用。作物的生育前期一般以氮肥为主，促使有效光合面积的快速形成；开花前期应控制使用氮肥，防止徒长，造成花而不实和落花落果；灌浆期和果实膨大期应多施磷、钾肥，促进光合作用产物的运输和积累。

掌握好化肥溶液浓度：溶液浓度不宜过高，要分次施肥，少施多次。同时不能让作物与化肥直接接触，防止烂苗。

注意施肥方式：作物生育后期施追肥，由于根系吸收能力的下降，可采取根外施肥的方法，让地上部分，特别是叶片吸收肥料。对于容易在土壤中形成不溶性化合物的肥料，也最好使用根外施肥。

植物激素的科学使用

植物激素是植物生长发育过程中的代谢产物，它对植物的细胞生长、分裂、分化和器官的发生和脱落，开花、结果、衰老和成熟等生理过程起着调控作用。它具有三大特征：

内生性，它们是植物细胞接受特定环境信息后诱导产生的；

低浓度效应，它们在植物体内含量极微，起作用所需的浓度也很低，稍高就会起反作用；

可移动性，它们在植物体内是可移动的，即可从产生的部位移动到作用的部位。

已知的植物激素有生长素类、赤霉素类、细胞分裂素类、脱落酸和乙烯五大类。

随着科学技术的发展和植物激素研究的深入，已发现越来越多的人工合成的化合物，也具有类似于植物激素的生理活性，有的甚至超过植物激素的作用，这些人工合成的具有类似于植物激素生理活性的化合物，称为植物生长调节剂。它们的发现与研制，降低了生产成本，为植物激素在农业生产中的应用展示了美好的前景。

生长素类：常见的药品有吲哚乙酸（IAA）、萘乙酸（IBA）、（NAA）、2,4-D 等，它们的主要生理作用是促进植物细胞的纵向伸长。它们在农业生产中的应用主要有：

促进插枝生根。生长素处理可使一些不易生根的植物插枝顺利生根，不同的植物对生长素的敏感性不同，所使用的浓度差异也很大。可以把插枝基部浸泡在生长素溶液中或蘸些粉剂（水溶液浓度一般在 10~100 ppm，粉剂在 300~500ppm），然后插在沙床中。生长素促进生根，在菌木的繁殖中应用很广，现在广泛使用的“生根粉”的主要有效成分就是生长素。

促进疏花疏果。用 500ppm 萘乙酸处理柑桔，可达到疏花疏果的目的，对于提高果实的产量和品质有明显的作用。

防止器官脱落。器官的脱离是由于叶柄或果柄基部产生离层，生长素能防止离层的产生。用 10 ppm 萘乙酸或 1ppm 2,4-D 喷施棉株，就有保蕾保铃的效果。从 、 两点也可看到，生长素（包括其他植物激素）的浓度不同可产生完全相反的效果。

促进菠萝开花。菠萝一般在定植二年植株中仅有约 25% 开花，其余的都处于营养生长状态。为使其尽早到达丰产期，可在 14 个月营养生长期的植株上，用 5~10ppm 的萘乙酸处理，2 个月后就能 100% 开花。

控制性别。雌雄异花的瓜果类，可用生长素处理黄瓜等花，提高雌花形成的频率。生长素还有延长种子休眠、控制腋芽生长、诱导子房膨大产生无籽果实等多种应用。

赤霉素类：最早是从水稻恶苗病的病原菌赤霉菌中提取的，已知的有 51 种，最常见的是赤霉酸（GA₃），农业生产中应用最广的是“九二〇”和 GA₃ 纯品，它们能促使植物细胞快速伸长。在农业生产中的应用有：

促进植物茎的伸长。克服遗传上的矮生性状，在园艺的盆景制作和切花生产上有较多的应用。

促进果实膨大和无籽果实的产生。用 10ppm 的 GA_3 在葡萄坐果后 7~10 天处理幼果，可使幼果快速增大；处理草莓，也可使果实明显增大，产量大幅度提高，商品价值也相应提高。

破除休眠。用 0.5~1ppm 的赤霉素处理马铃薯块茎，能打破其休眠，使块茎在 2~3 天内萌发。此法对其他种子（梨、苹果、蕃茄、茄子、柑桔、甜瓜等）也有同样的效应。

诱导 2—淀粉酶的产生。在啤酒生产中和制糖工业中都被广泛应用。

细胞分裂素类：其主要作用是促进细胞分裂。主要药品有激动素，6—苄基腺嘌呤（6—BA），玉米素（ZT）等，其主要应用有：

促进细胞分裂和细胞扩大。在葡萄等果树的开花期至坐果期，用细胞分裂素处理可提高坐果率，使幼果增大，它主要是增加了幼果中的细胞数目，因此它的作用还表现在果实膨大期，有了前期准备下的细胞数目，到膨大期通过吸收水分和养分果实才会有明显增大。

