

# 第一章 生态农业概述

## 第一节 生态农业的提出

在人类近万年的农耕历史中，经历了刀耕火种的原始农业，自给自足的传统农业，以及伴随着工业社会发展形成的、以机械化与化学化为特征的现代农业等发展阶段。

西方现代农业在 20 世纪 30~40 年代，特别是第二次世界大战以后，在化学和机械工业推动下，得到迅速发展。它依靠向农业投放大量石油资源换来的化学品和机械动力，维持着较高的生产效率，故有人称西方现代农业为“工业化农业”或“石油农业”。

其主要特点是：高投入、高产出、高效率，但同时存在对生态环境的高污染和高破坏等方面的问题。具体表现如下：

1. 能量过度消耗 如按目前的能量消耗速度，地球上的石油贮量只能维持 40~100 年。

2. 水资源不足 全球性的水资源在质和量的方面都面临着比以往更严重的危机，发展灌溉正受到资源和经济条件的限制。

3. 生产成本增加 随着能量投入的增加，以及燃油、化肥、农药等价格的上涨，使农产品成本迅速增加，农民收入下降，政府的财政负担也日益加重。

4. 环境污染加剧 已造成大气污染、土壤污染、水污染、生物污染和农产品污染，并最终危及人、畜健康。

5. 产生其他多方面的负效应 如水土流失，灾害频发，草地退化，土壤沙化等等。

至 60 年代，西方“石油农业”带来的生态环境问题达到了顶峰，危及世界农业及经济的发展。这时，西方各国的政治家、科学家都在探索农业发展的方向、道路、模式，并相继提出了“替代农业”模式，如“有机农业”、“自然农业”、“生物农业”、“生物动力学农业”等等。

1971 年美国土壤学家 William Albrecht（威廉姆·艾布瑞克特）在《Acres》杂志上首先提出了生态农业思想，他从土壤—植物—动物是一个相互联系的有机整体出发，认为只要通过增加土壤腐殖质，建立良好的土壤条件，就会有健壮的植物和健康的动物，而不需要使用农药。他提出了生态农业后，在美国很快形成了一个生态农业潮流，并继而波及全世界。

我国是在 1981 年四川省遭受特大洪涝灾害之后，正式提出了生态农业的概念，指出只有大力提倡和推广生态农业，中国农业才大有希望。

## 第二节 生态农业的内涵

经过近几十年的不断实践和探索，生态农业的内涵逐步扩展并日趋完善。

1. 生态农业的概念 生态农业是根据生态学生物共生和物质再生等原理，运用现代科学技术和系统工程方法，因地制宜，合理安排农业生产的优化模式。主要手段是通过提高太阳能的利用率，使物质在系统内部得到多次重复利用和循环利用，以高效和无废料等特点来组织和发 展农业。其主要目的是：提高农产品的质和量，满足人们日益增长的需求；使生态环境得到改善，不因农业生产而破坏或恶化环境；增加农民收入。

2. 生态农业的特点 生态农业要求按遵循生态经济学规律进行经营和管理，要求将宏观的农业生态系统工程和微观的生物技术工程结合起来。在宏观上协调生态经济结构，协调生态—经

济—技术关系，促进生态经济系统的稳定发展，建立宏观的动态平衡；在微观上做到多层次物质循环和综合利用，以较少投入，争取为社会提供量大、质优的农副产品。

3. 生态农业的内容 生态农业主要包括 5 个方面的内容：

(1) 建立综合农业体系，统一规划，协调农、林、牧、副、渔业生产，使每种农产品的“废料”均能作为一种农业环节上的原料或饲料，沿着食物链多次循环利用，变废为宝，形成无废料、无污染的生产系统。

