

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (14)

农具与农技

 **eBOOK**
网络资源 免费下载

农具与农技

农具史话

轭

迟至公元前约 1420 年，埃及人才把一种 T 形的棒拴在拉犁、拉车或战车的牲口的角上。把轭加在它们的肩上、通过制成弓形的部分和加上垫子来使其感到舒服的想法，是相当晚的时候才形成的。但是要把轭固定在适当的位置上，轭又必须横过胸前。这是一个缺点，因为牲口一跑轭就绷紧了，轭一绷紧就会使牲口呼吸不畅，结果是牲口越使劲拉就越不舒服。人们认为，对牲口的使用可能始于耕地（一种比车轮的发明早得多的生产实践），虽然最早的犁是人拉的。

轭不仅是拉东西的牲口和被拉的东西之间的连杆，它还能增加悬置和舒适程度，从而增进任何双轮运输工具，特别是战车的灵活程度。在公元前 2 世纪末的美索不达米亚，双轮战车（本身是一种比双轴车更快的车）的轴被挪到了后面，这样，站在车上的武士就不是直接支承在轴上，而是站在轴前面一点，让轭支承了他的相当一部分重量。这使人和牲口更舒服，实际更好使，因为人的重量使轭不致跳起来勒住牲口，牲口就能更好地拉车，人也不必站在轴上，弄得全身抖动，很不舒服。如果我们把一面乌尔军旗（公元前 3 世纪初期）上的四轮战车，跟在尼尼微的亚述巴尼拔王的王宫里的石头浮雕上的一个亚述武士驾的有轭和挽具的双轮战车比较一下，就会发现双轮战车的先进之处。古希腊人使用战车，像使用“出租汽车一样”，只是把人送上战场。罗马人发现骑兵更方便灵活，所以战车就逐渐淘汰了。然而作为附加在双轮马车和犁上的部件，轭却保留了下来，没有什么改变。

马刺和马鞍

在西方文明中，马除了是一种负重的牲畜之外，早已成为一种地位的象征和军队的一个重要组成部分。它原来是欧洲平原上的一种动物。有理由认为，马是由欧洲平原上的牧民驯化的，虽然不知道驯化工作是何时开始的。

在亚述，马的驯化肯定不迟于公元前 2000 年。在埃及，马最初的出现，是在公元前 17 世纪，那时喜克索人正从北向南征服这个国家。

一旦产生了驯马的想法，就需要拿出驯马的办法来；而在很早的亚述人的雕塑品上面可以看到一根绳子或皮带，一端有个环，套住马的下腭。没隔多久，雕塑品上就有了看起来相当现代化的马勒。马受到了马嚼子的控制；骑马的人可以用棒子或皮带改变马的压力和方向。除了在马嚼子的两端加上装饰和短棒，使其变得更加精致之外，一直到中世纪都几乎没有什么进一步的发展。

第二种控制方法是用靴刺，最初使用靴刺可能是在史前期。乍看起来，它只不过是附加在靴子后跟上的简单的尖东西，可是它比只用膝盖夹马有效得多。

在西欧，最早的马刺是个绕着脚踝的 U 型物，上面伸出一个短梗，梗上带有尖刺。带轮的马刺——马刺上有能自由转动的带刺的轮子——于 1325 年以后才被普遍采用。

最早的“马鞍”只不过是叠起来的毯子或布，棉马鞍的出现是下一步的事情。木马鞍的发明年代不能确切地知道，因为难以确定画上画的是棉马鞍还是木马鞍。木马鞍是在公元一世纪左右传到欧洲的。为了保证坐得稳当，马鞍的前桥和后面的弓形部分作得比坐处高（为了比武厮杀，后面的弓形部分通常做得很高，有两个弧形的把手护住骑者的腰；而马鞍的前桥则有钢制

的保护板和突出物，以保护骑马人的安全)。马鞍经常用象牙和皮革来装饰和制作。

虽然马有巨大的价值，然而在欧洲，直到中世纪前仍远未充分发挥其作用。骑无鞍马的人受到许多限制，即使骑术很好，也坐得不稳当。他不能尽力挥剑，不容易躲闪，盾牌上受到狠狠的一击就可能摔下马去。

马镫

人类骑马史上的大多数时间里，双脚都无所寄托。波斯人和米堤亚人、罗马人、亚述人、埃及人、巴比伦人和希腊人，这些古代民族的强大军队，大多对马镫一无所知。亚历山大大帝的骑士横扫整个中亚时，都骑在马上无处搁脚。奔驰或跳跃时，骑手们必须紧紧抓住坐骑的鬃毛，以免颠下马背。罗马人发明了一种安在鬃毛前部抓手的器具，这使得他们在地面崎岖的情况下能有个东西可抓；不过每当他们未能紧紧夹住马肚时，两条腿便只好摇来晃去地悬着。

没有马镫，骑上马也不那么容易。剽悍的武士为自己能左手紧抓马鬃，飞身上马而自豪。有些不用马鞍的骑手今天仍然这样上马。古代的骑兵部队用手中的矛点着地支撑身体而跳上马，也有像撑杆跳似地腾空而上，或者靠踩住安装在矛上的横栓而上马。否则便需要马夫当垫脚骑上马了。

到了大约公元3世纪，我国改变了这种局面。借助其先进的冶金技术，先人们开始生产铸铜或铸铁脚蹬。马镫的发明者未能青史留名，而最初的想法可能是从偶然用皮绳打成套环再踩套环上马而得到启发的。自然，这样的皮绳套环不可能用于策马行进，因为一旦跌下马来，皮绳套势必会将骑手拖住，其后果是很危险的。这样的皮绳套可能最先由中国人、印度人或与我国接壤的中亚游牧民族使用。马镫原理可能就是在草原上产生的，它是那些生活在马背上的、有独创性的人们的发明成果。显然从公元3世纪起，我国人民便能铸造精美的金属马镫。现存对马镫的最早描绘是在长沙一座古墓中发现的一尊陶骑俑上，其年代被确定为公元302年。

对马镫的精彩描绘还可以从唐太宗陵墓中的一个浮雕上看到。马镫非常迅速地输入到朝鲜，我们在该国公元5世纪的坟墓画上看到了马镫。还应指出，只是在马镫得以使用之后，才能够真正开展马球比赛。

一个名叫狷狷的强悍部落的迁徙导致了马镫向西方的传播，他们向以阿瓦尔人自称。他们的骑兵掠夺起来十分强悍，因为他们配备了铸铁马镫。大约在公元6世纪中叶，他们被迫西进，穿过俄罗斯南部后在多瑙河与蒂萨河之间定居下来。到公元560年，阿瓦尔人对拜占庭帝国构成严重威胁，拜占庭帝国的骑兵部队进行了彻底改编，以便与之抗衡。莫里斯·泰比里厄斯皇帝编了一本军事手册，即公元580年问世的《战略学》（仍幸存），详细说明了应采用的骑兵战术，其中提到必须使用铁马镫——这是西方文献中最早的记载。

通过北欧海盗也许还有伦巴族人，马镫传向欧洲其他地方（在伦敦出土了一只阿瓦尔式的儿童用马镫，也是由北欧海盗带来的），不过欧洲的其他民族（除了拜占庭人和北欧海盗以外）使用马镫的时间要晚得多，其原因尚不完全清楚。欧洲的常规军队在中世纪初期以前看来都没有采用马镫。也许缺乏冶金技术是原因之一，因为马镫在很长的时期里都是用铸造金属制成的。只有使用铸造金属技术才能大批量生产马镫。

只要我们想一想中世纪欧洲，我们眼前便出现身穿盔甲、手持沉重长矛

和骑在马背上的骑士。然而，如果没有马镫，他们是不会那么神气的。因为没有马镫，负担如此沉重的骑手势必很容易跌下马来。我国发明了马镫，使西方有可能出现中世纪的骑士，并出现了一个骑士制度的时代。

马挽具

胸带挽具

直至公元 8 世纪，西方挽马的唯一手段是“项前肚带挽具”。这是一种不合理的方法，因为皮带勒在马的喉部，意味着马一旦使出最大力气就会窒息。然而几千年来西方却没有人想一想是否有更好的办法。由于他们局限于使用这种可悲的挽具，马力无法用于拉车运输，即使有经验的骑手也会使马在奔驰时处于半闷塞状态。由于挽具不适当，可能加剧了骑兵战中的混乱和残杀。不论马和骑手多么好，远距离骑马都会遇到严重的障碍。而劣马则不仅容易疲劳，而且会闷塞至半死。如果人类的独创性不强，那么人类就要准备再忍受“项前肚带挽具”数千年。

凡读过古罗马著作的人往往会对埃及船运送谷物到罗马有深刻印象：没有埃及的谷物，罗马人就会挨饿。人们会问：“为什么呢？难道意大利种的谷物有什么不好吗？为什么罗马要依赖埃及的船运才能够有饭吃？”答案很简单：因为没有一种马挽具能把意大利其他工业区的谷物运到罗马。当我们寻求对古代世界事件的解释时，我们往往忽视了这种技术因素。

大约在公元前 4 世纪，我国在马挽具上取得了重大突破。在该世纪的一个漆盒上，有一幅中国画，画中马的脖子上有一个轭，经缰绳使其与车辕相连。尽管这还不能被看做是真正令人满意的挽具，但是它取代了“项前肚带挽具”，有利于在马的胸部套一根带子。不久，马脖子上的硬轭也取消了，代之以显然更有效的胸带，通常被称为“胸带挽具”或“缰绳挽具”。马的项前（喉部）不再套着带子，负重则由胸骨与锁骨承担。

为确定不同类型挽具的相对效率，人们进行了实验。套上项前肚带挽具的两匹马，只能拉 0.5 吨重物，而一匹套上肩套挽具的马则能容易地拉 1.5 吨重物，而套上胸带挽具的马所能拉动的重量仅仅比后者稍微轻一点。正如李约瑟所说：“因此，项前肚带挽具不可能拉近代的车辆，即使是空车。”希腊人和罗马人的车辆非常轻，如果用于客运，一般只能乘坐二人。这样，就不能用马实现有效的运输。

一般认为，有两个因素导致我国发明胸带挽具。首先住在戈壁沙漠附近的汉人、蒙古人和匈奴人提出了这种想法，因为他们的车往往陷入沙中，使用项前肚带挽具的马无法从沙中解脱出来。其次，曾经有人工拖曳，人类有自己的拖曳经验。例如，运河船只逆水上行时用人力拉纤，他会很快认识到，在脖子上套绳是不适当的，常识说明：应该由胸骨与锁骨来负重。因此，给马使用胸带很可能是受人使用胸带启发的结果。

胸带挽具似乎是从我国通过中亚传到欧洲的。阿伐尔人于公元 568 年由东方入侵匈牙利，因此人们认为是他们带去了胸带挽具。这个民族的人还给欧洲带去了马镫。马挽具传给了马扎尔人、波希米亚人、波兰人和俄国人。考古学家在公元 7 世纪至公元 10 世纪的古墓中发现了胸带挽具遗物。到公元 8 世纪，胸带挽具传遍了欧洲：胸带挽具首先出现在爱尔兰的一个纪念碑上的一幅西方石刻图中；斯堪的纳维亚人也获得了胸带挽具；各种插图显著地出现在公元 1130 年拜约人的挂毯上，上面绘有犁地的场面。

颈圈挽具

最有效的挽具是颈圈挽具。首先，这种挽具有效地克服了马在解剖上的一个缺陷，使马具备牛的特点。牛有极好的水平脊骨，还有一块或多或少地高于肩的隆肉，因此，牛轭可以很容易地安放在那里，使之能够拉很重的东西。但马的脖子却是有着向上倾斜的坡度，而没有隆肉。最早的我国颈圈挽具给马提供了人工“隆肉”，也就是可以套上轭。换句话说，马通过颈圈及其在颈上部形成隆肉而变成了牛的代用物。颈圈内要加填料以避免马背上的擦伤并引起疼痛。

我国颈圈挽具最早的证据，可以在一块石砖拓片上看到，拓片上可以看到拉一辆车的三匹马及马上的颈圈挽具，其年代约为公元前4世纪至公元前1世纪之间。因此，我们认为颈圈挽具最晚是于公元前1世纪在我国发明的，比在欧洲出现胸带挽具后100年才出现的颈圈挽具要早整整1000年。

其后不久，先人们还发现，颈圈挽具还可以用另一种更简单的方式使用，挽革可以在颈圈的两侧直接拴到车上。这种形式的肩套挽具今天仍在全世界普遍采用。

与现代形式的挽具有关，我国还发明了“车前横木”。如果有两匹马拉一辆近代的车，颈圈上的挽革就可以拴在车前横木上。最早期的车前横木可追溯到公元3世纪，那时用于牛拉车。

发明颈圈挽具的另一个因素可能是，曾一度在双峰驼上使用过类似颈圈，以用于放行李。至迟在公元前2世纪，我国就有骆驼队，并对此动物相当熟悉。那时骆驼的驮鞍是一种毡垫式马蹄形木环，经适当改进，可能曾用在马上。

水车

我们所有的重要机构——齿轮、螺丝、活塞和汽缸等——都是作为扬水装置的一部分而开始使用的，环形链和最初的转子（水车）也是这样。能源史话中的许多重大事件都发生在希腊人统治时的中东地区，虽然人们常常说希腊人有许多奴隶为他们干活儿，无需煞费苦心去搞技术发明。各种古代文明中肯定都有滑轮。借助于滑轮，一个人可以用自己的体重来向下施加压力，从井里提起一桶水来。几乎可以肯定地说，一个古希腊的匠人要做的事情，就是把一个轮子用作不断地运转的扬水杠杆，在一个大轮的周边装上若干圆筒或罐子。不能把牛训练到能提起一桶水来，然而却可以让它们绕着一根垂直的轴转圈。但是装有圆筒的轮子必须绕着一个水平的轴转动。要解决这个问题，办法就是采用最古老的齿轮（就是其栓钉对安在扬水轮的转轴上的轮缘成直角的普通齿轮）。