诱导芽的分化。细胞分裂素有利于芽的分化，形成众多的分枝。

抑制衰老。用细胞分裂素处理叶片，可防止叶片的早衰，保持较长的光合作用功能。

防止落果。用 400ppm 的 6—BA 水溶液处理柑桔幼果，可明显地防止其落果。未处理的坐果率为 21%，处理的可达 91%，处理的果实果梗加粗，果色浓绿，果实明显增大。

脱落酸（ABA）：它是一种天然的植物生长发育的抑制剂，主要抑制细胞的蛋白质合成。其主要应用有：

促进叶片脱落。在加拿大等国的棉花采收期，用脱落酸喷施后使棉花叶子脱落，然后再用机器采收棉桃，省工省时。促进休眠。用脱落酸处理贮藏种子，可促进种子休眠，防止在贮藏中萌发，影响种子质量。促进气孔关闭。用脱落酸水溶液喷施植株叶片，可使叶片的气孔关闭，蒸腾速率降低，植株的抗旱能力提高。在冬季来临前，用 20ppm 的脱落酸喷施苹果，使果树进入休眠状态，提高其抗寒能力。

乙烯：它是唯一一种气体形式的植物激素。其商品是乙烯利（水溶液），用水稀释后就可放出乙烯。其主要应用有：

果实的催熟。在柑桔、柿子、香蕉、棉花等果实中，应用乙烯利水溶液处理，可引起果实的果肉内有机物强烈转化，果实加速成熟，水果达到可食用程度。为防止水果在运输过程中成熟后腐烂（特别在夏天），可在产地采摘八成成熟的果实，运到目的地后用乙烯利催熟后投放市场。促进脱落和衰老。乙烯在低浓度时可促进植物叶片和果实的脱落。有人用 100 ppm 乙烯利处理葡萄植株，使其叶片脱落而果实不脱落，有利于采摘。促进次生物质的排出。在橡胶树上用乙烯利水剂或油剂处理，第二天乳胶的产量可提高 20%~40%。在漆树、松树、吐鲁香、印度紫檀等木本植物上处理，都可使它们的产漆、产脂量提高，用它处理安息香后，产脂量提高 7~9 倍。

生长抑制剂：它们共同的作用是抑制植物茎的伸长、抑制种子萌发。主要有三碘苯甲酸、马来酰肼、矮壮素、福斯方—D、B9 和多效唑等。整形素主要抑制顶芽生长和茎的伸长，促进腋芽滋生，使植物形成小灌木形，在园

艺上应用很广。马来酰肼，商品名为青鲜素，主要用于马铃薯、洋葱、大蒜等贮藏时防止发芽。在烟草盛花期去顶后立即喷施 30% 的马来酰肼，可抑制腋芽生长，提高烟草质量。矮壮素使植株节间缩短、植株变矮、茎变粗、叶色加深，它在小麦和棉花生产中已取得积极的效果。在拔节期用 3000 ppm 溶液喷施小麦苗，使植株显著变矮，叶片长度变短而直立、加厚加宽、叶色浓绿，有利于改善透光条件，抗倒伏。在棉花蕾期使用，防止徒长，通风透光好，蕾铃脱落减少，增产效果显著。B₉ 的作用与矮壮素类似。多效唑是一种新型的生长抑制剂，在果树、花卉生产中应用广泛。在我国应用于杂交水稻育秧中，能使秧苗矮壮，根系发达而浅，有利于移栽后返青，可增产 12% 左右。

除草剂：根据其作用可分为选择性除草剂和非选择性除草剂。选择性除草剂能有选择地杀死某一种或某一类杂草，而对作物的伤害甚微，如 2,4—D、敌稗等。2,4—D 能杀死麦田中的双子叶植物杂草，如荠菜、灰菜等而不伤害小麦；敌稗可杀死水稻秧田中的稗草而不伤害水稻。非选择性除草剂是把所有植物一齐杀死，包括农作物和杂草，因此只能用于种植前除杂草，或水沟、田间除杂草，如五氯酚钠、氯酸钠等。

植物激素使用时应注意的几个问题：

掌握所使用的浓度：由于植物激素的低浓度效应的特性所决定，植物对激素处理非常敏感，浓度的不同会产生完全不同的质量，这一点在生长素的疏花疏果和保花保果的应用上已充分说明。其他激素也是一样，切不可为图提高效果而随意增加使用的药量，这一点与农药、化肥相比，其要求更加严格。