(2) 充分利用太阳能，提高土地生产率，因地制宜建立立体式结构，把山、水、林、田联成一个整体，极大地提高植物对太阳光能的吸收和利用。

(3) 开发能源，如发展农村沼气，建立太阳灶、省柴灶，利用水能、风能和地热能等，降低能量消耗。

(4) 扩大肥源，科学地使用肥料，多施有机肥，实行秸秆还田，改革耕作制度等，不断提高土壤肥力。

(5) 改善和提高农业劳动者的生活和收入。

### 第三节 生态农业的特征

生态农业与传统农业不同，其主要特征是：

1. 整体性 生态农业是一种整体性农业，它的结构十分复杂，具有层次多、目标多、联系广的特点，构成复杂的立体网络。它按生态规律要求进行调控，把农、林、牧、副、渔、工、商、运输等各业组成综合经营体系，整体协调发展。

2. 层次性 生态农业有多级亚系统。如有以户为单元的家庭生态农业，一个村的村生态农业，一个特定小区的小区生态农业，一个县的县生态农业。各个亚系统在功能上有差别：有的从事粮食生产，有的从事蔬菜、水果、林木的生产，也有的亚系统是综合性的。所有这些都为人类的食物生产开辟了多种途径，可

通过横向联系，组成一个综合经营体。

3. 地域性 生态农业具有明显的地域性。环境决定和影响生物，生物依赖并改造环境。因此，必须树立因地制宜的观点，严格按照地域分异规律的要求，才能发挥地区优势，取得成效。我们不应一味提倡陡坡开荒。山地开荒虽然使山区生产了一些粮食，但毁了林，破坏了生态，恶化了气候，直至殃及下游的良田。

4. 调控性 生态农业的调控措施主要有四条途径：第一，充分利用自然条件。如充分利用光能、热能，合理利用水、土资源等；第二，变不利因素为有利因素，如治理“三废”中农业合理的布局；第三，改造生态环节，如造林、治山、治水，应用生物措施等；第四，把自然调控和人工调控结合起来，有效地保护和改善自然环境，促进农业发展。

5. 建设性 生态农业是一种建设性农业，重视统一规划，并注意运用现代新技术、新成果，努力完成发展生产和改善环境的双重任务，以利于建设经济、繁荣经济、美化环境。因此，生态农业能够把经济、生态、社会三大效益统一起来，在良性循环的轨道上持续发展。

#### 第四节 中国生态农业的发展

经过 20 多年的实践，我国生态农业建设已从生态农业户、生态农业村（场）、生态农业乡，发展到生态农业县。全国生态农业试点已经达到 2 000 多个，其中生态农业试点县 200 多个，遍布全国 30 个省、直辖市、自治区，生态农业建设面积达 0.067 亿公顷，占全国耕地面积的 7%左右。我国生态农业建设已取得了显著的经济、生态、社会效益，并受到国内外的重视和关注，已有 7 个生态农业示范点被联合国环境规划署授予“全球 500 佳”称号。进入新世纪，我国生态农业将会有有一个更大的发展。

## 第二章 生态种植技术

### 第一节 因土种植技术

作物的土壤生态适应性是作物因土种植的依据，也是因土种植的具体技术。

#### 一、作物对土壤水分的适应性

农作物在生长过程中，需要消耗大量水分。每形成 1 千克产量（干物质），一般需要蒸腾 1 吨左右的水（包括自然降水、地下供水及人工灌溉的水分）。但不同作物对水分的需要和反应差别很大，每形成 1 千克干物质需要消耗水 300~500 克不等，一般  $C_4$  作物对水分的利用率比  $C_3$  作物高 2~3 倍。 $C_3$  作物中，水稻、小麦、豆类的需水量又相对较多。根据不同作物对水分的适应性不同，可分为以下几种类型。