在若干代人之后，捆在轮缘上的罐子变成了与圆周吻合的水箱，在直径不变的情况下能扬更多的水。后来有人注意到，如果用水车在水流很急的河里扬水，流水本身就能使水车转动。如果在轮缘上安一些凸出的木板来增大对水流的阻力，水流的力量可以使轮子运转得很快。但是轮子不是非扬水不可，整个传递过程可以倒过来。让水转动轮子，轮子再转动传动轴：这样，任何转动的装置都可以用水力作动力。磨面的磨子显然是能用水力作动力的。到公元前一世纪，水磨虽然用得还不广，但已为人们所普通知晓。

水平水车是一种较简单的水车。它比垂直水车小得多，功率也小，但是制造起来省木料，也无需多少水作动力。在公元前一世纪，一位希腊诗人写了一首歌颂水磨的诗：

啊，磨玉米的姑娘们，

你们磨得如此地来劲！
你们可以回去睡觉了，
留下鸟儿来歌唱黎明！
现在河中的仙女，
跳到了水车轮上，
轮子带动了转轴，
转轴又叫磨子歌唱。

待罗马人继承希腊世界的文化遗产时，他们继承了希腊人的全部水力工业。而中世纪的拉丁基督教世界，却是真正使用机械的最早的文明。到公元11世纪时，几乎每一个教区都有水磨。水车逐渐开始派其他的用场，例如用来转动磨子和辗子。磨子和辗子又被用来磨橄榄，磨苹果酱，用来压麻子油或菜子油，用来把菘蓝属植物压制成染料，后来则用来把木炭研碎做火药。

风车

公元644年，一个叫阿布·鲁鲁亚的制造风车的波斯匠人，因行刺哈里发乌马尔·伊本·卡图布而被捕。644年是风车见于文献的最早年代。有专门资料提到于两百余年后出现在塞斯坦（在伊朗和阿富汗的边界上）的著名的风车，这种风车是从公元前一世纪才被人们所知的小亚细亚的水平水车演变而来的，它的翼板安在一个垂直的“风转动轴”上，在一个水平的平面上转动。

同样，西方的垂直风车，则是由罗马人维脱劳维斯所描述的公元前22至公元前21世纪之间的垂直水车演变而来的。这种风车称为“柱车”，在1180年前后出现于法国，在1191年前后出现于英国。由于翼板无论何时都必须跟风向垂直，包括磨石和传动装置的木头车体就安在一根支承的立柱上，一根长的杠杆从背后把它转向迎风面。大概是在1270年于坎特伯雷出现的所谓《风车诗》中，有幅关于这种风车的最早插图。

不久之后从这种西式风车演变出的新式风车，于1300年前出现于法国。新的“塔式风车”由一个固定的塔构成，塔包括磨石和传动装置，只有装着翼板的塔顶能迎风转动。有时用一根尾杆达到这个目的，有时则是用装在塔顶里的一根杠杆。中世纪的这种风车插图甚为罕见，但是在沙弗尔克的一个教堂的彩色玻璃窗上有一幅图画，其年代为公元1470年。

对一年四季都没有河流来驱动水车的所有欧洲村镇来说，风车是一种福音。它也有助于取消手推磨和牛拉磨。但是风车的成本高，因为互相竞争的风车和水车同时使用是不可能经济的。

铁犁

历史上曾有几百年时间，我国在许多方面比世界上其他国家领先，最大的优势也许就是它的犁。在历史上，西方落后的较突出的事例是：几千年来，数百万人以一种效率极低，消耗体力极大的方式犁地，造成对人的时间与精力的最大浪费。

只有我国较早地摆脱了劣犁的束缚。当中国犁最终传到欧洲后，曾被仿制，同时采用的分行栽培法与种子条播机耩车，这直接引起了欧洲农业革命。一般认为欧洲农业革命导致了工业革命，而且导致西方国家成为世界强国。然而具有讽刺意味的是，这一切的基础却都来自中国，而决非欧洲本土所固有的。

最基本和通用的犁称为阿得犁。它有一个浅犁铧，仅能开出浅沟，因而

有时也用于经常刮风和土壤疏松而干燥的地区。例如，这类犁目前仍在西班牙使用。我们手头上有关于这种农具的图片，它可追溯到公元前 3000 年的乌鲁克。这种农具当时常常全用木料制作，因此没有保存下来。

在我国，早期犁的考古证据是很不充分的。然而，从公元前 4 世纪以来的古代著作已提供了犁地的证据。

我国出土的三角石犁铧可追溯到公元前 4000 年甚至公元前 5000 年早期。因此，牛拉的“阿得犁”早在新石器时代就已使用了。约公元前 16 世纪真正犁（确切地说是旋转犁）的青铜犁铧，在濒临北部湾的越南境内出土，这个地区当时与我国有贸易往来。但我国大多数犁铧在那时似乎是木制的，所以也没有保存下来。

公元前 6 世纪，铁包木或实心铁犁已广泛应用，这是世界上最早的铁犁，在质量上比西方通用的阿得犁好得多。希腊与罗马的阿得犁通常是用短绳捆在犁的底部，它们分别被称为“斯坦戈犁”和“袖犁铧”。同中国犁相比，它们既不坚实又不牢靠，即使是用铁制作的也是如此。

公元前 3 世纪，随着炼铁和铸造技术在我国提高，导致了称为“鞞”的犁铧研制。先人们把这个时期发展的更坚固的非脆性可锻铸铁用于农业中。从一开始，鞞这类犁铧在设计上就比较先进，呈脊形，以便于犁土，而挡板以平缓坡度向上朝向中心，将土从犁上抛开，从而减少摩擦。大约在在这一时期，铁犁已普及，而弓架式阿得犁开始废弃（只有土质极疏松和风力极大的地区继续使用），而代之以较重而更有效的方框式旋转犁。这种犁可以用于粘性较大的土壤，而阿得犁太轻又不结实，对这种土质不适用。这种犁也可以用于阿得犁未能垦过的处女地。

公元前 1 世纪时，犁的宽度已超过 15 厘米，能够开沟作垄。而在更宽的垄的两边较深地疏通垄沟，至迟在公元前 4 世纪，我国朝廷官吏和学者就正式推广了框架犁。当时全世界没有一种犁能比得上我国的这种犁，坚固、方框式、重型、结构良好的犁以及新的犁壁都是优于世界其他国家的各种犁的因素。但是，或许更重要的是使用可调节杆，改变犁片与犁梁之间的距离，可精确地调整犁地的深度。

这种新的操纵方式对农民来说意味着，犁可以经过改装而适应各种类型的土壤、各个季节、不同的气候条件以及不同的作用。犁确实成为具有多种用途的农具，对农民来说，这像是“鸟枪换炮”了。罗马人只有花大力气倾斜犁梁才能调节垄沟的深度，这是一种既笨拙又使人极易疲劳的办法。欧洲在整个中世纪时期大都处于这种情况。

到公元前 2 世纪，大量生产铸铁农具的私人作坊已遍及全国。公元前 100 年时，汉代朝廷在许多省份建立了大的官营铸造厂。铁器在百姓中已相当普遍地使用，因此铁犁对普通人来说是很一般的东西。那时并不缺乏这些先进的铁犁，它们在富家中并非稀罕之物，正像早期欧洲条播机头 200 年间使用时那样。

到公元前 2 世纪或公元前 1 世纪，四种不同的犁壁已广泛地应用于犁。犁壁对于犁具有极大的作用。它是犁在土层的翻土绞部件，可将犁起的土轻轻地翻到一边，使土落成整齐的垄坎，而不致造成堵塞。犁壁与犁铧之间有着良好的配合。由于有不同形状和角度，因此土壤以不同方式翻动成不同形状。某些早期的犁壁已采用科学的苏格兰犁的设计先驱詹姆斯·斯莫尔于公元 1784 年阐明的原理，他写道（但他不知道先于他 2200 年已有人应用了此

原理)：

“犁铧背与犁壁能不间断或不作突然改变地犁出连续而良好的表面。因此，翻土必定从犁铧一端空隙处开始，而犁铧与犁壁必定根据同一原理制成。”

我国古代人民也知道，铁犁铧与犁壁的额外重量大大减少犁地的摩擦而得到更多的补偿。在2000年后，阿瑟·扬于公元1797年写道：

“犁的重量似乎没有什么影响，这与一般看法相同。……犁的重量对马的牵拉能力来说是微不足道的；较大的问题是粘性土壤的阻力，而减轻犁的重量对此不起任何作用；只有恰当的比例才能解决这个问题。”

结构良好的犁壁，可以将土块翻得恰到好处，顺利而又摩擦极少，因此，好犁犁地就像是用刀切黄油，较重的刀就更容易切黄油。所以，如果结构恰当，较重的犁就会开出较细且较深的沟，而不会出现多少麻烦。

到中世纪晚期，欧洲才知道有犁壁这种东西，即使在那时，其结构也是极其粗糙的。这种犁壁是将扁平的木片固定在犁上，提供有角度的表面，翻上来的土就会与之碰撞而分向两边。我国首先采用的曲形犁壁，到公元18世纪才出现在欧洲。由于欧洲缺乏这种犁壁，农民在犁地时不得不一次又一次地停下来，从犁上抓下土和杂草，因为在犁地的尖铧与把土块翻向一边的粗壁之间没有光滑的联结表面。增加的摩擦意味着需要有成群的牛拉犁，而我国的把犁人一般只用一头牛，很少超过两头牛的。

欧洲人通常要集资购买六至八头牛用于犁最普通的地，以致不得不倾家荡产。这同时还意味着，将要留出更多的土地作牧场，这样，就势必会减少为人生产粮食的土地。可以毫不夸张地说，我国当时处在今天美国与西欧的地位，而欧洲当时却处在今天摩洛哥这类国家的地位。公元18世纪以前欧洲原始的毫无希望的农业无法同公元前4世纪以后我国的出色的先进的农业相比。

带有壁的中国犁在公元17世纪时由荷兰海员带回荷兰。这些荷兰人受雇于英国人，任务是排去当时的东英吉利沼泽和萨姆塞特高沼地的水，他们带去了中国犁，后来被称为罗瑟拉姆犁。因此荷兰人与英国人最先在欧洲受益于高效的中国犁。中国犁还有一个别名，叫做“杂牌荷兰犁。”这种犁在水田里特别有效，因而欧洲人很快认识到，它在一般土地上也一定很有效。

这种犁从英格兰传到苏格兰，又从荷兰传到美国和法国。到公元18世纪70年代，它是最便宜而又最好的犁。西方设计者在其后的几十年间对这种犁进行了革新：詹姆斯·斯莫尔于公元1784年制出的犁比这种犁前进了一步，而J·艾伦·兰塞姆于公元19世纪制出的各种犁则又作了进一步的改进。由于采用了钢框架，产生了近代犁，它是对我国的犁进行多次改进的结果，也是导致欧洲农业革命的极重要因素。

旋转式风扇车

我国的扬谷方法比西方领先大约2000年。在收割和脱粒之后，用这种方法把糠秕、碎稻秆和籽粒分开。最简易方法甚至可以追溯到人工栽培谷物之前：将谷粒抛入空中，最好是在有大风时，这样，糠秕被风吹走，而籽粒落到地上。其后采用簸箕，随着手腕有节奏的抖动，就能把糠秕与重的籽粒分开，即糠秕逐渐被簸到簸箕的前部边缘，而籽粒留在簸箕的后部。后来，又发明了扬谷筛。但我们的祖先并不满足于这种等到有大风才能采用的扬谷方法，或那种速度缓慢而又费力的簸谷法或筛谷法。到公元前2世纪，他们作

出了一项卓越的发明：旋转式风扇车（即所谓颉车）。其模型已在古墓中发现，用陶制成，带有小型工件。倒入加料斗中的谷，不停地受到曲柄摇动的风扇产生的气流冲击，风扇后面有一个大的进气口，安装在一个通向谷粒的、宽而斜的通道的末端。风扇产生的风把糠秕通过一个位于颉车尾部的漏孔吹到地上。籽粒则落到颉车中部外侧下面放着的盛器（如箩、筐等）里。另有一种轻便式的旋转式风扇车（轻便颉车）。这是一项重要的改进，因为原来的颉车很昂贵，而轻便式的颉车可以出租，使其物主能够收回成本。还有一种颉车，不是由适于一人手摇的小曲柄来操作，而是由与曲柄相连的踏板来操作，这样，操作人员就可以腾出手来同时干其他的活。

颉车一般主要在我国南方使用，与扬稻有关。尽管颉车最初是在北方发明的，用于除去小麦和小米的壳，但在几个世纪以后，传到了南方。然而在北方，出于各种经济原因，这种农具却被人遗忘了。由于买不起颉车，许多农民重新使用传统的扬谷法、簸谷法和筛谷法。

宋朝诗人梅尧臣写了一首歌颂风扇车的诗，诗云：

田扇非团扇，每来场圃见。
因风吹糠粃，编竹破筠箭。
任从高下手，不为喧寒变。
去粗而得精，持之莫肯倦。

旋转风扇车于公元 1700 年至公元 1720 年之间由荷兰船员带到欧洲。显然他们是从当时荷属东印度群岛（今印尼）爪哇的巴塔维亚（今雅加达）荷兰移民那里得到的。大约在这个时期，瑞典人直接从我国南方进口了这种颉车。公元 1720 年左右，耶稣会传教士也从我国把几台颉车带到了法国。

因此，直到公元 18 世纪初，西方才有了颉车。而在此之前，主要是用扬谷和用簸箕簸谷。但至少在公元 16 世纪初期，西方人还有时用粗帆布和毯子等物粗略地簸去糠秕，极少人使用这种最原始的簸谷法，只有专门干这种活的农民才使用。据估计，公元 18 世纪前欧洲常用的最先进的簸谷工具是簸箕，如果由一位行家来干，每小时可簸谷 45 公斤。公元 18 世纪，瑞典人仔细观察了他们运到哥德堡的我国造的颉车，他们惊奇地发现，它一天能加工 17 桶谷（按：一桶约等于 1.6 立方米）。欧洲的工程师雷厉风行地改进了设计，使之适合于欧洲谷粒的大小，甚至使之与机器打谷结合起来，这是我国还未做过的。