掌握正常的使用部位：植物激素有明确的作用部位，不能像农药一样整个植株都同时喷到。如用赤霉素促进葡萄果实膨大，其处理的部位是幼果，如果在坐果期用赤霉素全株喷施，由于嫩枝和芽对赤霉素更加敏感，使用后枝叶徒长，消耗大量营养物质，反而使幼果营养输入减少，造成大量落果，果实变小而减产。生长素促进插枝生根的处理部位是插枝基部的最下部一个节。每种植物激素使用前一定要先明确其作用及处理部位，不可随意处理，造成不应有的损失。

掌握正确的处理时间：植物激素的作用是对植物某一部位的一种刺激，是有一定的处理时间的，不可随意延长和缩短处理时间。如用生长素处理促进生根，当用水溶液处理时，浸泡时间往往是 1~2 小时，用乙醇溶液处理时，仅为十几秒钟。另外生长素使用的时间也很重要，在雨天、雾天一般不在野外使用，早晨露水未干时不使用，炎热的夏天中午时不使用，一般在下午 4 时后使用。

注意正确的处理方法：不同植物激素，不同的处理目的，所采用的处理方法往往也不同。有浸泡、喷施、蘸粉等方法。如赤霉素促进葡萄幼果膨大，就是将赤霉素溶液盛于烧杯、玻璃杯等容器中，逐穗对葡萄幼果进行处理，处理后每株及时挂牌作记号，防止遗漏和重复处理。

注意配制的特殊方法：有许多植物激素不能直接溶于水，应先进行特殊溶解。如生长素类应先溶于 95% 乙醇（几毫升）或 1 当量的 NaOH（几毫升），然后用水稀释到所需的体积，赤霉素也是先溶于 95% 乙醇中，而细胞分裂素则先溶于 1 当量的 HCl 中。

药剂浓度表示法及稀释计算方法

农业生产中常用的药剂浓度表示法有百分浓度、百万分浓度和倍数浓度等。百分浓度（%）是指在一百份药液中含有药物有效成分的份数。如 80% 敌敌畏乳油内含有敌敌畏 80%，有机溶剂及乳化剂 20%；百万分浓度（ppm）是指在一百万份药液中含药物有效成分的份数，常用于使用浓度较低的植物激素等药物的表示；倍数浓度即药液中稀释剂的量为原药品加工品量的倍数，一般不能直接反映出药品的有效成分的稀释倍数。在 100 倍以下浓度的稀释计算中，应减去药剂所占的一份，如 50 倍稀释时，即用原药 1 份加水 49 份而成；在 100 倍以上稀释时，不必减去原药的份数，如 1000 倍稀释，即用原药 1 份加水 1000 份而成。

在生产中常常要涉及到几种浓度之间的换算问题。

百分浓度和百万分浓度的换算

百万分浓度（ppm）= 百分浓度（%）× 10000，即百分之几有效成分的药剂就是几万个 ppm 的药剂。

倍数与百分浓度、ppm 之间的换算

$$\text{百分浓度（\%）} = \frac{\text{原药剂浓度}}{\text{稀释倍数}} \times 100$$

例 25% 的多菌灵稀释至 500 倍，稀释后药剂的百分浓度和 ppm 浓度各是多少？

$$\frac{25}{500} \times 100 = 0.05\%，\text{百分浓度为 } 0.05\%；$$

$$0.05 \times 10000 = 500，\text{百万分浓度为 } 500\text{ppm}。$$

药剂浓度稀释的计算方法有按成分计算、按倍数计算和交叉交叉法计算等。

按有效成分计算

求稀释剂的用量

$$\text{稀释剂用量} = \frac{\text{原药剂重量} \times \text{原药剂浓度}}{\text{所配药剂浓度}}$$

例：用 40% 矮壮素水剂 50 克，稀释成 500ppm 药液，应加多少水？

$$\frac{50 \times 400000(\text{PPM})}{50} = 400000(\text{克}) = 400\text{公斤}, \text{即应加水 } 400\text{公斤}。$$

求用药量

$$\text{原药剂用量} = \frac{\text{所配药剂重量} \times \text{所配药剂浓度}}{\text{原药剂浓度}}$$

例：用 40% 乐果配制 400ppm 的药液 100 公斤，要原药量多少？

$$\frac{100 \times 400}{400000} = 0.1\text{公斤}, \text{即需 } 40\% \text{乐果 } 0.1\text{公斤}。$$