1. 喜水耐涝型 以水稻最为典型，植株的根、茎、叶组织中有通气间隙（占 25%），喜淹水或应在沼泽低洼地生长。

2. 喜湿润型 这类作物在生长期需水较多，适宜土壤和空气湿度较高。如陆稻、黄麻、烟草等，甘蔗喜高温高湿。

3. 中间型 这类作物包括小麦、玉米、棉花、大豆等，既不耐旱也不耐涝，或者前期较耐旱，中后期需水较多。

4. 耐旱怕涝型 这类作物较耐旱，但怕涝，适宜在干旱地区或干旱季节生长。如谷子、黍、甘薯、花生、芝麻、绿豆、黑豆、向日葵、苜蓿等。

5. 耐旱耐涝型 这些作物既耐旱又耐涝，适应性很强，在

水利条件较差的易旱地和低洼地都可种植，并可获得一定产量。如高粱、田菁、草木樨等。

## 二、作物对土壤养分状况的适应性

根据作物对土壤肥瘦适应性不同，可分为以下类型：

1. 耐瘠型 这类作物有三种：一是具有共生固氮的豆科作物，如绿豆、豌豆及豆科绿肥（紫云英、苜蓿、苕子、田菁）等；二是根系强大、吸肥能力强的作物，如高粱、黑麦、向日葵、荞麦等；三是根系和地上部不太强，但吸肥力较强或需肥较少的作物，如大麦、荞麦等。

2. 耐肥型 这类作物根系强大、吸肥多，要求土层深厚，土壤供肥能力强，一般产量较高。如小麦、玉米、裸大麦、粳稻、杂交水稻及许多蔬菜等。玉米在生产盛期需肥很多，这时缺肥常常会形成空秆。

3. 中间型 这些作物需肥幅度较宽，适应性较广。在较瘠薄土壤中能生长，在肥沃土中生长更好。如籼型水稻、谷子都属于这一类。

## 三、作物对土壤质地的适应性

1. 适砂土型 砂土质地疏松，总孔隙度虽小，非毛管孔隙度大，蓄水量较小，蒸发量大，蓄水、保肥性差，肥水较低，土壤升温快，昼夜温差大。很适宜花生、甘薯、马铃薯等作物的生长。瓜类（如西瓜、甜瓜）也很适宜，而且品质优良。

2. 适壤土型 壤土质地轻松，通透性良好，土壤肥力较高，适宜大部分作物生长。包括棉花、小麦、大麦、油菜、玉米、豆类、麻类、烟草、谷子、萝卜和绿肥等。其中需肥较多的小麦、玉米则适合偏黏的壤土型。

3. 适黏土型 黏性土壤一般有机质含量较高，土壤中潜在肥力较高，但供肥缓慢，苗期起发棵性较差，适宜水稻种植。我

国南方，由红、黄壤发育的水田，有机质含量较少，土质黏重，肥力较低，其他作物生长较差，但水稻可以生长，栽培得法，可获得较高的产量。其他如小麦、玉米、高粱、大豆、蚕豆等作物，也适宜在偏黏的土壤中生长。

#### 四、作物对土壤酸碱度和含盐度的适应性

不同的土壤类型，由于母质、成土条件和利用的不同，在土壤的理化性质、酸碱度和盐度方面，有很大差别。一般南方土壤多呈酸性，北方或沿海滩涂多盐碱土。不同作物各有不同的适应性。

1. 宜酸性（ $\text{pH}5.5\sim 6.0$ ）作物 这类作物有黑麦、荞麦、燕麦、油菜、花生、甘薯、水稻、木薯、马铃薯、烟草、芝麻、绿豆、豇豆、羽扇豆、肥田萝卜、紫云英等。

2. 宜中性（ $\text{pH}6.2\sim 6.9$ ）作物 主要有小麦、大麦、玉米、大豆、油菜、豌豆、向日葵、甜菜、棉花、高粱等。

3. 宜碱性（ $\text{pH}7.5$  以上）作物 主要有苜蓿、棉花、甜菜、苕子、草木樨、高粱等。

4. 耐盐作物 耐强盐渍化土壤的作物有向日葵、蓖麻、高粱、田菁、苜蓿、苕子、紫穗槐等；耐中等盐渍化土壤的作物有水稻、棉花、黑麦、油菜、黑豆、甜菜等；不耐盐的作物有谷子、小麦、大麦、燕麦、甘薯、马铃薯、蚕豆等。

#### 五、地势对作物分布的影响

主要表现在作物分布具有明显的垂直地带性。气温随着地势升高而下降，海拔每升高 100 米，气温大致下降  $0.4\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ ，但年降雨量反而增加。