我们再一次看到我国给了西方一个对西方农业革命极其必要的工具。作为脚注，我们可说，尽管西方对我国的颉车做了较大的改进，但其原型直至今日仍在第三世界国家使用，因为它们发现我国的颉车比欧洲现代的同类扬谷机便宜得多，而且更加实用。

耨车

那些不了解西方农业史的人，在得知西方直到公元 16 世纪还没有条播机时，或许要大吃一惊。西方在使用条播机之前，种子是用手点播的。这是极大浪费，而常常要把当年收成的一半谷物留作翌年播种。用于撒播的种子，发芽后长成植株时，大家聚集在一起，互相争夺水分、阳光和营养，而且还有个不能解决的问题是无法除草。

虽然条播机从未传到欧洲，但中东的苏米尔人在 3500 年前有过原始的单管种子条播机，不过效率很低。是我国在公元前 2 世纪发明的多管种子条播机耨车（后来印度也予以采用），才在历史上第一次有效地播种。这种条播

机只需要用一头牛、一匹马或一匹骡子来拉，并按可控制的速度将种子播成一条直线。

我国出土的小型铁耩铧，年代大约为公元前 2 世纪。一位叫做赵过的政府官员于公元前 85 年向京城地区推广耩车。在《正论》中保留下的片断曾说：

“牛拉三个犁铧，由一人操纵，滴下种子，并同时握住条播机（耩车）。这样，一天内可播种 667 公亩。”

后来的农学家王祯对此做了较详细的描述。

“耩……或播种用铧，是耩车播种时用的铧，类似三角犁铧，但较小些，中间有一高脊，10 厘米长，8 厘米宽。将耩插入耩车脚背上的二孔中并紧紧绑在横木上。这种铧入地 8 厘米深，而种子经过耩脚撒落下来，因此能在土中种得很深，并使产量大为提高。用耩车耕种的土地，如同用小犁犁过那样。”

我国播种系统在效率上至少是欧洲系统的 10 倍，而换算成收获量的话，则为欧洲的 30 倍。而这正是经历 1700 年的情况。在整个这段期间，我国在农业生产率方面比西方要如此先进很多，以致在世界的这两半部分之间只能看到这样的对比，即我国颇像今天所说的“发达国家”，而西方是“发展中国家”。

西方的第一部种子条播机是受到我国的启示而制成的。但由于耩车大都用于北方，远离欧洲人常来常往的我国南方的港口，因此，实际的实验样品并未运到欧洲。欧洲人所看到的只是关于它的概略的文字描述。口头传说和书中不精确的文字描述与图画，不能使得到消息的欧洲人很充分地了解其构造，他们不得不重新创制种子条播机。结果，欧洲种子条播机依据的原理十分不同于中国的原理，这种情况正是属于“刺激性传播”，即某种思想的传播，不一定伴随结构细节的传播。这样，欧洲人终于有了他们的条播机，但在工作成本上，它只会令人扫兴。

公元 1566 年，威尼斯参议院给欧洲最早的条播机授予了专利权，其发明者是卡米罗·托雷洛。留下详细说明的最早条播机是公元 1602 年波伦亚城的塔蒂尔·卡瓦里纳的条播机，但很原始。欧洲第一个真正条播机是杰思罗·塔尔发展起来的。公元 1700 年后不久，此机便已生产，对其叙述发表于公元 1731 年。但欧洲的这种及其后那些类型的条播机既昂贵又不可靠。一直到公元 19 世纪中叶，欧洲才有足够数量的坚实而质量又好的条播机。

公元 18 世纪欧洲出现过詹姆斯·夏普发明的一种较好的种子条播机，但只单行播种，而且太小，因此，其功能虽好，却没有引起足够重视。由于缺乏这方面的工程技术知识，欧洲在公元 19 世纪中叶以前的种子条播机基本上无效，也不经济。因此，欧洲在种子条播机这个问题上，白白浪费了两个世纪的时间，这是因为未能利用耩车固有的原理。

龙骨车

方形板叶链式抽水机（龙骨车）是由我国流传到整个世界的最有益的发明之一，龙骨车是由带有提水（土或砂）的方形板叶的环式闭链构成的。

龙骨车可以把大量的水从低处提到高处。安置板叶链的斜度的最佳角度大约为 24° 。因此，如果板叶装得合适能避免漏水，并且水车在整体上的稳定性较好，就可以把水提升到大约 5 米的高处。

在中世纪的我国，龙骨车适用于运土运砂而不是提水，因此龙骨车是最初的带式运器。

我们不知道龙骨车的发明人及其确切的发明时间。尽管它可能存在于更

早的几个世纪之前，但是我们还是把它的起源时间定为公元 1 世纪。哲学家王充（27~97）在他的《论衡》中讲到龙骨车出现于公元 80 年左右。在其下一世纪，龙骨车的设计有了很大的改进。从那一时期的正史中我们可以看到记载，史料中详述了京都洛阳的缺水情况。正史还告诉我们当时著名的中常侍张让（死于公元 189 年）向匠师毕岚征集各种改进方案，来解决洛阳的缺水问题：

“他要毕岚……制作方形板叶链式抽水机和空吸抽水机，置于和平门外桥西，向该城市的南北道路洒水，因而节省了住在道路两侧的百姓向路上洒水的费用。”

到公元 828 年，龙骨车就已达到一种标准形式。正史对该年纪载如下：

“大和二年二月，皇宫发布标准水车样品，皇帝命令京兆府制造大量水车，发放给住在郑白渠沿岸的百姓，用于灌溉。”

龙骨车用于土木工程及各地的排水、灌溉和饮水供应。龙骨车的效果如此引人注目，以致邻国来访的显要人物及使节最后都在他们自己的国家推广采用。中世纪的朝鲜和越南曾经以这种农具来改造他们的农业灌溉技术。公元 1221 年，龙骨车由出访的我国使节介绍给土耳其斯坦的居民时，当地人高兴地惊叹道：“你们中国人在一切事情上都这样精巧！”

欧洲最早的方形板叶链式抽水机（龙骨车）制于公元 16 世纪，它直接模仿我国的设计。到公元 17 世纪末，英国海军仿制了我国的龙骨车，作船上排除船舱污水用。荷兰人 A·E·范布拉姆·霍克吉斯特把龙骨车介绍到美国，他说在那里“已证明有极大的用途”。到公元 18 世纪，奥利弗·埃文斯在磨面中采用了带式传运器，这就导致现代谷物升降机的发展。到公元 16 世纪，欧洲挖泥船用挖斗代替板叶，这是现代采矿和开采业中采用的带式传运器上排水设备的先驱。近至公元 1938 年，古典式的龙骨车再次由我国传入美国，用于从犹他州的大盐湖中抽出可结晶的盐水。

独轮车

说来似乎令人难以置信，但西方确实在公元 11 世纪至公元 12 世纪前还没有独轮车。已知西方最早出现独轮车的一幅图（保存在查特里斯教堂的一个橱窗里）的年代在公元 1220 年左右。只要想一想，使用独轮车可以使任何一项建筑工程所需要的劳力减少一半，那就不能不对西方在这之前竟然没有独轮车感到惊讶，就像不能不对独轮车的问世感到欣喜若狂一样。

很明显，在公元前 1 世纪，我国西南部的一个叫葛由的半传奇式人物就已发明了独轮车。我们说“很明显”，有两个理由。首先，它可能在此之前已经存在；其次，葛由可能是真名实姓的一个人，也可能是一个神化了的创造独轮车的巨匠的名字。有两本书——甘豹的《神仙传》（成书于公元 348 年）和刘向的《列仙传》（汇集公元前 1 世纪至公元 4 世纪的事）——都记载了四川西南部这位著名道士葛由制造木羊并乘木羊进山的事。木羊是对最初的独轮车的传统称呼，公元 3 世纪诸葛亮制造的独轮车又称“木牛”和“流马”。据说前者是人在前面拉，后者是人在后面推。

至今保存的最古老的独轮车里约于公元 100 年绘成。它是在徐州出土的一个棺椁衬板上的浮雕像。图中清楚地展现了一个人坐在一辆独轮车上的情景。在四川成都出土的公元 118 年左右的墓穴中还有一幅同时代的独轮车图，一个人在推着一辆独轮车。反映那一时期（汉代）历史的其他一些绘画说明，当时独轮车已经相当普及。

最早叙述独轮车制作方法的文字总是隐晦曲折、含糊不清。因为独轮车在其问世的最初几个世纪中，在军事上具有重大价值，所以其制造细节是严格保密的。当时制造的独轮车种类繁多，载重量一般可达数百公斤。有些车上安有座位可以载人，有些则用于运输物品。大量的独轮车是用于运送士兵的，以便运载他们到中国普遍存在的崎岖难行的丘陵地带作战。如果没有独轮车输送大队人马，许多战役根本不可能进行，也无法取胜。独轮车的另一用途是构筑活动防御工事，阻挡那些转瞬之间就变换队形的敌方骑兵的袭击。我国古代人民开发独轮车的用途真是无穷无尽，他们甚至在车上安装风帆，使它在陆地冰上行进的速度达每小时 64 公里。

中古时期我国的许多绘图都说明，独轮车在当时已经遍及全国。我们还有幸还能从公元 1125 年开封（当时的国都）画家张择端所绘的名画（《清明上河图》）中见到形形色色的独轮车。一辆空车正停在布店前，另一辆载货物的独轮车正驶过一家染坊门前。在最豪华的旅店的门外还有一辆独轮车在装载大布袋物品；在它旁边，又有一辆满载物品的独轮车正在街道上艰难地行进，上边东西实在太多了，以致除了要一人在前拉、一人在后推外，还有一匹骡马拉边套。由此可见在当时先人们的生活中独轮车普遍存在的特色——而那时它还没有流传到欧洲。

当时独轮车的设计式样很多。有的把车轮安在正当中，让载重完全落在车轴上；有的把车轮装在前部，就像西方今日独轮车的样式。有些车用小轮，有些则用特大车轮。有时为了便于驶过坑洼及其他障碍物，就在前端另加小车轮。实际上，我国曾经有，而且现在仍然有多种式样、多种规格的独轮车。许多设计至今没有越出我国疆界流传到西方，而有许多专用车都比西方人现在普遍使用的样式更为优越。我们可以诚恳地说：这一切形式的独轮车，仍然是西方还没有看到的一项发明。

农具大观

播种机

杰思罗·塔尔宣称自己发明了播种机，可是播种机的研制，不仅在塔尔的一生中，就是在他死后的很长一段时间里，竞争也是很激烈的。然而毫无疑问，塔尔确实按自己的想法最先制造出了有效的播种机。他是个音乐家，又是个律师，根本没有必要去种庄稼。他的仆人和邻居给他写信时都称他为“老爷农民”。老爷农民是什么意思呢？是说他手无缚鸡之力。他在自己的农场试种三叶草，但是他雇的农民嘲笑他，后来竟罢起工来。他们认为塔尔是个不切实际的空想家，满脑子的怪念头。

然而就象在农业上经常发生的事情那样，有时一个聪明的门外汉倒有真正的创见。塔尔看到，如果他能发明一种机器来进行大面积播种，他就能把自己关于农业的理论付诸实践，与此同时，还会减轻他对雇佣劳动力的依赖。那时人们认为播种机的原理很简单，可是试制出来后却出乎意料，根本没法使用。早期的播种机是一辆带轮子的车，车上有个装种子的容器。车轮转动时，种子通过容器下面的金属管或空心犁刀向下掉。每一个犁刀都在地上犁出一条小小的犁沟；种子便掉进犁沟里。播种机后面有一个耙子，把犁开的土耙回来盖上种子。这种播种机之所以失败，是因为机器不能有效地控制种子从容器掉进土壤的速度。塔尔把风琴传声结构的作用原理用在他研制的播种机上，从而解决了这个关键问题。他是用一个铜盖和可调节的弹簧来控制种子向下掉的速度，铜盖和弹簧的作用方式宛如风琴机构中的簧片。

塔尔看到，把播种机跟他用马来进行的畜耕系统结合起来，能够使耕作发生变革：把点播改成条播后，农民除草和松土就方便了。虽然苏格兰人对塔尔的整个系统都抱以热情欢迎的态度，但是他的播种机只在自己的农场及其周围使用，并没有得到推广。到 19 世纪初期，英国人才开始广泛使用播种机播种。两个萨福克的播种机制造者，皮森戴尔的史密斯和利斯顿的加勒特，帮助推广了播种机（史密斯推广播种机的方式，是用车接送那些愿意播种两英亩土地以获取五先令报酬的人）。塔尔是一个被埋没的人物，他的想法受到嘲笑和剽窃。但是他确信他的系统总有一天会成为英国农业的基石。

玉米收割机

老普林尼在公元一世纪曾提到一种收割机，它有两个轮子，形状像马车，由马或牛拉到庄稼地里进行收割。机器前端的铁齿把玉米剪断，使玉米穗子掉进车里。

19 世纪初期，在苏格兰和英格兰就颁发了数十项关于收割机的专利。1814 年，一位职业是演员的发明家，首次在舞台上用他发明的收割机来“收割庄稼”。然而真正实用的玉米收割机，却是一个叫帕特里克·贝尔的苏格兰人在 1826 年发明的。

他做了若干三角刀，将其安在收割机前面的两根水平杆上，下面一根杆是固定的，上面一根杆通过齿轮由两个车轮带动，作往复运动。转动的翼板帮助把玉米送向剪刀，每刈一次都由帆布圆筒将其放倒在一边。出于人道主义的原因，为了不让人由于他的收割机而赔钱，他拒绝获得专利。由于贝尔手头拮据，他的收割机用的材料差劲，作工粗糙，只能说基本成功。糟糕的是没有一家大公司愿意生产他的收割机，其原因大概是当时有不少英国人反对脱粒机。