按倍数法计算

求稀释剂用量

$$\text{稀释剂用量} = \text{原药重量} \times \text{稀释倍数} - \text{原药重量}$$

例：用 87% 茅草枯 1 公斤加水稀释 50 倍除草，要多少水？

$1 \times 50 - 1 = 49$ 公斤，即加 49 公斤水。

例：用 50% 西维因 0.2 公斤，加水 500 倍喷雾，要加多少水？

$0.2 \times 500 = 100$ 公斤，即加 100 公斤水。

求用药量

$$\text{原药用量} = \frac{\text{所配药剂量}}{\text{稀释倍数}}$$

例：配 50% 敌敌畏 1000 倍稀释液 100 公斤，原药用量为多少？

$$\frac{100}{1000} = 0.1 \text{ 公斤，即要 50\% 敌敌畏 0.1 公斤。}$$

用十字交叉法计算

十字交叉法可同时计算出所需的原药剂用量和稀释剂用量，而且还可以将同类型高浓度药剂与低浓度药剂换算成所需的中间浓度。



甲=原药剂浓度（有效成分）

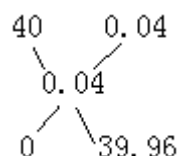
乙=稀释物浓度（水、泥粉的浓度为零，和其他低浓度液剂或粉剂作稀释物，则指它的有效成分）

丙=需要配制的浓度。

丁=（丙-乙）需原药剂（甲）的份数。

戊=（甲-丙）需稀释物（乙）的份数。

例：40% 乐果乳油与水稀释成含 0.04% 有效浓度的稀释液 100 公斤，需要 40% 的乐果和水各几公斤？



$$\text{丁} = 0.04 - 0 = 0.04$$

$$\text{戊} = 40 - 0.04 = 39.96,$$

$$\text{所需 40\% 乐果原液数} = \frac{0.04}{0.04 + 39.96} \times 100 = 0.1 \text{ 公斤，}$$

$$\text{需水量} = \frac{39.96}{0.04 + 39.96} \times 100 = 99.9 \text{ (公斤)。$$

即需要 40% 乐果乳油 0.1 公斤，需加水 99.9 公斤。

农业节水技术

水是农作物生长发育所必需的，我国是一个水资源缺乏的国家，我国广大的北方地区，水成了农作物收成好坏的一个关键因素。我国自然降水量低，而且全年的降水主要集中在雨季，又使水大量流失，使得全年的供水矛盾越来越突出。尽管各地建造了不少大、中、小型水库，缓解了部分供水矛盾，但缺水仍然是农业生产中第一位的不良环境因子。我国劳动人民长期以来兴修水利、培育抗旱品种，取得了不少成就。随着科学技术的发展，特别是对作物需水规律及植物对水分的生理基础的研究，对农作物供水技术有了较大的突破，滴灌技术、喷灌技术等农业节水技术逐渐得到推广和普及，为农业的稳产高产作出了贡献。

滴灌技术

滴灌是指以小水滴或是细小水流缓慢地施于植物根层的灌水方法，是灌水作业机械化、自动化的先进技术。目前，世界上滴灌技术应用最广泛的国家是以色列、加拿大、美国和日本等。我国从 70 年代开始，在东北、华北、西北等地进行滴水灌溉，取得了很好的效果。近年来，作为国家“九五”攻关项目的节水工程，在中科院上海植物生理研究所等科研单位和大专院校的有关专家带领下，在我国的华北地区、上海、浙江、大连、广州等地进行推广试验，从滴灌的技术到机械设备都开展了深入的研究，滴灌技术将成为我国先进的供水技术，大大缓解农业生产中的供需水矛盾。

滴灌供水具有以下几个方面的优点：

省水：滴灌可以防止水分向深层土壤渗漏，也可以减少地表径流和水分蒸发。因此不仅比畦面灌溉省水，而且与喷灌相比较，也能节省一半水量，还能防止土壤盐分积聚和土壤板结，有利于土壤通气，能较好地满足作物对水分的需求。在水源缺乏的干旱地区推广更具有其特殊意义。

省力：采用滴水灌溉对土地的平整要求不高，甚至可以在高低不平的坡地上进行，既不需要修渠，也无需做堰，灌水实现自动化，所需的劳力很少。

高产：滴灌的特点就是连续地或间断地小定额供水，为作物根部创造一个良好的水分、养分和空气条件。作物“头干足湿”，生长一致，病害很少，在大棚栽培中可增产 50% ~ 100%，而且品质很好。在大棚黄瓜滴灌中，产量从对照的（浇灌）983 公斤提高到 1205.3 公斤，增可与肥料、农药及植物激素一起使用：特别是化肥的使用，可使化肥用量减少近一半，提高肥效，降低农业成本。