由于海拔高低，导致雨、热条件的地带性，直接影响作物和熟制的分布，也有明显的地带性。阳坡，日照充足，温度较高；阴坡则光照弱，温度低，湿度大。坡度愈陡，这种差异愈大。一

般阳坡应安排喜光、喜温的作物，阴坡宜安排耐阴、喜凉的作物。

## 六、地形对作物种植的影响

由于地形的不同，如平原（内陆平原、沿海平原、湖区）、山地平原、盆地、山垄田（冲田）等，其土壤类型、光、水、气、热及土壤肥力因素各不相同，使作物与品种的分布也形成了明显的地域性。同一地区，微地形的变化，生态环境也会有差异，并影响作物的分布和布局。

南方多丘陵山地，地势虽不高，但地形起伏不平，在山丘之间的平坦地（大的称畈田，小的较窄长的称垄田），水利条件较好，土层较深，多辟有水田，种植水稻，并根据光、热（季节）和水分条件不同种植双季稻或单季稻（中稻或晚稻）。坡地则根据坡度大小、土壤肥沃度、土层厚薄以及水利等条件的不同，按上坡、中坡、下坡安排不同的作物。一般坡下部，土层较厚，水利条件好，可以开辟为梯田，种植水稻，也可以实行冬作（小麦等冬季作物或夏收作物）—双季稻或冬作—早稻—秋旱粮（玉米、大豆、甘薯）一年三熟。坡中部，水利条件较差，多开辟为旱地，种植旱地作物，如大麦、小麦、玉米、甘薯、大豆、花生等作物。坡上部土壤瘠薄，水分条件差，宜种些耐旱、耐瘠、抗风的作物，如甘薯、芝麻、小豆等，或者辟为果园。如果是低山，坡度较坡的，应封山育林，增加地面覆盖，保持水土。

江河的下游三角洲地区，土地平坦，土层深厚、肥沃，如长江三角洲、珠江三角洲等平原，是我国水稻的集中产区，在作物布局上以水稻为主，冬作、水稻一年三熟或两熟（冬作—单季稻）。太湖流域、江汉平原、洞庭湖平原、鄱阳湖平原等，一般河网密布，地下水位较高，土壤比较黏重，是我国南方的粮、棉、油集中产区，一年三熟或两熟，但在近湖和远湖区，土壤和水分（地下水位更高）方面有较大差别，作物布局也应有所不

同。沿海平原的土壤，因受海水影响，按离海的远近，其酸碱度、盐度和土壤物理性质都有很大差别，作物布局也不相同。

总之，不同作物，不同品种，对不同环境条件，有不同的生态适应性，形成作物分布的明显地带性、严格的地域性以及强烈的季节性，作物布局必须因地制宜、因土种植。

## 第二节 立体种植技术

### 一、立体种植概述

#### （一）什么叫立体种植？

立体种植，指在同一田地上，两种或两种以上的作物（包括木本植物）从平面、时间上多层次地利用空间的种植方式。凡是立体种植，都有多物种、多层次地立体利用资源的特点。实际上，立体种植既是间、混、套作的总称，也包括山地、丘陵、河谷地带的不同作物沿垂直高度形成的梯度分层带状组合。

#### （二）农作物立体种植的起源

公元前1世纪以前，就有农作物立体种植。如西汉《汜胜之书》中就有“每亩以黍稷子各三升合种之”、“区和瓜……又种薤十根、又可种小豆于瓜中”的记载。到公元6世纪，则发展到多种立体种植方式和如何发挥作物间的互利关系，避开作物间的不利关系。如《齐民要术》中进一步论述的桑园间作绿豆、小豆、谷子、麻和芜菁套作，葱与胡荽间作的多种间、套作方式以及“二豆良美、润泽益桑”、“慎勿于大豆地中杂种麻子”等经验。以后，随着时间的推进，立体种植技术逐渐发展，当前已成为提高土地利用率，促进农作物高产、高效、持续增产的重要技术措施。