贝尔的一些收割机运到了美国，他自己也于 1832 年到了美国。他一发现有人对他的收割机感兴趣，就兴致勃勃地进行介绍，那儿的情况大不一样：一个很大的大陆正等待着人们去开发。麦考密克和赫西这两个美国人，于 1851 年把他们的收割机带到了英国。他们获得了专利权。但是后来证明，贝尔的收割机只要制造得好，比起他们的收割机并不逊色。

割草机

最早的割草机，托马斯·普拉克内特用来割玉米和草等的机器，于 1805 年获得专利。它很简单，包括一对由轴导向的马车轮，通过啮合使一个跟地面平行的大环形刀片转动，但是这种割草机很快就被淘汰了。1830 年，英国格洛斯特郡斯特劳德的埃德温·巴丁，获得了用来收割庄稼，用来给草坪和游乐场割草的刈割机的专利。这种刈割机在普拉克内特的收割机的基础上，大大地前进了一步。巴丁的 19 英寸的滚筒式割草机，实际上很像当代的割草机，只是割草机上的收集箱像一个盛种子的簸箕。它是利用转动剪切原理，活动的刀朝着固定的刀转动。这种方法是李斯特纺织厂用来剪掉布匹上的绒毛的方法（巴丁曾任该厂的工程师）。发明者强调他的机器可以割干草（当时已广泛使用割草法，用长柄大镰刀割，但是草必须是湿的），但是承认遇到很深的草得割两下。他补充说，“乡下的绅士们可能发现我的机器又好使，又不费劲，又卫生。”事实上，没有多少乡绅听他的——那些身强力壮的人喜欢炫耀自己使用长柄大镰刀的本领。

1832 年，伊普斯威奇的兰塞姆获得了制造巴丁的割草机的特许，还有别的人获得特许，但是兰塞姆在竞争中获得了最后胜利。1869 年引进了侧轮，

从而降低了割草机的成本。最初一般都是使用马拉的割草机。马拉的割草机有个毛病，就是马蹄常常踩坏草坪，马的大小便还得清除。1893年，大庄园开始采用莱兰蒸汽割草机。这是机械化的开端。大约在1899年，兰塞姆开始采用内燃机来作割草机的动力，在1902年制造出了42英寸的自动割草机（机器上有一个供司机用的鞍座），用来给运动场的草坪剪草。美国在1914年研制出了联合割草机（若干机器联在一起同时运转），在1926年试制成功了第一台电动样机。现在我们有坐在控制台上进行遥控的气垫割草机：又有趣，又实用，而且无须训练就能操纵。

脱粒机

苏格兰的安德鲁·梅克尔（一个安装工的儿子），发明了第一台成功的脱粒机。他的玉米脱粒机包含了许多天才人物在长期的社会发展过程中作出的贡献，是一项集社会大成的发明。在这以前若干世纪就有简单的脱粒机了。中国人用碾滚绕着圈碾玉米；罗马人用下端有齿的重木锤来给玉米脱粒。

苏格兰发明家们曾发明采用转动原理的连枷。扬场机也采用了类似的原理。詹姆斯·梅克尔（安德鲁的父亲），使苏格兰有了第一台成功的扬场机。他用木头做了一个驱动滚筒的结实机架，把耐用的布或皮子一条一条地固定在机架上。滚筒转动时产生风，把穗子和茎秆吹走，剩下粮食。儿子无疑从父亲那里得到了借鉴；在制造脱粒机时，安德鲁采用了打麻机的原理，靠其速度对玉米束的作用，把玉米粒儿打下来。开始是用马来带动机器，后来用蒸汽机，尔后蒸汽又为水力所取代。

然而脱粒机在英国却并不受欢迎（在美国较有用武之地），而且是19世纪30年代的一次农村骚乱的起因之一。冬天地里没活儿的时候，对农场的农民们来说，在棚子里用连枷脱粒是整个冬天的活路，使他们聊以敷衍，不至于讨教区救济。现在脱粒机要改变这一切，是多么大的威胁！因此，脱粒机成了“卡普顿·斯温”暴乱的主要攻击目标。这次暴乱于1830年在肯特开始闹起来，很快地发展到产玉米的若干个县。为了不让把打场的棚子烧掉，许多农民都把脱粒机搬到院子里，让闹事的人们破坏。

虽然这次暴乱遭到了无情镇压，脱粒机的推广却放慢了；东英吉利的许多农民，直到19世纪末叶还在使用连枷。连枷在剑桥郡称为“穷棒子”，因为农民曾跟教区官员达成妥协，让失业农民在棚子下用连枷脱粒。在19世纪后半期，大多数脱粒工作都是用“脱粒滚筒”来作。“脱粒滚筒”最初是用一台小型蒸汽机来驱动，后来改用牵引机驱动。

翻草机

1820年，罗贝尔·萨蒙设计出一个种翻草机，它能将割下的草翻身，使草的另一面也能风干。

以前，人们用长柄镰刀割草，割下的草在原地晒干，然后由妇女们用叉子将其翻转铺开，两面都晒干后再将其重新收好。这样的劳动需要很多时间，而且收割机要受天气支配。

在罗贝尔·萨蒙发明的翻草机上，两个大的拖动轮装在一根轴的两端。它可以使一个两米宽的上面布满金属尖齿的滚筒运转。当马前进时，滚筒上的尖齿就随之转动，这样便可将草抓住并把它抛向空中。

这种机器一大完成的工作量相当于过去15个割草妇女的工作量。若牵引的马匹好，这种翻草机还会翻得更多。显然，这个仅能把草散开的机器是很简陋的，它的不足之处妨碍了它的发展。20年后，带叉的翻草机问世了。直

到 1930 年人们一直使用这种齿叉式翻草机。1930 年以后，才由搂一排式翻草机取代了它。

草打捆机

1853 年，美国人埃默里发明了草的打捆机。那时，美国一些发展很快的大城市需要大量的干草，以饲养那些用于工业和运输的马匹。为了方便运输把这些草压紧、捆实是必不可少的事。

埃默里发明的打捆机是一种水平压力机，在打捆箱两端的延伸部分各装一个功能如活塞的挡板，而草则放在箱内。由马来拉动一套链子和滑轮机构，使打捆箱两端的挡板作相向运动，从而将草压紧。这种打捆机每小时可打 5 捆草，每捆重 250 斤。但是，当机器运行时，仍需几个工人做辅助工作。

1872 年，戴德里克在此基础上研制出可连续生产的打捆机，从而加快了生产的节奏。这种打捆机在美国和英国取得了极大的成功。

由于需要不断提高生产能力，1884 年又采用了可以连续生产的蒸汽压力打捆机。这种打捆机在将草压成捆后，会自动将草捆弹出，然后由人工用铁丝捆好。

收割机

从 1800 年到 1810 年，许多英国人米尔斯、泰勒、格拉德斯通、萨蒙等对收割机作了进一步改进。

1811 年，史密斯研制成了一种用马推动的收割机，它用一个贴地面旋转的切割圆盘来收割小麦。

1820 年，英国人布朗发明的割晒机能将小麦打成捆。这也是第一个牵引式收割机。它用装在滑架右侧带齿的水平臂进行收割，由在侧面往复运动的利刃割下麦子。再通过旋转翼将割下的麦子送到收割臂后面的平台上。

1826 年，英国的帕特里克·贝尔神甫研制成了一种收割机，它用两匹马拉动，用一个名叫木翻轮的旋转叶片装置抓住小麦，一对带齿的刀片则将麦子割下。齐根割下的麦子由翼轮抛到倾斜着的帆布上并在上面打好捆。这种灵巧的机器一直是手工制作的，但一般这种机器只能用一个季节。

1831 年，赛勒斯·麦克·考密克继续他父亲的试验，研制用两匹马牵引的收割机。这种收割机有一木翻轮和一个带着锋利尖齿、像锯那样做往复运动的切割臂。

1833 年出现了赫希式收割机。这种收割机仅有一个简单的牵引式切割臂，上面装有如同剪刀那样交错运动的刀片进行侧向切割。

1851 年，这两种收割机在伦敦展览会上引起轰动。随之引起贝尔推动式收割机的支持者与美国式收割机支持者之间的一场论战，结果美国式收割机的支持者占了上风，因为牵引式收割机更为简单。

1854 年麦克·考密克式收割机由于增加了伯吉斯和基系统而得到改进，使收割小麦更加方便。这种收割机还装有一组滚轮，接收刚割下的麦子，然后沿着机器有规律地自由旋转，形同一条传送带。

打捆机

1871 年，美国沃尔特·伍德获得了钢丝打捆机的专利权。当时这种打捆机还在英国展览过。

1858 年，约翰·弗·阿普尔比发明了绳子打捆机，因为当时绳子的价格昂贵，所以直到 20 年以后，这项技术才得以发展。然而由于这种打捆机很灵巧，因此他的发明仍有一定参考价值。1878 年，制造商迪林生产的打捆机就

采用了阿普尔比的打捆方式。

自动收割脱粒机

1888年，美国人贝斯特提出了自动收割脱粒机的设想。但是，这个计划一直未能实现。

直到1938年，澳大利亚工程师汤姆·卡洛尔为了美国梅希—哈里斯公司的利益开始在阿根廷推广使用这种自动收割脱粒机。

自1922年起，梅希—哈里斯公司将这种由牲畜牵引的收割脱粒机投入了商品化生产，并为它配备了一台辅助电动机，用来同时驱动切割、脱粒、净化和装袋等机构。

1944年，梅希—哈里斯公司得到美国政府的专门委托生产和推广使用500台自动收割脱粒机。直到这时，这种收割脱粒机才真正得到大力推广。专门成立了一个收割大队，于当年5月从得克萨斯州和加利福尼亚州开始工作，然后再逐步向北方推进。到收获季节结束时，这个大队收割了成千上万公顷的土地，使所有的人都信服了这种新式收割机的效率。

轴向连枷收割脱粒机

美国的国际收割机公司和新荷兰公司于1962年开始研制轴向连枷收割脱粒机，然而直到1975年才生产出第一台样机。

这种绰号为“轴流机”的新式收割脱粒机自摩托化后，使收割机械发生了极大的变化。

用老式的脱粒机脱粒时，小麦经常抖落到脱粒机前面，因此，为了提高脱粒机的能力必须增加脱粒机的宽度和振抖器的长度。而这种新型的所谓“轴流机”在分离装置和连枷脱粒装置方面却有着全新的特点。它利用了撞击作用、摩擦作用和离心力。脱粒时，收割下来的麦子通过一个比麦秆长几倍的隧道形笼子，笼内装有反冲连枷。在中心部位配备的连枷按螺旋线排列，这样可使小麦在笼内缓慢行进。

采用这套系统可使收割脱粒机的结构紧凑，从而解决了因机体过于庞大而无法推广的难题。

圆柱体麦秆打捆机

为了把麦捆打成圆柱体而不是矩形体，1958年美国的艾利斯—查默斯公司把罗托·巴勒研制的圆柱体打捆机投入商品生产。该机可以把麦秆捆成直径为36厘米到56厘米，长0.91米，每捆重18到45公斤的圆柱体。

现在，这种打捆机可以打600多公斤重的麦捆。

拖拉机

用蒸汽作动力的拖拉机

望着那无垠的田野，美国农民很希望发展直接牵引装置，他们发明了三个轮子的农机具，即后面有两个大轮载着锅炉，前面一个小轮用来导向。1829年，凯斯公司试制成功这种拖拉机，三年之后，美国西部的大农场已普遍使用这种农机具。

用蒸汽作动力的中耕机

1860年，英国中尉霍尔基特研制了一种用蒸汽作动力的中耕机。它的两对轨道间距18米，分别置于农田的两侧。中耕机挂在横跨轨道之间的悬桥上，这套装置备有两个蒸汽机，它们分别装在每对轨道上。

所有其他的农机具都可安装在这种中耕机上，它可以耕地、耙地、打拔、播种和收割，还可以种菜和浇水。

霍尔基特虽然比其他发明家们更雄心勃勃，但装备这种机器耗资巨大，因此，他并未获得预期的成功。

伯格式拖拉机

人们一直在想把柴油发动机装在蒸汽发动机的底盘上。1889年，美国人伯格首先实现了这个愿望。他发明的底盘与蒸汽机底盘极其相似，并由查特煤气机械公司试制成功。

1892年，美国衣阿华州人约翰·M·弗罗利克在辛辛那提市为范杜兹煤气和汽油机械公司制造了一台作为农用牵引机的内燃发动机，这是第一台真正实用的内燃拖拉机，也是约翰·迪尔式拖拉机的前身。

艾维尔拖拉机

1901年，美国人丹·阿尔邦发明了三轮拖拉机。但前轮太轻，常因负荷过重而翻车。尽管它有这样的缺点，还是取得了一定的成功。

1904年，美国沙普斯帕腾奥托割草机和拖拉机公司生产了一种超小型拖拉机，这种拖拉机还能装上切割臂，用来割草。

哈特和潘式拖拉机

正像德国人弗勒利希那样，美国人哈特和潘于1902年也研制出一种重型实用的四轮式拖拉机。

1905年，美国创立了第一个拖拉机制造专业协会。该协会的商业部领导威廉斯决定采用这种当地尚以汽油机为引擎的拖拉机。至今，我们在某些广告宣传画中还不时采用它的形象。

古吉斯式拖拉机

1906年法国人埃米尔·古吉斯制成第一台这样的拖拉机，该机还可充当发动打捆机的独立的动力装置。

福特式拖拉机

亨利·福特是美国一个农民的儿子，甚至在他成批生产游览汽车之前，就已经开始制造拖拉机了。

1907年，他的第一种型式的拖拉机后轮采了打捆机的型式，而其轴和前轮的控制机构则采用K型福特汽车的型式。

沃利斯·克拉布 1913

在拖拉机的发展史上，1913年标志着一个重要历史阶段的开始。自此以后，拖拉机就向小型化、轻型化和运行更快的方向发展。如布尔式拖拉机就是这种新型拖拉机的原始型式，它在美国明尼苏达州的明尼阿波利斯市首先制成。