当然滴灌需要一定的设备和投资，还应有一定的技术，在我国还存在着管道系统及成套设备的生产质量等问题。但随着“九五”攻关的完成，这些问题将很快得以解决。

滴灌技术的应用，首先是从大棚栽培蔬菜开始的，在黄瓜、蕃茄、茄子、辣椒、南瓜、西瓜生产中已取得了很好的经济效益，现已应用于果树（如葡萄、草莓等）、花卉等经济作物和部分粮食作物（如小麦、玉米）的生产栽培中。

滴灌系统通常有下列主要构件；水源、水泵、过滤器、流量和压力调节器、肥料混合水箱、加肥料的注射器、管道系统（干管、支管和毛管）和滴

头。

滴头的主要作用是在一定的压力条件下保证以恒定的流量滴水（0.9 ~ 9.1 升/小时）。主要形式有通过式和端头式两种，共同特点是让水流通过很长很细的管道来消耗其能量，这样尽管作用在滴头上的压力较大（0.35 ~ 2.1 公斤/厘米²），但其流出量却很少。滴头一般布于作物根系附近的地面上，一般用硬塑料做成，每株植物周围设 1 至几个滴头。

毛管一般用掺有煤灰的低密度聚乙烯制成，可防止管内长水草，管径 10 ~ 20 毫米。干管、支管则用 30 ~ 50 毫米的硬聚氯乙烯管。果树每亩要用 100 米塑料管，宽行作物每亩要用 200 ~ 700 米塑料管（行距为 0.3 ~ 0.9 米时）。

过滤器就是每平方厘米上有 30 个以上孔眼的网，一般要求能排除 0.4 毫米及以上的杂质颗粒。

肥料混合箱容积一般为 50 ~ 100 升。

喷灌系统的工作压力一般为 0.35 ~ 2.1 公斤/厘米²。如果没有天然的水源（如水库），就要用离心泵加压。

设置滴灌系统要备有灌区的地形图、地形剖面图、土壤土质资料、水质及气象资料、水面蒸发资料、水的含沙量及植物种类，以便选择滴头和考虑滴头被堵的可能性及防止措施。

用水量应根据作物种类和气象、土壤情况而定。若按每日滴灌，可使土壤经常保持最优持水量，这样管子可细一些，比较经济。用水量与作物需水量和蒸发量有关。

$$K = \frac{V_c}{E} = 0.6 \sim 0.75$$

K—用水量系数；

V_c—需水量，相当于作物生长、蒸腾的水量。

E—水面蒸发量，经常选用多年观察资料中一日最大蒸发量计。

作物的每日需水总量 $W = V_c \cdot A$ ，A—需水面积。

滴头的选择是根据每一株作物的日需水量，决定滴水时间，来确定每一株作物要用多大水量的滴头，用几个。

管路水压计算时要考虑到管道的长度、管壁的摩擦系数（主要取决于管壁的粗糙度）。一条毛管的水头损失应小于滴头工作压的 20%。滴头的工作压目前常用的有两种：一是流量 2 公升/小时，工作压力为 1.275 公斤/厘米²；另一种是流量 4 公升/小时，工作压力为 1.17 公斤/厘米²。

选择滴头主要视作物情况，如在蔬菜地上滴灌，计划采用 2 公升/小时流量的滴头，滴头间距半米，若作物允许滴头间距扩大到 1 米，则可采用流量为 4 公升/小时的滴头。

各滴头的滴水差不超过 10%，滴头的压力损失，即距水源最近的一个滴头和最远的一个滴头的压力差不能超过 20%。滴头是滴灌系统的关键设备，要求很严格，不能在管内压力有微小变化时就停滴或喷水，应始终保持滴水状态。国内外的滴头普遍使用螺纹设施，来保持管内压力正常，使滴头保持滴水状态。

为了使一个支管系统的压力和流量经常保持稳定，可在支管上安装流量调节器，或用一个压力表和阀门，控制进入支管的流量和压力。

一套滴灌系统，总的水头损失有：

水通过化肥罐时的水头损失，这个值较小，仅为 0.5 左右；
过滤器水头损失较大，为 6 米左右；
主（干）、支、毛管各处管路水头损失；
局部水头损失，一般为 10% 左右。

喷灌技术

喷灌是用动力将水喷洒到空中，充分雾化后成为小水滴，然后像下雨一样缓慢地落在地面上的一种供水技术。我国早在 50 年代就有喷灌技术的应用，经济效益十分显著。现有 20 多个省、市、自治区应用喷灌技术，主要有茶园、果园、蔬菜园、菌圃等经济植物的种植区。喷灌技术有以下几个优点：