#### （三）农作物立体种植的类型

农作物立体种植大致包括间作、混作、套作三类。

1. 间作 指在同一田地上，同时或同一季节分行或分带相间种植两种或两种以上作物的种植方式。所谓分带是指间作作物

成多行或占一定幅度的相间种植，形成带状，构成带状间作，如4行棉花间作4行甘薯，2行玉米间作4行大豆等。间作因为成行或成带种植，可以实行分别管理。特别是带状间作，较便于机械化或半机械化作业，与分行间作相比能够提高劳动生产率。

农作物与多年生木本植物相间种植，也称间作，也有叫“多层作”的。采用以农作物为主的间作，叫农林间作，以林（果）为主间作农作物的，叫林（果）农间作。

间作实际上是不同作物在田间构成人工复合群体，个体之间既有种内关系，又有种间关系。

2. 混作 指在同一块田地上，同期混合种植两种或两种以上作物的种植方式。混作与间作都是于同一生长期由两种或两种以上的作物在田间构成复合群体，是集约利用空间的种植方式。但混作在田间一般无规则分布，可同时撒播，或在同行内混合、间隔播种，或一种作物成行种植，另一种作物撒播于其行内或行间。混播的作物相距很近，但因在田间分布不规则，不便于分别管理。生产上要求混种的作物的生态适应性一致或相似。

3. 套作 指在前作物生长后期的株行间播种或移栽后季作物的种植方式，也叫套种、串种。如于小麦生长后期每隔3~4行小麦播种一行玉米。套作不仅能阶段性地充分利用空间，更重要的是延长后作物对生长季节的利用，提高复种指数，提高年总产量。套作是“老少结合”，而间作则是“兄弟结合”。

#### （四）立体种植增产的原因

立体种植是人类模拟植物自然群落而建造的人工复合群体。因此，作物群体具有空间上的成层性和地下根系层状分布以及能充分利用生长季节等特点。概言之，立体种植一是能提高光能利用率；二是可充分利用生长季节；三是可发挥边行优势，充分利用光、热、水、气；四是可利用不同作物的抗逆能力，稳产保收；五是能利用不同作物间分泌物的互利作用。

## 二、立体种植的技术原则

生产实践证明：并不是所有作物随便组合和搭配便可增产。如果处理不好，或条件不具备，不仅不能增产，还会减产；或者虽能增产，但高耗低效。因此，在发展立体种植时，在技术上应遵循下列原则。

1. 要有利于缓和作物间的竞争 在农作物立体种植中，作物间的竞争是不可避免的，且有一定竞争效应。但竞争过于突出和加剧，就意味着立体种植有失败的可能性。在立体种植情况下，作物间的竞争主要发生在作物的地下部分，应尽可能做到定量施肥、合理灌水、精细管理。光竞争发生于作物的地上部分，为了缓和竞争，应适当缩小高度差，高秆作物应选植株较矮、叶片高度较小的品种；带型适当放宽，东西带向。

2. 要确定优化带型 带型指选用的条带形式。在立体种植中，播带与空带比例是否合理，个体营养面积是否合理，作物间竞争的强弱、群体结构的优劣以及产量高低、收益大小，均与带型密切相关。各个地区应根据地区特点，在实践和科研中选择自己的优化带型。

3. 要选择适宜的作物种类和品种 实行立体种植时，选择作物的种类和品种，必须遵循高秆和矮秆、垂直叶与水平叶、尖叶与圆叶、深根系与浅根系、喜光与耐阴、需氮与需磷钾、喜温与喜凉、耐旱与耐涝作物搭配的原则，以尽量发挥互补，缓和竞争。

4. 要确定合理的群体密度与田间结构 在确定作物种类和品种之后，一般在单作的情况下，田间结构比较简单，主要决定于密度和行株距，而在立体种植的情况下，田间结构除了行株距外，还牵涉到带型、行比等，既要保持一定的密度，又要有良好的通风透光条件，尽量减少相互间的竞争，既要考虑到立体种植对水肥条件的反映，又要考虑到作物的生长、田间管理和机械化的要求等