布尔拖拉机的第一种型式就叫做“沃利斯·克拉布”。人们称这种拖拉机为无车架（即取消了蒸汽机的沉重骨架）式拖拉机。

然而，这种拖拉机的缺点是它的钢制发动机的外壳和U形传动轴使发动机的背部隆起过高。

福特 1917 式拖拉机

1917年，美国福特式拖拉机经过改进后，已经开始进入工业化生产阶段。毫无疑问，这种“福特 1917”式拖拉机在当时所有型式的拖拉机中处于领先地位。

当时，拖拉机的底盘是锅炉钢制造成的，相当沉重。而福特认为若用铸铁做底盘，则嫌太轻，会给拖拉机的耕作带来困难。这种拖拉机有四个钢制的轮子，由燃油或燃液体石蜡的马达驱动。

这种拖拉机相对于它的动力来讲，车身较轻和运行状况良好是它的成功之处。但是，它取得成功的更大契机来自同年美国的参战（第一次世界大战）。当时，大量驾车、拖犁的马匹被征调往欧洲。

农场式拖拉机

1924年7月国际收割机公司展示了农场式拖拉机，它是多用途拖拉机的原始型式，它的出现对于拖拉机的概念和使用都是一场变革。

这种拖拉机适合进行深耕、耙等多种操作。陆续出现的新附件与日俱增，其数量和功能也在不断增长，它有一根相对于地面保持一定高度的后轴，由两个相距一定距离的大轮子支撑着。拖拉机的前部则配备有较为接近的两个小轮子，使之能够从耕作线之间通过。还有一个小挂钩，它可以挂上人们想要挂的任何附件。

轮胎式拖拉机

美国佛罗里达州种植了很多柠檬树，果农们很快发现拖拉机会损害树根，于是在1828年想出了给拖拉机的钢轮外加一层橡胶保护层的办法。1931年，古德里奇公司制造出实心轮胎。即把一条很厚的橡胶带固定在钢轮外缘上。

1932年，美国菲尔斯当轮胎和橡胶公司把他们生产的充气轮胎装在了艾里斯·查默斯式拖拉机的钢轮上。但是，在试验时未能测试出轮胎的抗爆裂强度和牵引时的承重能力。然而，该公司却试制成功了加水轮胎，在加水轮胎中，水的重量较为合算的代替了钢的重量。

第二次世界大战之后，轮胎制造业推出了适用于各种拖拉机的充气轮胎，用轴上附加生铁来代替作为压载的水。为了使轮胎有足够的抓地力并避免由于车轮在地面滑动而损失过多的能量，人们研究了轮胎着地面的形状问题。

最后一项革新是邓洛普公司于1965年采用的稳定轮胎架。这种轮胎架性能好，又非常柔韧，无论是对地面还是对轮胎架本身，应力分布都很均匀。

可携各种农具的拖拉机

人们很快发现，用挂钩牵引农具的拖拉机于工作不利，因为只要遇到土地不平处稍有抬起时，挂钩就有向下倒从而脱钩的问题，此外，拖着农具驶到农田中的这段路上还会出现很多其他问题。

法国的图朗公司于1907年，美国的国际收割机公司于1918年先后推出了第一批可携带的工具。而在这方面作出独创性发明的则是爱尔兰的机械师哈瑞·弗格森，他发明了由三部分标准构件构成的车钩。1939年美国采用了他的发明。

弗格森的发明是在犁架上增加一个上部固定件，此固定件引导牵引力向下，并传向前面，同时使拖拉机车轮对地面压力保持恒定状态。这种挽具还配备有一套液压操纵系统。

弗格森把他的这套挽具介绍给了福特公司，双方联合起来大批生产这种带液压操纵装置的拖拉机挽具。不到15年，弗格森就奠定了他在世界拖拉机市场上的领导地位。1953年，他的公司与梅希·哈里斯公司合并，1958年定名为梅希—弗格森公司。

履带式拖拉机

为了提高蒸汽动力拖拉机的运载能力，1905年本杰明·堆尔特产生了制造履带式拖拉机的念头。这个青年人从1890年到1910年经过长期奋战，终

于使自己成为专门生产蒸汽机拖拉机的行家。由于蒸汽发动机的功率有所提高，从而使拖拉机的重量也能有所增加，但是增重也使拖拉机更容易陷入泥潭。解决这一问题的办法是加宽拖拉机行走机构的接地面积，以减轻其对地面构成的压力，于是履带式拖拉机诞生了，它较好的解决了拖拉机的增重问题，提高了拖拉机的越野能力。

挤奶机

19世纪中叶在发明挤奶机以前，为便于挤奶，最早用的是麦秆。人们把麦秆插到奶牛的乳头中，埃及人早在公元前38世纪时就使用了这种方法。

1836年，在英国出现了用管子挤奶的方法。1852年，美国的“新英格兰农场”提出用红喉雀的腿骨代替麦秆挤奶的新方法。

真空挤奶器

1862年，美国人科尔文发明了第一个真空吸奶器。用一组塑料套管把四个乳头套住，借助于其上的捏手产生真空，奶就从乳头中吸出，流入放在乳头下面的接奶容器里。此后，1889年，苏格兰人威廉·默奇兰德发明了一个连续挤奶的装置。由一根总管同每栏的两根支管连接，借助于一个水柱装置产生真空。在吸奶的时候，把几个奶头套管与分到每栏中支管的管接头连接，并置于乳头下，这样奶便流入奶牛身下用皮带固定的桶里。

遗憾的是这种机器有两个缺点：第一会使乳头经常发炎；第二还要用一个人操作真空泵，三个人不断调换6~9个接奶的桶。

可变换真空度的挤奶机

1895年，苏格兰人亚历山大·希尔兹博士试图利用搏动原理实现间歇式吮吸动作（像牛犊吸奶那样），这个方法不会给奶牛带来痛苦，在他发明的真空装置中采用了一种真空隔断阀，它可使真空度在11.5~37.5汞柱之间变化。杯式硬橡胶制挤奶器构成了一个独特的小室。

1902年，赫尔伯特和帕克、以及1903年吉利斯都跨出了最后的极为重要的一步，发明了双层壁的杯式挤奶器，并带一个橡胶质软导管，一个脉动真空室，真空度有规律地在0~37.5厘米汞柱之间变化。

压力挤奶器

1892年，丹麦人詹斯·尼尔森研制了一台挤奶机，这种挤奶机可以模仿人工挤奶时对牛乳头的压力运动。

用一对裹着橡胶的靠垫夹在每个乳头上，用一个由手柄驱动的链式系统所产生的向心压力和振动力来驱动那些小靠垫，使之产生类似人工挤奶的动作。

这种奇特的挤奶器从未投入过商品化生产，因为摇动手柄与人挤奶需要的人力一样，此外，使用这种机械挤奶时，奶牛也显得烦躁不安。

奶的冷冻装置

1850年，美国人劳伦斯发明了第一个冷冻奶的装置。

劳伦斯发明的冷冻机要固定在奶制品车间的墙上，其安装的高度要足够在其下面放置一搅乳器。先把奶倒进一漏斗中，然后令其通过制冷区，此制冷区中心是一个蛇形立管。这个管子内自下而上地流动着冷水，随着牛奶的下降，上升的冷水与下降的热奶之间进行热交换，最后，牛奶落入搅乳器时已降至6℃。

这一发明是个不小的进步。直到那时，因挤出来的牛奶的温度（牛的体温是38.5℃）非常适合细菌繁殖，故迅速制冷是贮存牛奶以便运输分配

的起码步骤，也是奶制品工业发展初期必不可少的措施。

挤奶流水线

法国农业科学研究院和科技推广署共同发明了对站在直线运输器上的奶羊进行挤奶的流水作业车间，并于1979年在巴黎农业博览会上获得S·I·M·A银制奖章。现在由瑞典阿尔发—拉瓦尔公司生产这种命名为勒迪克杜尔的挤奶室。

在一个槽子的两边都装有吸奶器，两个各载五到七只奶羊的小车子在铁轨上作直线往复运动。

奶羊登上第一辆车后，挤奶器为它们装上杯状吸奶嘴，在为第一辆车上的奶羊挤奶的同时，使第二辆车上的奶羊就位，取下吸奶嘴后，由第二辆小车子上的奶羊取代第一辆小车子上的奶羊，以下操作照此类推。一个人操作这台装置每小时可以为三百只羊挤奶。

这种方法也适用于奶牛。

脱脂机

1877年瑞典人居斯塔夫·拉瓦尔发明了脱脂机，并于1879年获得皇家金质奖章。

其使用方法如下：把奶放入一个锅炉间，加热到脱脂最佳温度——30℃，然后通过硬管子引到另一个容器中，由蒸汽发动机驱动使其高速旋转，在很强的离心力作用下，密度不同的液体被分离。这样，较重的脱脂奶，被甩到容器的外圈，而较轻的奶油则集中在容器内侧。然后用管子将两种产品分别引入不同的容器里。

在这种拉瓦尔脱脂机问世以前，人们把奶和在一个作为滤器的小盘里，仅靠重力作用进行脱脂。

拉瓦尔脱脂机表现了更高的效率，从传统的脱脂方法转变为机器脱脂，而且获得了质量更高的奶油。

直到1950年，拉瓦尔脱脂机才被广泛采用，整个欧洲和美国生产黄油的农场几乎都使用了这种脱脂机。

此外，离心力原理还广泛应用于工业和生物实验室。1895年，美国纽约的瓦林公司制造的“新美国脱脂机”是拉瓦尔脱脂机的派生型式，美国人制造的脱脂机可以连续生产黄油。

提升运输机

1875年，美国人基斯顿发明了草的提升运输机。

运输由马牵引着的一辆拖车承担，因有两个突出的轮子上装有一倾斜平板。当马前进时，运转的轮子带动了布满金属齿的圆柱齿笼，齿笼将草从地上抓起，并提升到皮带运输机上。

当草上升到斜面的最高点时，另有一个镇压器在拖车上起平衡作用。这样，随着马在田野中前进，不断地将草抓起，再沿斜面板提升，最后直接把草放到拖车上。

美国生产了大批基斯顿式提升运输机。许多欧洲公司在尚未有他们自己的提升机时，也在这项专利的许可下生产这种提升机。1893年美国伊利诺斯州著名手工业者迪尔将一种类似的提升机投入了大规模生产，这种提升机仅驱动轮与前者有区别，它的驱动轮不是与滚筒连接，而是与一个能带动8个齿耙的曲拐相连。这8个齿耙能前后上下运动，将草收拢后再放到提升运输带上。

精耕细作话农技 农业生产

农业生产是在一定的社会、自然和科学技术条件综合作用下的生产活动。各国农业有不同的背景和发展道路。1949年中华人民共和国成立后，我国人民回溯、总结我国有悠久历史的农业技术经验时，创用了“精耕细作”这一词汇。毛泽东也曾经指出：“我看中国就是靠精耕细作吃饭。”“精耕细作”，对我国古代农业科学技术特点来说，是一个精辟的概括和总结，它也给我我国农业科学技术现代化指明了前进的方向。

我国农业活动最早见于文字已经有三千多年。但是农业科学作为一门学问发展起来，还是春秋战国时期的事。在公元前三世纪战国末年写成的《吕氏春秋》里面，有《任地》、《辩土》、《审时》等篇。这几篇著作强调因时、因地制宜，特别重视人的主观能力作用，发掘土地增产潜力，称得上是我国精耕细作农业科学技术的发端。

这一发端在漫长的年代里不断丰富、发展，形成了我国独特的精耕细作优良传统。

古代农民很早就注意到“土宜”，对土壤逐步加深了认识。大约写成于战国时期的《禹贡》里面，列举了当时九州的各种类型的土壤和主要农作物。书中把雍州（今陕西、甘肃一带）的土壤叫做“黄壤”，就是黄土层；把扬州（今长江下游）、荆州（今长江中游）的土壤叫做“涂泥”，因为那一带当时大然沼泽很多，开垦出来是低湿田地；把青州（今山东东部）的土壤叫做“海滨广斥”，所指大概是海滨地区的盐渍土。这都同实际情况相符合。书中为种种不同的土壤“垆”、“涂泥”、“斥”等名称，并且把“壤”又分成白壤和黄壤等等。不少土壤名称到现在仍然为广人民群众所沿用。

春秋战国时期的《管子》一书里面，有一篇《地员》，可说是讲土壤的一部专著。它把土壤分类同地下水位高低以及宜于何种作物和植物都联系起来。它把九州的土壤，就它们的肥沃程度，区分上、中、下三级，每级都包括六种，一共是十八种。这种分辨土壤、因土种植的传统经验，一直为后世所继承。

元仁宗皇庆二年（公元1313年）成书的《王祯农书·地利篇》中说：“天下地土，南北高下相半。且以江淮南北论之：江淮以北，高田平旷，所种宜黍稷等稼；江淮以南，下土涂泥，所种宜稻秫。又南北渐远，寒暖殊别，故所种早晚不同；惟东西寒暖稍平，所种杂错，然亦有南北高之殊。”这讲明南北不同纬度、日照、气温以及不同土质、东西不同海拔高度、干湿寒暖，各有所宜种植的作物。

我国古代就有强土和弱土、轻土和重土、紧土和缓土、肥土和瘠土、燥土和湿土、生土和熟土、寒土和暖土等分法。种种性质不同的土壤，如果不合用的话，人们都可以设法加以改良，使它适于作物的生长。《吕氏春秋·任地篇》就讲，要使坚硬的土变得松软些，要使松散的土变得坚实些；要使贫瘠的土壤沃些，但是又不让土壤过肥。公元前一世纪西汉后期的《汜胜之书》里面还记载了“强土弱之”、“弱土强之”的办法；过于坚硬的土壤（强土），可以在开春的时候犁过，然后再耙，等上面草长起来，再翻一遍，下过小雨之后，又再犁过使土里不见硬块为止，这样使强土弱化。过于松散的土壤（弱土），要在杏树一开花的时候就犁，杏花落的时候再犁一遍，每犁一次就压一次，等上面草长起来，再犁，再压：更松的就叫牛羊在上面践踏，这样使