节水：和浇灌相比较，喷灌具有明显的节水功能。由于水喷洒在空中，形成雾状小雨点，增加了空气中的湿度，减少了植物叶片的蒸腾和地表水分的蒸发，在夏天高温时还起到降温作用，容易形成适合农作物生长的小气候。

省工：和滴灌一样，喷灌时可以将农药、化肥、植物激素等药品溶于水中，一齐使用，省去了劳动用工。由于实行完全的自动化管理，在用工上也比浇灌省。

喷雾均匀：喷灌后土壤比浇灌不易板结，肥料也很少流失，土壤中盐分不会上升，综合效果较好，能使农作物生产做到稳产高产。

喷灌设备主要由动力机（电动机、汽油机、柴油机），供水泵，主、支管路和喷洒器组成。其中最主要的工作部件是喷洒器，各主要参数的确定方法如下：

喷洒器：是喷嘴、旋转器和密封机构的总称，其工作性能的好坏主要由喷嘴决定。

射程：按射程远近可分为：远（40 米以上）、中（20 ~ 40 米）、近（20 米以内）三种喷洒器，生产中可按照实际情况选择适合的射程。

喷洒器的垂直射流高度（Hc）可按式计算：

$$H_c = \frac{H}{1 + fH} \quad H \text{ 为架高}$$

$$\text{式中：} f = \frac{0.00025}{d + 1000d^3} \quad d \text{ 为喷嘴直径。}$$

倾斜射流射程 R 为：

$$R = a \cdot H_c \quad a \text{ 为倾角系数，与射流倾角有关。}$$

影响射程的因素有：

倾角。喷嘴选择适当的倾角可以得到较远的射程，一般倾角在 30° ~ 35° 范围内较为合适。当其倾角过大时，受风力影响严重，会使射程减小。

整流器。因为进入喷嘴前的流束，由于转变而不可避免地要带有轴向旋涡，从而影响射程。通常在喷嘴前加装整流器，使流束恢复到自然紊流状态，引导正常运动的流束进入喷嘴，整流器以管形效果最好。在水管直径为 20 毫米时，整流器的长度为 100 ~ 150 毫米，一般装在距喷嘴口 350 ~ 400 毫米处。

流量：在满足雾化、均匀性的前提下，喷嘴的流量是评定其生产能力高低的一项重要指标，喷洒器的流量按下式计算：

$$Q = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2gH} \cdot 3600$$

Q —喷嘴流量，米³/时 μ —流量系数（0.9~0.97） g —重力加速度，米/秒² H —喷嘴工作压力，米， H^2F —喷嘴出口面积 H^2 。

均匀性：在喷洒面积上要求各处具有均匀的降水量是十分重要的性能指标，可由下式计算：

$$K = \frac{P}{P_0 + |P_0|}$$

$$|P_0| = \frac{\sum |P - P_0|}{n} \quad P - \text{各点测量的降水强度}$$

P —各点测量的降水强度

P_0 —喷洒面积上的平均降水强度；

n —观察用降水器的数目。

k 值小时，喷洒均匀； k 值大时，喷洒不均匀。一般情况下喷嘴在其喷洒面积上难以达到均匀的降水量，中间射程上的降水量多，最近和最远处的降水量少。故生产上常采用几个喷嘴以不同的射程同时组合工作来提高均匀性的指标。

喷洒器的回转速度：为了使降水量均匀，需使喷洒器回转或扇形摆动工作，其转数在 0.3~3 转/分为宜。转速过大会使射程降低，所以喷嘴转动应低速而均匀。

加装整流器、流束粉碎器和选择适当的仰角，可以提高喷洒器的工作性能。

除了喷洒器外，喷灌器械中的动力水泵的功率和性能，主、支管的管径以及管内压力的损耗系数，都将影响到喷灌的效果，在喷灌技术的应用时应予以考虑。

喷灌、滴灌节水技术，如结合塑料大棚栽培技术和地膜覆盖技术，对于水的合理使用，缓解农业生产中的供需水矛盾，会有更好的效果。

生态农业

随着农业产业结构的调整，农村土地渐渐地向农业生产专业户集中。种粮大户、养殖大户越来越多，农业生产向着集约化方向发展。它不仅有利于降低农业生产成本，有利于机械化生产，提高经济效果，也使生态农业的形成变为可能。

生态农业及特点

所谓生态系统是指由有生命的生物及它们所处的非生命环境构成的统一整体，它是一般系统的特殊形态，是指特定空间地段，由生物和无机环境组成，通过能量、物质转换，相互联系相互制约所构成的一个生态学功能单位。它有边界，有范围，也有层次。