5. 要采用相应的栽培技术措施 在立体种植的情况下，要缓解作物间争光、争水、争肥的矛盾，还必须采取相应的栽培技术措施。

(1) 调节播种期的技术 可从两方面着手，一是在适期播种的范围内，适当推迟播种期，在播期的具体调节技术上，常安排容易受抑制的作物先播，以增强其竞争能力；二是推迟套种日期，生产上常采用育苗移栽技术，缩短共生期，把种间竞争降低到最低限度。

(2) 争取全苗技术 在套种情况下，两种作物共生的下位作物，容易发生缺苗断垄现象，故保全苗是套种成功的关键之一。为了全苗，在技术上，一要在套播地预留空行，实行冬翻冻凇，施足底肥；二要保证前作物增产前提下，及时扶理后茬，可有效地提高田间光照强度和温度，以利幼苗健壮生长。

(3) 促进后作物壮苗早发技术 套作的作物共生期间，处于下位的作物，基本上处于受抑制的生长状态。在共生期间，要及时抓好“五早”即早间苗、早补苗、早中耕除草、早追肥和早治虫。一旦前作物收获后，要及时对套种的后作物进行中耕、除草、追肥、防虫等田间管理工作，迅速使弱苗转为壮苗，及早发棵。

(4) 大力应用化学调控技术 实践证明，应用植物生长调节剂缩节胺、802等，对复合群体条件下的作物生长发育进行调节和控制，具有控上（高层作物）促下（低层作物）、协调各种作物正常生长发育、塑造理想株型，以及促进成熟等一系列综合效益，且有用量少、投资少、见效快、效益高、使用简便安全等特点。运用植物生长调节剂进行调节，可协调各种作物个体发育与群体生长的矛盾，促进复合群体条件下作物高产、稳产。

(5) 综合防治病虫害 立体种植可以减少病虫害，也可能增添或加重某些病虫害，对所发生的病虫害，要对症下药，认真防治，特别要注意防重于治，不然病虫害的发生会比单一作物种植更加严重。在用药上要选好农药，科学用药，特别是间、套供直

接食用的瓜、菜类作物等，用药要高度慎重，应选用高效、低毒、低残留农药。对于害虫，除物理和化学方法外，要注意运用生态学规律，利用植物诱集、繁衍天敌，达到以虫治虫，进行生态防治，可收到事半功倍的效果。

(6) 早熟早收 为了削弱复合群体内作物间的竞争关系，促进各季作物早熟、早收，特别是对高位作物，是不容忽视的措施。在间、套作多熟种植情况下，更应给予注意。

### 三、间作技术

1. 间作的类型 ① 禾本科作物与豆科作物间作。如玉米（甘蔗）间大豆（花生、绿豆、豇豆等）；小麦（大麦）间蚕豆（苕子、紫云英）。 禾本科作物与非豆科作物间作。如玉米间甘薯（马铃薯）；小麦间大麦；水稻间红萍等。 经济作物与豆科作物间作。如油菜间紫云英；芝麻间绿豆等。 林、桑、果、药与粮、豆、肥间作。如幼杉间玉米（大豆、薯类）；桑、果、药间大豆（薯类、绿肥）。

#### 2. 主要间作方式的技术要点

(1) 玉米间豆类 玉米间豆类（含大豆、黑豆、赤豆、绿豆、绿豆等），用地养地结合好，一般较差的土地上，玉米产量不高，多采用窄行比间作，如玉米与大豆，行比是 1:1、2:1 和 2:2 等。随着地力水平与玉米产量的提高，玉米与大豆争光的矛盾激化，玉米与大豆间作就逐步向宽行比发展，如 2:4、2:6 和 4:4 等。玉米与大豆间作时，两者之间距不能过小，一般以 30~50 厘米为好，玉米植株高大或条带较窄取高限（50 厘米），反之取低限。

(2) 玉米间甘薯 玉米与甘薯间作，以甘薯为主，常 4 垄甘薯间 1~2 行玉米，玉米密度，每 667 米<sup>2</sup> 800~1 000 株；甘薯垄数，根据地力而定，山丘薄地，3 垄左右，地势较高可到 5 垄；玉米密度也随地力而定，如水肥条件有保证，株距可缩小到 15