土壤变得坚实一些。这种适时精细耕作的改土效果很明显，古农书上曾有“田虽薄恶，收可亩十石”的称誉。十二世纪南宋《陈敷农书》中曾指出，过肥的黑壤土也不利于作物的生长发育，须用“生土以解之”，用掺生土的办法，克服“苗茂而实不坚”的弊病。

战国时期，黄河下游有大片盐碱地（古称“斥卤”）不能利用，当明一个名叫史起的人，领导人们挖灌排水渠，利用漳水灌溉洗盐，使邺郡种上水稻，盐碱地长出好庄稼。当时民歌就有“邺有圣令，时为史公，决漳水，灌邺旁，终古斥卤，生之稻粱”的称颂（见《吕氏春秋·先识览·乐成篇》）。明神宗万历十九年（公元1591年）袁黄撰写的《宝坻劝农书》里面也提到：“濒海之地，潮水往来，淤泥常积，有咸草丛生，……其地初种水稗，斥卤即可，渐可种稻。”把大片盐碱不毛之地，通过种植耐盐植物和水利土壤改良等措施，转化成为丰田产。无疑，这是我国古代劳动人民在改土造田方面的光辉成就之一。

在开田造地的艰巨事业中，还必须提到梯田。从什么时候起了梯田，现在说法不一。四川彭山崖墓中发现过汉代陶水田模型一方，陶水田田面呈鱼鳞状，可能就是梯田的雏型。文字上最早提到梯田名称，见于宋教宗乾道八年（公元1172年）范成大（1126—1193）所写《骞鸾录》，提到袁州“岭阪上皆禾田，层层而上至顶，名梯田”。不同条件的地区，梯田的修筑形式和效果差别很大。例如西北黄土地带，主要是为着拦截水土，当地农民现在还有“水不下源、土不下坡、泥不出沟”的说法。而南方丘陵地区的梯田，结合丰富的水源条件，产生了对水土高度利用的效果。宋代朱行中有诗句：“水无涓滴不为用，山到崔嵬犹力耕”（据方勺：《泊宅编》），很恰当地道出了水的充分利用和山地造田的情景。古代劳动人民和山争地，和水争地，丘陵山地辟梯田，洼地设“围田”、“柜田”，水边作“涂田”、“沙田”，水面弄“架田”，耕地面积不断增多。这广大肥田沃地的开辟，凝聚着中华民族各族人民的辛勤劳动和聪明才智。

用地养地，使地力常新壮，是我国古代农业科学技术的杰出成就。我们知道，最早恢复地力的办法是所谓弃耕制。后来发展为短期弃闲。到春秋时期，仍有不易之地（连种）、一易之地（休闲一年）、再易之地（休闲二年）的区别。

据史书记载，战国初期（公元前四世纪）魏国政治家李悝（约前455—前395年）曾经提倡“尽地力”。“尽地力”主张有倡导垦荒的含义，也有发挥土地潜力、增加单位面积产量的内容。“地力”这个农业技术常用的词汇，出现已经有两千四百多年的历史，人们对它的认识不断加深，并且发展了多种技术措施，维持地力久不衰竭。

公元前一世纪初西汉时期的赵过曾提倡过“代田法”。代田法就是种植行（垄沟）和行间（垄背）每年互换位置的种植办法。它可以使全部土地每年都得到充分利用，又可以取得地力恢复的一定效果。具体办法是把谷种播在垄沟，出来的幼苗得到垄的保护。等到苗长起来，就逐渐把垄背的土堆到沟里，壅培作物的根部，这样作物根部入土比较深，能抗风旱。代田法配合使用更巧的农具，实行精细的田间管理，增产效果明显，每亩要比中等田块增产三分之一到三分之二。《汉书·食货志》评价“代田法”是：“用力少而得谷多”。

为适应北方旱源各种复杂地形，公元前一世纪的西汉时期还有“区田”

的创造。开出小区，集中使用水、肥，种植作物。《汜胜之书》里面说：“区田，不耕旁边，庶尽地力。”“区田，以粪气为美，非必须良地也。诸山、陵、近邑高危、倾阪，及丘城上，皆可为区田。”这是充分发挥人的作用、精耕细作、用地养地、争取高产的办法。我国传统农学的特点是因时因地制宜，充分发挥人力作用，在地力维持方面尤其明显。公元一世纪的东汉王充在《论衡·率性篇》中曾经提出：“深耕细锄，厚地粪壤，勉致人功，以助地力”。地力好坏，影响收成显著。而精耕细作，确是积极改造自然的进取态度。

还应该提到十七世纪明代耿荫楼《国脉民天》一书中所提倡的“亲田”。“亲田”的特点是限地精耕，着眼于提高地力。办法是把全部耕地分做五个区，每年对其中一个区加以特别的处理，耕、耙、耨、上粪都多加几次，天旱用水浇，对这块田偏爱偏重，分五年把全部耕地轮亲一遍。在古代肥料种类少、耕具比较简单的条件下“亲田”比一般田收获“定多数倍”。

采取耕、耙、耨、压等耕作措施，精细整地，对改善土壤的水分、空气、温度、养分等状况有决定性的作用。它可以使植物无法吸收的养分转化为可以吸收的养分。公元六世纪北魏的《齐民要术》对土壤耕作技术作了科学的论述。特别对旱地耕地各项作业的密切配合，许多措施到现在仍有实际意义。书中说：“凡耕高下田，不问春秋，必须燥湿得所为佳。若水旱不调，宁燥不湿。”并引农谚说：“湿耕泽锄，不如归去”，讲要趁土壤水分适宜的时候及时耕，由人们根据“燥湿得所”的情况具体掌握，强调关键是抓住土壤中的适量水分。《齐民要术》主张秋耕要深，深耕利于容纳水分和熟化土壤；仄耕要浅，防止跑墒。耕作要求精细，一般不扰乱土层，最好把秋深耕和压绿肥结合起来，就是所谓“凡秋耕欲深，春夏欲浅，犁欲廉，劳欲再，秋耕掩青者为上”，强调耕后必须耙耨。提出春耕随即耙耨，秋耕后待地皮发干再耨，使地表成为松土地层，保墒容易。并且引农谚警告说：“耕而不耨，不如作暴。”意思是讲，如果耕田以后不把土壤耙细，那就是糟蹋土壤。

水田耕作技术创造也是很丰富的。公元九世纪唐代陆龟蒙（？—约881）《耒耜经》所记当时江东水田犁和近世本田犁的部件已经很接近。《陈旉农书》对南方水田耕作，就有早稻收割后耕翻晒垡、施肥、复播豆、麦、蔬菜的记载。山区高地比较冷，冬深耕，放水干田，利用冻融作用，促使土壤酥碎。水田耙在我国应用很早。广东连县发掘了西晋怀帝永嘉年间（公元307年到313年）的一座古墓，出土黑色陶质犁田耙田模型一方，模型中间有一条田埂把耕地分成两块，一块上有一人使牛犁田，另一块上有一人使牛耙田。出土犁、耙、耨图案和模型，说明在公元三四世纪，我国从北方到南方，不论是旱地还是水田，耕作家具都有了相当的进步。

除了使用肥料，我国很早就采用换茬、复种的办法来培养地力，把用地养地结合起来。《齐民要术》里面对换茬、轮作、复种技术有精辟的论述。前茬，《齐民要术》中称作“底”，是中国传统农学中的重要术语，到现在仍在广泛使用。《齐民要术》把不同作物的前茬分为上、中、下三类。对绿肥作物的种植方法、翻压时间、肥效评定、增产效果，都详细作了说明，说“为春谷田，亩收十石，其美与蚕矢熟粪同。”谷子换茬为防杂草。麦接黍茬或小豆接麦茬看来是为了使生长期前后衔接。种谷用瓜茬，是因为一般瓜地施肥比较多，有余力可以利用。水稻由于需水量大，地块不能倒换需要连作的时候，采用移栽的办法。稻“即非岁易，草稗俱生，芟亦不死，故须栽

而薅之”。这是用移栽办法解决除稗问题。

仅从《齐民要术》书中列举的几种作物的最适宜的茬口关系，就可以安排出十几种复种轮作方式，如谷子和绿豆、小豆，大豆和麦，等等。把豆科作物和禾谷作物、深根作物和浅根作物搭配起来，形成合理的复种、轮作制，保证主茬作物，调协不同作物的养分供应，有利于用地养地。

古代农书上曾经有“地久耕则耗”的话，耕作管理不当，会招致农作物产量下降和地力衰竭的恶果。但是地力衰竭是否是必然的趋势呢？不是。南宋的《陈旉农书》中说：“若能时加新沃之土壤，以粪治之，则益精熟肥美，其力常新壮矣，抑何蔽何衰之有！”这部书中还进一步阐述耕种庄稼是“盗天地之时利”的道理，主张充分利用天时地利，这样，“则相继以生成，相资以利用，种无虚月，收无虚月，一岁所资，绵绵相继。”这说明了合理使用可以防止地力衰竭。

我国北方春旱多风，每到播种季节，常常缺少雨水，土壤水分蒸发却很快。就在这种很不利的干旱条件下，我国从古代起，就形成和发展了一套抗旱保墒、精耕细作的农业技术。

古代抗旱保墒主要通过耕、耙、耨、锄等作业实现。战国时期《吕氏春秋·辩土篇》中说：“凡耕之道，必始于垆，为其寡泽而后枯”。意思是说耕地要紧的必须注意垆土，因为它失去水分变干硬就难侍弄了。《汜胜之书》里面的“凡耕之本，在于趣时、和土、务粪泽，早锄、早获”这一因时耕作、因土耕作、精耕细作的农业技术要领，一直为后世所遵循。

采取正确耕作措施，保蓄水分，对北方旱塬说来，不只是关系到收成多少而是决定有无收成的大问题。抓紧时令，耕作技术配合得好，可以收到“一而当五”的功效；错过农时，耕耙不适，也可以遭到“五不当一”的失败。日本学者西山武一著文说，中国北方到公元六世纪《齐民要术》问世，表明旱地农作法已经定型后，后世中外学者对这部书中旱地保墒技术十分推崇，是因为它触及到亚洲农业的精髓。我国古代农业科学技术中，雨季收墒，秋季蓄墒，春季防止跑墒，播种期缺雨磁犁深耕借墒，作物生长前期锄地浅中耕保墒，遇雨水多时深中耕放墒。许多作物播种要趁墒，像谷子等耐旱作物可以“黄墒”下种。围绕着墒情创造了各种经验，称得上是灵活运用，丰富多彩。

利用各种水源条件，发展农田灌溉，在我国古代农业科学技术中占有重要地位。很早人们就利用流泉河溪，开凿水井，浇灌作物。西晋傅玄（217—278）说：“水田制之由人，人力苟修，则地利可尽。”《魏书·刁雍传》载有“一旬之间，则水一遍，水凡四溉，谷得成实”的灌水次数和每次间隔的经验。

洪水有极大的破坏力，危害严重，但是我国古代劳动人民利用它的规律，化害为利，引导它灌溉农田。《汉书·沟洫志》中的“白渠歌”：“泾水一石，其泥数斗，且溉且粪，长我禾黍。”这说的就是引洪灌溉。

秦汉时期黄河中下游凿水井田已经比较普遍。考古学证明在现在的北京和河南泌阳等地，都曾经有灌溉农田的古代水井群发现。《齐民要术·种葵篇》还有田间井群怎样布置的方案。说三十亩园田，可穿井十口，地形狭长的作一行，方形的作两三行，斜角布井妨碍耕作不好。书中还说：“若竟冬无雪，腊月中汲井水普浇，悉令彻泽。”“彻泽”是浇透的意思。这一记载是我国农书上最早见到的冬灌记录，在世界上恐怕也是冬灌的最早记录了。

《种葵篇》中说，葵生三个叶再浇，浇水要利用早晚，中午不要浇。把一种作物的开始浇水时间，一天之内又怎样掌握，讲得详细有理。种稻就要：“薅讫，决去水，曝根令坚，量时水旱而溉之。”（《齐民要术·水稻篇》）这说明不同作物有不同的灌溉技术要求，千篇一律不行。

古时稻田用水非常讲究，正如《农政全书》所讲：“稻田用水，随地随时，不拘一法，括之以两言曰，蓄与泄而已。”具体运用起来，的确是千差万别。《陈旉农书》认为南方高田，为解决用水问题，修凿水塘，“约十亩田，即损二三亩以潴蓄水”，这种水塘，旱时灌水，涝时蓄水，为的是保证丰收。

《王祯农书》把元代以前的引水、提水工具和设施作了总的叙述，并且绘有图册，包括水车、筒车、虹吸、渡槽等种种工具和设施。书中还说，由于这些东西创造出来，“大可下润于千顷，高可飞流于百尺，架之则远达，穴之则潜通，世间无不救之田，地上有可兴之雨。”短短几句话，概括地说明了我国古代在农田灌溉方面所取得的重大科学成就。

我国古代很早就十分重视施肥技术，公元前一世纪西汉后期已经把施基肥、补追肥的经验分开来叙述。尤其引人注意的是，《陈旉农书》记下了宋代劳动群众创造的“粪药”经验：“俚谚谓之粪药，以言用粪犹用药也。”把用粪比作医生看病对症下药，很简朴深刻。