生态农业就是用生态学的知识来指导农业生态，使得在特定的生产范围内（如承包责任田、山地等），合理地安排和布局各种生产形式（如种植、养殖等），使该系统范围内形成能量及物质转换的良性过程，达到最佳的运行状态，产生较高的经济效益和社会效益（如环境保护等）。生态农业模式的形成，是农业现代化的一个重要标志。

生态农业所形成的系统与自然条件下的生态系统相比较，有以下几个特点：

人工性：它是在人类的生产活动下形成的，它的发展受到人类的调节和控制，不但在良种的选择和培育上，而且在系统中的各个环境条件上，都由人类直接设计和制作，受到人类的干预和调节。这种人工特性，随着现代科学技术的发展和进步，将表现得越来越突出。

不稳定性：由于它受人类的干预很大，所以整个系统的运转规律完全不同于自然条件下的相对稳定性。它会在人类干预下随着出现适合和不适合的运转形式，往往会因人类的需求，而使系统中的动植物种类趋于单一化，结构简单，系统的自我调节能力差，因而造成农业生产的不稳定性。

开放性：生态农业系统由于人类的需求，一方面不仅供给外来的能量与物质，另一方面又不断地以产品的形式从系统中取走能量与所需的物质。因此整个系统是开放性的。这与自然生态系统在一定时间、空间范围内，其能量物质在系统内转化循环，形成相对独立、封闭的、自我均衡的生态系统，有着明显的差别。

高产性：生态农业系统中的生产效率显著地高于自然生态系统。这是因为人类通过良种、耕作、施肥、灌溉和病虫害防治等一系列农业技术措施对该系统的干预。如以高产作物品种和畜禽良种进行培育生产，从而提高了农业环境资源的利用效率，尤其是大幅度的提高太阳能的利用率。但是，应该指出该系统的高产性是有其物质基础的，只有足够的物质和能源的输入，才会有产品的高产出。如果只靠有机物的自然循环，要想获得大量的产品输出是不可能的。

高科技含量：生态农业系统的建立、操作、调控，都需要有较高的科技含量。生产者应掌握生物学、生态学、环境科学、气象地理等多方面的基础知识，才能保证系统运行的科学性和合理性，单靠传统农业中以经验型为主的操作方式是不行的。要知道怎么做，更要知道为什么这样做。

生态系统的组成

一个生态系统是由生物和非生物环境两大部分组成的。其中生物部分按它们在生态系统中所处的地位和作用不同，可分为生产者、消耗者和分解者三大类群：非生物环境的要素由太阳光、大气、土壤、水域、二氧化碳、氧气、无机盐类和有机小分子物质等构成。

生产者：是指能制造有机物质的自养生物，以绿色植物为主，包括少数能自营生活的菌类。绿色植物具有在光下进行光合作用，吸收二氧化碳、水和无机盐类制造各种有机物的能力。它们是生态系统中其他生物维持生命的物质和能量的提供者。少数细菌也能利用光能或化学能合成有机物，但它们所生产的有机物数量较少。

消费者：是指直接或间接地利用绿色植物所制造的有机物获得能量，为异养型生物。根据它们所处的位置分为一级、二级、三级消费者。一级消费者一般指食草动物，如牛、羊、马、兔、菜青虫、蝉等，它们以植物的根、茎、叶、花、果实（种子）为食，在生态系统中是绿色植物生产的有机物的最先“享受”者，又称初级消费者。二、三级消费者是以食草动物或弱小动物为食的肉食动物，二级消费者以初级消费者为食，三级消费者又以二级（包括初级）消费者为食。如蝉吸杨树汁，螳螂吃蝉，黄雀又吃螳螂，形成了一个食物链。在这个食物链中，生态系统的物质和能量得以传递和运输。消费者中还包括一些寄生动物，如金小蜂寄生在棉铃虫的幼虫上；也包括腐食动物，它们以动植物残体为食，如秃鹰等；还包括杂食性动物，它们既吃植物也吃动物，如麻雀、熊、鲤鱼等。

分解者：主要是微生物，也包括某些以碎屑为食物的动物（如蚯蚓）和腐食动物。它们以动植物的残体和排泄物中的有机物为自身生活的能源，并将有机物分解成无机物回归环境，完成物质循环。如果自然界中没有分解者，生态系统就无法形成能量和物质的循环，死亡有机体和废弃物就会堆积如山，生物就无法生存。

非生物环境：是生态系统中的无生命成分，又称无机环境。它的各要素为生物的生存提供能量、物质和活动场所，在生态系统中与生物之间进行着从无机物到有机物，再从有机物到无机物的物质变化，以维持生态系统的平衡，推动着生态系统的发展。