厘米，每 667 米<sup>2</sup> 1 500 株。为了减少玉米对甘薯的遮荫与争夺水、肥，促进增产，必须做到：第一，要选择适当品种，玉米应选单株生产力高、早熟、矮壮、不倒伏的品种，力求在甘薯块迅速膨大前玉米已收获；甘薯要选择后期薯块膨大快的短蔓品种；第二，保证作物，特别是玉米对水、肥的需求；第三，玉米、甘薯的间距一般 50 厘米左右。

(3) 玉米间花生 一般以花生为主。玉米、花生的行比多为 2:6 或 2:8。由于玉米、花生间作，花生要求肥条件较高，同时耐阴力弱，要求较好的光照条件，所以玉米株型应以中矮秆早熟为宜。

(4) 棉田麦类间作蚕豆或绿肥 麦豆间作配置比例形式多样，如 4 麦 2 豆，3 麦 2 豆，2 麦 2 豆及 2 麦 4 豆等。肥田采用 4 麦 2 豆，以麦为主；瘦田则 2 麦 4 豆，以豆为主。

(5) 大、小麦间作 利用不同成熟期的冬作物间作，对于来春套种作物早期生长发育有利。以第二年春季套种棉花为例：第一，大麦收割早，棉苗较在小麦行产荫蔽的时间缩短，晚茬变早茬；第二，小麦成了棉苗的自然屏障，株间温度提高 0.2~1.0℃；第三，大麦早收，便于田间操作，提早管理。

(6) 甘蔗间大豆 蔗豆间作，首先应保证甘蔗高产。在品种选择上，甘蔗应以前期生长直立，后期生长迅速的高产高糖品种为宜；大豆应选早熟品种。

#### 四、套作技术

1. 套作的类型 ①以棉花为主的套作。如冬作（麦类、蚕豆、豌豆、油菜）套棉花；以玉米为主的套作。两熟套作：小麦（或马铃薯）套玉米；三熟套作：小麦套玉米套甘薯。以麦类为主的套作。两熟套作：麦类套大豆（花生）；三熟套作：麦类套大豆套玉米（甘薯）。以水稻为主的套作。如早稻套大豆，晚稻套紫云英。

## 2. 主要套作方式的技术要点

(1) 小麦套棉花 这种方式，因田间排列方式不同，种类繁多，这里主要介绍两种。

第一种，冬作物宽、窄行条、带播，棉花宽、窄行。小麦两宽幅两窄幅，中播蚕豆（饲料、绿肥）；棉花宽窄行，宽行 0.8 米，窄行 0.4 米。

第二种，冬作物宽幅条播，棉花宽窄行条播。这一方式简称“三组六行”。在作物结构上，应保证以棉花为主，小麦宜选用矮秆早熟类型，以减少对棉花的影响；预留棉行和冬作物播幅要有合理比例，保证棉、麦双丰收，以冬作物占地 40% 左右为宜。

(2) 麦类套玉米套甘薯 这种方式即麦类套玉米，收麦后在玉米行间接套甘薯，适用于一年两熟有余，三熟不足的气候地区。典型的带宽 160~240 厘米，第一茬为小麦，为了给玉米提供底肥，常在小麦地预留空行间作一季蚕豆做绿肥，春季压绿肥播玉米，麦收后整地作垄插甘薯，形成小麦间蚕豆套早玉米套甘薯。在这三种连环套作条件下，小麦以矮秆丰产早熟型为好，玉米要求中秆，株型紧凑，生育期 110~130 天为宜。

(3) 麦类套豆类 这一方式中的豆类，通常有花生和大豆。在品种选择上，小麦应选早熟、矮秆、耐肥、抗倒伏的丰产品种；花生应选丰产早熟、抗逆性强的丛生型品种；套种花生时期，在麦收前 20 天左右为宜；麦收后，加强田管，猛促花生生长发育。套种的大豆应选早熟、高产品种，以避伏旱。