我国古代利用的肥料种类多样。《诗经》里面就有锄草沤肥、使季稷繁茂生长的记载，如《周颂·良耜》：“其耨期赵，以薅茶蓼，茶蓼朽止，黍稷茂止。”战国时期《荀子·富国篇》里提到：“多粪肥田，是媪夫众庶之事也。”说明那时往田里施粪肥已经是农民群众普遍做的事。稍晚些时候，《韩非子·解志》中讲到：“积力于田畴，必且粪灌。”把施肥和灌水两项技术紧密地联在一起。《汜胜之书》里谈到肥料的种类已经有蚕矢、骨汁、粪便。它明确地提出，麻高一尺的时候，可以蚕粪作追肥，没有蚕粪，用坑中腐熟过的人粪尿也好。书中还针对遇到天旱雨水少的情况，提出可用酢浆和蚕矢拌麦种，说这样能使小麦“耐旱”、“忍寒”，提高抗寒性和耐旱能力。公元三世纪魏晋时期我国有最早种植、翻压豆科植物苕草作绿肥的记载。到公元六世纪南北朝时期，又增加了旧墙土、草木灰、厩肥等等。其后，像石灰、骨灰、食盐、硫黄、石膏、卤水等，在不同地区曾经有当作肥料施用的。十七世纪明代宋应星的《天工开物》里面，仅饼肥就列举了芝麻饼、棉子饼等七种。在这部书的《稻宜》一节中，载有“上性带冷浆者，宜骨灰蘸秧根，石灰淹苗足。这是因地制宜、因土施肥的事例。“土性带冷浆者”，就是冷浸田或冷浆田，一般都是山区洼地，水土温度比较低，属酸性土壤。骨灰蘸秧根，是施磷肥，符合酸性土的需要。石灰淹苗足，是利用石灰中和土壤的酸性以改良土壤。这些都是符合科学道理的。

《知本提纲》中提到，耕作施肥处理得好，可以收到“一载之间，即可数收，而地力新壮，究不少减”的功效。书中再三强调粪壤的好处，认为合理施用肥料，“田得膏润而生息，变臭为奇，化恶为美，丝谷倍收，蔬果倍茂。”我国古代劳动人民这种“变臭为奇、化恶为美”的积极改造自然的光辉思想，在南方水田区的耕种技术中也早有论述。明代《沈氏农书》中就有这样一段：“种田地力最薄，然能化无用为有用；不种田地力最省，然必至化有用为无用。何以言之？人畜之粪与灶灰脚泥，无用也；一人田地，便将化为布帛菽粟。”

《陈旉农书》所载“用粪犹用药”这种宝贵经验，后来更有发展。十八世纪清代《知本提纲》讲施肥“实有时宜、土宜、物宜之分”，“寒热不同，各应其候”，“物性不齐，当随其情”，并着重指出：“皆贵在因物试验，各适其性，而收自倍矣。”对肥料，元代《王祯农书·粪壤篇》里记有大粪、踏粪（厩肥）、苗粪、草粪（后两种都是绿肥）、火粪（草木灰、石灰）、泥粪（用沟、港里的青泥同大粪合同）等多种。书中还指出“一切禽兽毛羽亲肌之物”，也都是很好的肥料。《知本提纲》讲：“酿造粪壤，大法有十。”把肥料更扩大为十大种类。对不同土壤、不同作物、不同时间使用不同肥料，都作了具体叙述。例如，骨蚌蹄角粪和毛皮粪可施用于稻田，种麦、要用黑豆粪和苗粪，种瓜菜宜用人粪之类。到现在也还流传有冷性肥、热性肥的说法。有的书中把施基肥称作垫底，说：“垫底尤为紧要”。把追肥称作接力，说“盖田上生活，百凡容易，只有接力一壅，须相其时候，察其颜色，为农家最要紧机关。”（《沈氏农书》）凡此种种，反映我国古代施肥技术是多种多样的。

战国时期已经很重视适时播种，《吕氏春秋·审时篇》详细谈论了谷、黍、稻、麻、豆、麦要作物适时耕作播种的好处，失时（过早或过晚）的害处。说“得时之稼兴，失时之稼约”。这里“兴”指长得好，收成多；“约”指长得差，减产。它还说小麦过早播种，麦苗容易得病遭虫或冬前拔节；过晚播种会使植株弱小、贪青。这些都对收成不利。《汜胜之书》也讲了麦“早种则虫而有节，晚种则穗小少实”。

《齐民要术》不仅重视适时趁墒播种，还进而规定了播种不同作物的“上时”、“中时”、“下时”，并且用物候作为指标。根据播种期的适时与否，土质好坏，不同的墒情，规定不同的播种量，采用相应的播种方法。从各方面把握适时下种，争取全苗、壮苗，以发挥其他技术措施的实用。《齐民要术·种谷篇》中就讲到：“凡春种欲深，宜重挞；夏种欲浅，直曳置自生。”对于谷子春播为什么要深和播后要镇压，书中有精要的注解，说：“春，气冷，生迟，不曳挞，则根虚，虽生辄死。”把播种前后的气温高低、种子萌发、作物幼苗生长情况都作了周密考虑。夏播要浅，像撒在地皮上那样就可以，是因为“夏，气热而生速”。书中引农谚说：“以时及泽，为上策也。”这就是说，要把握住播种最适时期和注意墒情。

《齐民要术》讲到撒种的有漫掷、耨耩漫掷、逐犁漫掷；条播有耨种、垄种、耨头中下之；点播有墒种、逐犁耨耩种，等等。播种后，有的要有镇压，有的不要镇压。特别指出了耨种的优点：“凡耨种者，匪直土浅易生，然于锋锄亦便。”（《大小麦篇》）讲耨种的好处不只是覆土浅而均匀，容易出苗，也便于中耕锄草和培土。在《种大豆篇》中说：“必须耨下，种欲深，故豆性强，苗深则及泽。”用耨下种，播的深，墒情好，能适应大豆生长发育的要求。可见，同样是用耨，完全根据具体情况，灵活运用，控制播种的深浅。

我国古代农业技术中有精致地种子处理办法。利用水淘、泥水选、风扬等措施去秕去杂，给种子拌精质肥料。《汜胜之书》里面还提到用中药附子浸汁拌种防虫。明清两代的农书比较多地出现用信石等居毒药物拌种的记载。种皮厚的，如苜蓿种子，播前要碾压搓摩；种子干湿不匀的，“临种必晒曝种子”。这些都是为了能使种子提早发芽，发芽整齐一致，减轻病害，培育成壮苗。

浸种催芽是农作物生产中广泛采用的措施。《齐民要术》谈到种胡荽时说：“几种菜，子难生者，皆水沃令芽生，无不即生矣。”现今种瓜种菜，播稻植棉，仍然普遍实行浸种催芽技术。《齐民要术》中提到浸种的有大麦、小麦、水稻、麻、胡荽，还有槐等。《水稻篇》中说，稻种浸三天，捞出放在草编器具中，再经过三天，等到芽长二分，再播种。《齐民要术·旱稻篇》讲到对旱稻播种的要求是只要种子开口，不待生芽就要下种。天时不好，为抢时间，也可以不浸种。高田种旱稻，“至春，黄墒纳种”，并且嘱咐“不宜湿下”。可以看出，浸种、催芽、下种各项技术，完全根据作物生长发育特点和气候土壤等具体条件而定。

播种、出苗到收获的田间管理作业，包括很多内容。我们仅从下列几项措施，也可以看到我国古代农业的成就。

锄地，在世界农业科学技术史上是很有特点的一项创造。锄草的作用不但在于锄去草苗，而且在于蓄水防旱。《齐民要术·种谷篇》讲：“春锄起地，夏为除草。”春锄主要是松土、发根、防旱保墒，适应春旱多风、气温回升快的情况。在“春苗既浅，阴未覆地”，就是说苗小、遮荫不良，不利于保蓄土壤水分的时候，锄地松土，可以切断毛细管水上升的通路，创造比较好的水肥条件，使作物生长发育良好。正如书中夹注写的，“锄者非止除草，乃地熟而实多、糠薄、米息。”所以要“锄不厌数”，“勿以无草而暂停”。夏锄主要是除草，因为“夏苗荫厚，地不见日”。庄稼长起来了遮荫层大，又到了雨季，这时锄地是为防止草荒。《齐民要术》在《杂说》中讲到锄谷，“第一遍锄未可全深，第二遍唯深是求，第三遍较浅于第二遍，第四遍又浅于第三遍。”这种“浅、深、浅”的安排，正适合谷子生长发育的要求，到现在仍有实际意义。

关于稻田水层管理的科学方法，《汜胜之书》说：水稻生长初期，水温需要提高些，“令水道相直，”就是把田埂的进水口和出水口对直，使田块大片水层稍稳定，水温容易上升；到了夏天，水温太高不利于稻的生长发育，“令水道错，”就是把田埂进水口和出水口错开，灌进的水迂回流过全田，不致使水层积温过高。就在当时应该是很了不起的技术成就。在旱地灌溉中，人们也很注意水温的细致变化。《汜胜之书》关于种麻子还说到：碰到天旱，用流水浇，如果没有流水，用井水要晒一晒，杀一下“寒气”再浇。

古时种水稻还有“烤田”的技术创造。明代《沈氏农书》载有“六月不干田，无米莫怨天”的农谚。这种说法最早见于公元六世纪北魏的《齐民要术》，说水稻薅过后，撤去水，“曝根令坚”。通过太阳曝晒，使稻根向纵深发展。《沈氏农书》说得更具体些，规定烤田的时候，在栽插后，经过两次耘耩，靠近立秋节气，放水晒田。还说，必要田干缝裂方好。经此一干，可以收到了“根脉深远，苗干苍老，结秀成实，水旱不能为患”的功效。立秋前多晒几天可以，到了立秋之后，地见裂缝就要车水灌田。这是因为到处暑节气，水稻正在孕穗，决不可缺水。

栽插农作物，最早见于汉代的《四民月令》，书里把移栽水稻叫“别稻”。《齐民要术·种谷篇》提到，缺苗断垅稀豁的地方，就把苗补上，把补苗多栽看成很普通的事。还值得提一下，《齐民要术·旱稻篇》中说，栽插要浅，让根须四散，生长发育才好；如果栽插过深，根窝在一团，稻就长不好。还说秧苗如果过大，可以把老秧苗从上部去掉几寸叶，保护心叶，减少蒸腾，容易栽活。到了七月，就不能再栽插了。这种观察、处置，不能不说细致精

巧。说到小麦移栽，近年国外曾经有人当作新创造加以报道。其实这项技术在我国古代农书中早有记载。十七世纪《沈氏农书》中说：“若八月初先下麦种，候冬垦田移种，每科十五六根，照式浇两次，又撒牛粪，锹沟盖之，则干壮麦粗，倍获厚收。”清代《知本提纲》虽然主要讲旱地农业，但是对栽插仍很注意，说物性各有所宜，有的适合燥栽，如麦苗、小蓝、莴苣、韭菜、瓜苗之类，适宜先栽后浇，如果放在水中栽，就不发旺，长不好；而有些适合水中栽，像稻秧、粟苗、茄苗之类，随水栽，栽后第二天再浇，隔一天又浇，三天才能生根，要是先栽后浇，也长不好。这些经验之谈，值得分析研究，精心提炼。

作物田间管理技术中，像棉花整枝打杈这种措施，也很引起人们注意。公元十三世纪元代《农桑辑要》讲种棉，“苗长高二尺之上，打去冲天心，旁条长尺半，亦打去心，叶叶不空，开花结实。”清乾隆三十年（公元1765年）编绘的《棉花图》，有专门描述棉花摘尖的诗赋和图画。公元十八世纪的清代，我国一些农书中关于作物地上部分和地下部分（根、主根、须根）之间的关系，作物和光、温、水、气、养分之间的关系，有不少可贵的论述。《知本提纲》说：作物有根有梢，生长固定，长得好坏受地力影响极大。根向下，吸收“地阴”（指水、肥），枝梢向上，接受“太阳”（指阳光雨露）。上部下部配合得好，作物长势才旺。提到有些作物主根能深扎，但是要去掉些表层浮根，否则主根扎不下，影响吸水吸肥，产量不高。

我国古代优异的农业科学技术创造，贯串着因时因地因物制宜的原则，丰富多采，巧妙灵活，蕴藏着深刻的科学道理，在人民群众中流传、发展着，它有无限的生命力，是我们取之不尽、用之不竭的宝藏和源泉。

除草剂和杀虫剂

在荷马时代人们就开始用有毒的化学剂来杀虫了。荷马曾提到燃烧硫磺的熏蒸作用。尔后的普林尼曾提到用砷来杀虫。至少在300年前，已从烟叶中提取出天然杀虫剂尼古丁。到1828年，从各种菊花干燥后打成的粉中提出了第二种天然的杀虫剂。在十九世纪中期（复古学希腊的时期），人们又提出用硫磺来给桃树灭菌，采用的配方是：一磅烟叶、两磅硫磺、生石灰若干块……用10加仑开水浸泡稀释。

各种杂草的防治迥异于昆虫和真菌的防治，出现较晚，但却起源于真菌防治。许多世纪以来，农民们都靠锄、耙、烧和其他既劳累又没有选择性的办法来除草。但是在十九世纪八十年代和九十年代，当法国波尔多的葡萄园为一种使葡萄长毛的病毒严重感染时，人们用硫酸铜和石灰的混合液（现在称为波尔多液）。1896年，一个叫博内的葡萄种植者，发现这种杀菌剂使长在葡萄树旁边的黄色田芥叶子变黑了，把田芥菜也杀死了。此后不久，人们发现，当硫酸铁溶液喷到谷物和双子叶的草上时，它只杀死草，谷物的叶片不受影响，留下的谷物安然无恙。这是一个突破。很快人们就发现，许多其它简单的无机物，若使用的浓度适宜，都能有选择性地杀草。

能从象形文字中看出，它还是下埃及王国的象征。蜂蜜似乎还是一种重要的货物和贡物。一位经六王朝的官员（公元前2320—2258年）在南行访问黑人时，便带上蜂蜜去换取货物。从在巴勒斯坦和叙利亚的战场上凯旋归来的埃及国王，也常常带回一坛坛进贡的蜂蜜。蜂蜜有若干种用途：可以用来举行宗教仪式，可以用来制药（例如作软膏），可以通过发酵制成酒精饮料，可以用来作蜂蜜饼（用蜂蜜和面粉制成），既供日常食用，又可用于祭神。

直到古希腊和古罗马时代，人们一直用蜂蜜来派这些用场。

赫梯人也养蜂。赫梯神话中有许多关于养蜂的故事。养蜂具有重大的实际意义。关于养蜂的事情法律上还专门有规定：“如果任何人从蜂群里偷了蜜蜂，原来是赔偿一米拉银子，现在得赔偿五舍克尔银子……”在荷马时代，希腊的养蜂业已经充分发展起来，在整个古典时代一直很兴旺。