生态农业中所形成的系统，也存在着生产者、消费者、分解者和非生物环境因素等组成成分。但由于它具有人工性和开放性两大特点，在人类的调节和控制下，整个系统中的某一部分可能得到加强，而另一部分相对减少和不明显，如一个以养殖业为主体的生态农场中，由于消费者的食物往往以饲料的形式由人提供，系统中的生产者与消费者之间的关系不是一种自然状态下的关系，生产者可能被削弱而不处于主导地位。同时消费者又被人类作为生产产品而移到系统之外，消费者和分解者之间的关系也会变得不明显和不密切。但是，无论如何，系统中的各种关系越趋于自然循环，其生产成本就越低。人类真正的作用应该是促使系统中的能量与物质循环加快，而不应过多或过强烈地干扰各成分之间的关系。

生态农业模式

近年来全国各地出现了一批生态养殖场、生态种植场、生态农场，他们以生态学的知识为指导，在种、养殖中注意到各种生物之间的物质与能量关系，以及生物与非生物环境之间的物质与能量交换，在提高经济效益、保护环境、提高产品质量与产量等方面都取得了很好的经验，形成了各种主导产品生产的生态农业模式，为生态农业这项技术的推广，树立了很好的样板。生态农业也是我国政府重点扶持下产生的新事物。

下面将以一个以养猪生产为主导而形成的一个理想型的生态农业系统（见图），通过对该系统内的各项成分的关系和运转方式的分析，来提高大家对生态农业模式的认识，各地可根据自己的实际情况，建立适应自身需求和发展的生态农业模式。

该模式由于是开放性的，所以系统有入口和出口。外来的生猪饲料供养殖，生产肉猪或仔猪，直接作为农场的产品输出，这也是一般养猪业的途径。模式是紧紧围绕着生猪养殖所产生的排泄物的处理和利用展开和设计的。干的粪便收集后，经堆积发酵处理，可作为饲料栽培基地的肥料，也可以作为食用菌栽培基地的原料。堆积过程中通过微生物分解，将有机物转化为无机物，食用菌栽培中也存在着有机物向无机物转化，生产食用菌作为产品输出。饲料栽培基地利用发酵后的排泄物，以及自然中的光、二氧化碳和水等，生产饲料作物，如大麦、大豆、蕃薯等，它们的种子和块根等作为饲料直接供生猪养殖，它们的茎秆枝叶一方面经发酵后作发酵饲料，另一方面可供食用菌栽培，作为原料，形成了系统中能量与物质循环的一条途径。

用干净水冲洗猪圈，排泄物溶于水中，此时的水是富营养化的水（含有较多有机物和无机养分），不可直接供应养鱼。因为一方面富营养化水要引起水质污染，发黑发臭；另一方面富营养化水中极易形成水藻及浮游生物大量繁殖，和鱼塘中的鱼类争夺水中氧气，引起鱼类死亡。因此先在污水净化池中将污水进行逐步净化，也可以直接排放到沼气池中生产沼气，供生猪养殖所用。污水净化池中经过微生物的分解，将大部分有机物分解成无机物，在污水池中再养上水葫芦、绿萍等，让这些水生植物吸收掉部分的水中营养物质（主要是无机物），使水质得到初步净化，此时的水中所含的有机物、无机物及水里浮游生物、藻类等，很适合鱼塘养鱼，既保证了鱼类所需的饵料，又不会造成塘水缺氧，污水净化池中所生产的水葫芦、绿萍等水生植物，又是生猪养殖很好的青饲料。如果把污水净化池建在猪圈的房顶，还可起到隔热作用，使猪圈夏凉冬暖。鱼塘中所生产的鱼，又是农场中的产品之一。鱼塘一方面生产鱼，增加了农场的收入；另一方面，通过鱼塘中的水藻、浮游生物的分解作用，将水中剩余的有机物进一步分解成无机物，回归自然，使水质进一步得到净化。当然鱼塘中所养的种类应尽可能多样化，不可过于单一。鱼塘中的水面内，本身又是一个小型的生态系统。鱼塘的水经进一步的净化处理，可直接供应农场中的养猪、饲料栽培、食用菌栽培之用。

以上分析，我们同样只关心到人类的需要和农场的经济效益问题，存在着明显的人工性特征。该生态农场中的物质和能量的关系，还有许多没有分析清楚，如阳光、温度、土壤、水源、病虫害及防治等等问题，这些在生态农场的实际操作中，是应该引起重视的。

目前全国各地的生态农场已有不少，它们往往是根据当地生产中的主要矛盾而设计的，如温度、水源、阳光、饲料、人工等。它们的共同点都是使

农场的产品多样化，经济效益明显提高，同时对环境保护也作出了贡献。