(4) 早稻套大豆 早稻套秋大豆，是一种适用于水利条件较差的稻田的省水、省肥、省工和用养结合的种植方式，关键是保证大豆全苗。措施是：首先，在早稻“勾头”撒籽后，开好“三沟”，排水息田；其次，播种时，严格掌握土壤湿度和气温，以泥不陷脚，脚踩有印，气温低于 35 为宜；第三，大豆播种期与早稻收割期紧密配合，做到大豆扎根定苗，子叶尚未张开时，即行收割早稻。

## 第三节 作物轮作技术

### 一、农作物轮作概述

1. 什么叫轮作、连作？轮作是在同一田地上有顺序地轮换种植不同作物的种植方式。如在一年一熟条件下的大豆→小麦→玉米三年轮作，这是在年间进行单一作物的轮作。在一年多熟条件下既有年间的轮作，也有年内的换茬，如南方的绿肥—水稻—水稻→油菜—水稻—水稻→小麦—水稻—水稻轮作。这种轮作由不同复种方式组成，因此，也称为复种轮作。

连作与轮作相反，是在同一田地上连年种植相同作物的种植方式，而在同一田地上采用同一复种方式称为复种连作。

生产上把轮作中的前作物（前茬）和后作物（后茬）的轮换，通称为“换茬”或“倒茬”。连作也叫“重茬”。

2. 轮作的类型 轮作有两大类型，一为正规规定区式轮作，新中国成立初期的一些大、中型国营农场曾实行过。这种轮作要求田块大小相等，有严格的时间和空间轮换程序，有一定的周期性，生产计划性很强，灵活性很差，难以适应不断变化的生产体制、生产条件和商品经济的发展，目前国内很少。一为换茬式轮作，田块大小不等，缺乏明显的周期性和空间轮换，灵活性很强，目前国内轮作多属这一类型。

### 3. 轮作的作用

(1) 减轻农作物的病虫草害 作物病原菌一般都有一定的寄主，害虫也有一定的专食性和寡食性，有些杂草也有其相应的伴生者和寄生者，它们是农田生态系统的组成部分，在土壤中都有一定的生活年限。如果连续种植同种作物，通过土壤而传播的病害，如小麦全蚀病、棉花黄、枯萎病、烟草黑胫病、谷子白发病、甘薯黑斑病必然会大量发生。实行抗病作物与感病作物轮作，更换其寄主，改变其生态环境和食物链组成，使之不利于某

些病虫的正常生长和繁衍，从而达到减轻农作物病害和提高产量的目的。

一些作物的伴生性杂草，如稻田里的稗草、麦田里的燕麦草、粟田里的狗尾草等，这些杂草与其相应作物的生活型相似，甚至形态也相似，很不易被消灭。一些寄生性杂草，如大豆菟丝子、向日葵列当、瓜列当等更易滋生蔓延，不易防除，而轮作则可有效地消灭之。

(2) 协调不同茬口土壤养分、水分的供应 各种作物的生物学特性不同，自土壤中吸收养分的种类、数量、时期和吸收利用率也不相同。通过对吸收、利用营养元素不同而又具有互补作用的不同作物的合理轮作，可以协调前、后茬作物养分的供应，使作物均衡地利用土壤养分，充分发挥土壤肥力的增产潜力。

不同作物需要水分的数量、时期和能力也不相同。对水分适应性不同的作物轮作换茬能充分合理地利用全年自然降水和土壤中贮藏的水分。

各种作物根系深度和发育程度不同，不同根系的作物轮作茬口衔接合理，就可以全面地利用各层的养分和水分，协调作物间养分、水分的供需关系。

(3) 改善土壤理化性状，调节土壤肥力。

(4) 合理利用农业资源，经济有效地提高作物产量。

## 二、轮作中茬口安排的技术

茬口是作物轮作换茬的基本依据。所谓茬口是作物在轮、连作中给予后作物以种种影响的前茬作物及其茬地的泛称。

1. 茬口特性的形成 茬口特性是指栽培某一作物后的土壤生产性能，是在一定的气候、土壤条件、栽培作物本身的生物学特性及其措施对土壤共同作用的结果。影响茬口特性形成的因素是：