说蜂箱是人类发明的而不是蜜蜂自己发明的，好象有点不符合事实。直到十八世纪末叶，人类所做的全部事情，只不过是造纸或稻草复制蜜蜂建造的蜂房。但是在1789年，瑞士博物学家胡伯制造出了第一个有活动结构的蜂箱，蜂箱的“叶”片象书页一样打开：每一个框架上都可以放进一个小蜂箱。1843年，人们通过实验研制出了合成蜂巢基板，蜜蜂可以在此基板上建筑它们的蜂室；靠离心力从蜂房提取蜂蜜的提取器也大致在同一时候研制成功。

在内战期间，科学家们研究出了多种类似植物生长素的有机物质，若有选择性地施用，会使杂草拼命生长，最后因生长过度而死亡。

如果不提保罗·米勒于第二次世界大战期间在瑞士发明 DDT，关于野草和害虫防治的史话就是不完全的。虽然 DDT 曾给被战争破坏得百孔行疮的世界带来过不可估量的好处，并使其发明者获得了诺贝尔奖金，但是事实已经证明，它是最糟糕、最持久的环境污染源之一。有的国家禁止使用 DDT，许多国家则限制其使用。

给土地营养的化肥

植物和人一样，需要不断地增加营养，才能正常地发育生长。人们很早就知道给土壤里施肥，实际上就是给栽种的植物添加必要的营养品。

不过，世界各地施用的肥料是不一样的。早期，亚洲各国使用的是人、畜粪，鱼油或豆渣饼以及堆肥等。欧洲当时虽然也施肥，但不像东方那样利用腐质的动植物或牛马粪等做肥料，所以欧洲常因土地贫瘠，农作物歉收而发生灾荒。

1840年，德国著名化学家李比希为了改变欧洲土地贫瘠状况，提出一个令人惊奇的大胆设想。

那时，德国北部多是沙地，人们通常认为这种土地是不能种植作物的。但李比希却花钱买下了一部分土地，并从远距柏林100千米的斯达斯弗德把当地出产的含钾石盐运到这块沙地上，并种上了粮食。当时东方人在大量使用人、畜粪一类肥料，而李比希却使用这些古怪东西，人们说李比希要么是傻子，要么就是个疯子。甚至有人挖苦道：沙里掺进盐还要种庄稼，简直是骗人。

然而，事实却使人们大吃一惊，并完全改变了原来的看法。

一年后，在过去的沙地上竟长满了绿茵茵、枝叶繁茂的庄稼，诸如大麦、芜菁、黑麦和马铃薯等。人们以前嘲笑李比希，现在却把他看成“神仙”，他的名字也传遍了德国。国外也来信、来人邀请他去传授技术。

李比希认真地给当地农民传授施肥种植技术，并邀他在国外的学生回国和他一起工作。由于他研制的肥料与以前生产的肥料完全不同，从而改变了许多欧洲农民对肥料的看法。他根据自己研制成的肥料深有体会地说：“作为植物的养分，可以不使用传统的以腐烂动植物为肥料的方法。只要能供给所需要的碳、氮、硝、磷、硅、钾、水、氧化镁、铁等，就可以培育植物。但关键是，如何使植物吸收这些需要的营养成分。”

另外，李比希还将从远处运来的石盐中的氯化钾作为钾肥使用了，收到

了很好的效果。

但是，有人反对李比希的说法。英国的劳斯和基尔巴特就认为李比希提出的不需要腐烂的动植物作肥料的说法是不正确的。为此，他们还于 1842 年分别进行了各种实验，以证明自己的论点正确。

实验结果表明，用腐烂的动植物制作的肥料就是氮肥的最主要来源。因此，李比希的说法不攻自破了。

后来，劳斯还把动物的骨头磨碎成骨粉，经硫酸处理，制成过磷酸钾，并证实这也是一种极为重要的磷肥此外，还有用提取煤气时所产生的氨制成的硫酸氨，也是一种很有效的氮肥。

实践完全证实，氮肥、磷肥和钾肥都是植物很需要的肥料。因此，人们开始对这三种肥料进行研究，并用人工方法制作这些肥料。

最先出世的化肥，是用智利硝石代替劳斯发明的硫酸氨制成的氮肥。接着，德国化学家富兰克和卡罗于 1900 年制成了作为肥料使用的石灰氮素，并于 1906 年在意大利建立了大规模生产石灰氮素的工厂，用以制作氮肥。

而最早发明的硫酸氨，作为肥料使用却很晚，直到 1913 年才开始制造生产。

磷肥问世较早。1878 年，英国人托马斯和吉尔吉利斯特利用钢铁厂废弃物制成了磷肥，被人们称为托马斯磷肥。由于是利用废弃物制作的，所以任何钢铁厂都能生产这种化肥。

英国人劳斯在 1842 年发明的用骨粉经硫酸处理制成的过磷酸钾肥料，由于制造简单，很快就开始了工业性的大生产。

随着生产的发展，氮、磷、钾等化学肥料已成为农业生产不可缺少的营养品，人们对它们更加重视，不断地扩大生产，提高产品质量。

分行栽培与精细锄地

从现在来看，分行栽培作物与细心彻底除草是显而易见的必要的耕作过程，但在欧洲，到公元 18 世纪才采用这些农耕方法。直至公元 1731 年，农业宣传家杰思罗·塔尔还在努力劝说欧洲农民采用他所说的“马拉锄地耕作法”，其中包括分行栽培作物和彻底除草。

我国最迟在公元前 6 世纪就已经采用分行栽培作物与精细除草的方法。因而在农业中一个最明显的方面，我国比欧洲先进达 2200 多年。公元前 3 世纪的《吕氏春秋·辨士》写道：“如果作物成行生长，就会很快成熟，因为它们不会影响彼此的生长。横行必定排列得很好，纵行安排得很有技巧，因为如果线条是直的，风就会顺利通过。”

最初，种子是用手沿垄播种的，采用的是“垄沟相间”的方式。公元前 1 世纪，多管条播机（耩车）的使用，大大提高了行播的效率。与此同时，出现了精深锄地的技术，中国人是使用这种技术的先驱。大约在公元前 6 世纪或公元前 5 世纪，在金属冶炼加工方面已取得独一无二的进展之后，我国普遍使用了铸铁锄。一把好的铁锄，在勤劳的农民手中可望使用 10 年。锄和其他所用的农具在公元前 3 世纪时使用寿命很长，那时制出了一种可锻（不脆）型的铸铁。大约到了公元前 1 世纪，一种改进了的锄已广泛使用。这种锄称做“天鹅颈锄”，能除去作物周围的草，而不损伤作物，而且它有多种可更换的锄片。这是一项杰出的技术进步。

我国古代有一句谚语：“锄头自有三寸泽。”精心锄草确实可以奇妙地保持土壤的水分，这在华北是极其重要的，因为这个地区比较干燥，时常刮

风，而主要作物是小麦和小米。水稻在大多数西方人看来，在整个中国都可以看到，但实际上主要生长在南方，这是与北方有很大差异的农业区域。

从公元 1313 年问世的大农学家王祯的《农书》中，我们可以看到一幅农民用传统方法手工锄草的有特色的画。该书写道：

“在北方的村庄里，农民常结为锄社，一般由 10 家结为一社。先锄一家的田地，这家就为其余各家来锄地者提供饮食。其余各家轮流照此办理，在 10 天内轮流完皆……这是完成锄草任务的快速方法而且是一件乐事。如果有一家患病，或出了什么事，其它各家就合力相助。因此田地无野草，岁岁获丰收。秋收之后，锄社社员们都拿出酒和猪蹄来，参加庆祝丰收的盛宴。”

较富裕的农户不需要依靠这种方法，因为他们有畜力牵引的锄具，这显然要快得多。第一种类型的除草工具，似乎一直是一种犁，没有犁壁，而有两个锋利的尖刃。拉锄时，两个刃沿垄的两侧行进（垄上成行地种着庄稼），它把垄两边的杂草除掉，把灌溉沟加深，并且进一步在作物根部周围培土。这种除草工具于公元 2 世纪在刘熙的《释名》一书中提到了。这种马拉锄有单刃的，也有双刃的，它可以用于翻地做垄、培土或浅锄。到中古时期，有了改进，称为“鹅翅”，附在马拉锄上。它有两个宽片，可以进一步使沟加深，并把更多的土培在作物根的周围。马拉锄的效率比手工锄的效率要高好几倍。但农民通常是先使用马拉锄锄地，然后再跟在后面用手锄锄掉剩下的少量难锄的草，从而均匀完成全部锄草任务。

灌溉

不管是多雨的地区，气候温和的地区或沙漠地区，定居的人们都需要导水。若气候干燥，农作物需要灌溉；若气候潮湿，又需要排水（房屋和街道也需要排水）。

在人类的各种早期文化中，基本上都是自然灌溉。大的居民点都是在江河边（如底格里斯河、幼发拉底河、厄罗河、印度河等），这些河定期泛滥，使淤泥沉积在田野上。人们筑堤以控制洪水。这就使土地能生长出好庄稼来，在使用犁的地方更是如此。这些地方由于得天独厚，人口越来越多。因此，早期的各种伟大文明都出现在上述河流的河谷地区。

要充分控制河流就需要建水坝和挖运河，要建水坝和挖运河就要集中人力和有个好的政府组织。似乎苏美尔的各个市政府常讨论灌溉问题。后来，大约在公元前 1700 年，汉莫拉比法典提出维修运河、保护抗洪的佃户、保证向人们提供所需的水等。

在古埃及，人们非常崇拜奥赛里斯等灌溉之神。为了有效地进行排灌，他们发展了土地测量、贮水和扬水等技术。希腊时代不怎么采用这些技术，不采用的原因之一是因尼罗河谷的气候和庄稼都有差异。可是早在公元前三世纪，罗马城南面的庞廷沼泽，一直是个产生疟疾的病源。从公元前 160 年起，人们就想把沼泽里的水排干，但是直到十七世纪，荷兰人范·德波伦和梅耶才实现了这一宿愿。

波尔多液农药

法国的杜梅克是一个盛产葡萄的好地方，1878 年，这里突然流行葡萄老菌病，这是一种霉菌引起的葡萄病害，它使葡萄叶上长满了多角形的黄褐色的病斑，叶子的背面是一片白色的霜霉，好端端的葡萄逐渐衰竭、枯萎，严重的地方颗粒不收，霉菌病向周围地方扩展，一般的农药如除虫菊、烟草和硫磺混合液对这种霉菌竟毫无作用。人们只好听天由命。

在另一个叫波尔多的地方，也盛产葡萄。葡萄开花、坐果的时候这里也遭到霉菌病的袭击，正当人们以为今年的劳动付之东流时，偏巧这里出现了奇迹，一个靠近路旁的葡萄园却意外地没有受到一点损失，葡萄的长势极其良好。

为什么这里独不遭灾呢？这件奇迹像长了翅膀一样飞向各地。

一天，波尔多大学的植物学教授米亚卢德的朋友听到了这个惊人的消息，他认为这个奇迹里一定包含着一个科学的秘密，他想到了他的朋友米亚卢德教授正在研究这方面的问题，于上他乘上了马车，匆匆地来到米亚卢德的家里，他一下子冲开了实验室的大门，大声喊道：“米亚卢德，一个好消息！”正聚精会神工作的米亚卢德被吓了一跳。

“什么消息？”米亚卢德只好放下手中的工作。

一辆马车载着米亚卢德和朋友，来到波尔多城的这个果园，园主热情地接待了他们。

“先生您是怎样使这块葡萄园没有遭灾呢？”

“这个……这个……”感到茫然的园主回答不上来，其实这家果农，何尝不是在祈祷中等待着上天的保佑，这件事连他自己也搞不清。教授们观察了土地、水源、环境，这些可能会影响这个奇迹，但是在观察时，并没有发现什么特殊的地方。最后园主谈到了在葡萄上喷过石灰水和硫酸铜混合液的事。

原来，波尔多城是交通要道，过路的人对于引人垂涎的大粒葡萄不免要顺手摘食，所以平时损失很大。

这家园主想出了一个办法，就是每年都要用石灰水粉刷葡萄架并用硫酸铜来喷洒以防害虫。这两种东西都有一股怪味，一天他灵机一动，心想如果把剩下的石灰水和硫酸铜混和在一起喷到葡萄上，个个葡萄变得不白不蓝，极其难看，又有一股怪味，大概就不会有人来偷吃了，打这以后，葡萄就没有丢过一粒，同时也没有遭到虫害。

米亚卢德以科学家特有的敏感，他把石灰和硫酸铜按不同的比例混合，经过不断的试验选定出最佳方案，在 1882 的，终于找到了防治霉菌病的方法。最后以这个城市波尔多来命名叫波尔多液。

捕鱼技术

由于越来越多的尖端技术的应用，特别是涉及探测、捕捞和贮藏的尖端技术的应用，使世界上的海洋渔业战后有了很大的发展。这些技术大半是从外界引进的，而不是在渔业内部产生的；它们在渔业的环境内逐渐发展起来，但不是起源于渔业。实际上，渔业实践一直没有什么变化，但是，技术革新和新材料的出现大大地提高了捕捞能力和建造各种现代化渔船的能力。其结果，便是许多种鱼受到过分的捕捞或受到过分捕捞的威胁。金枪鱼（最普通的食物源之一）在若干海域受到严重的威胁。鳕、黑线鳕、大比目鱼和大马哈鱼已经减少。蓝鲸已经被捕到涉临绝灭的境地。

捕鱼是人类开发海洋的最古老的方式。可是要经济地使用现代化的捕鱼船，必须在捕鱼工具力所能及的范围内找到大量的鱼群。因此，最现代化的捕鱼船都装备有某种探测鱼群的系统，通常是声纳。所有的声纳系统都是按这样一个基本原理工作的：发出的声信号向海底传播或向船的前方传播，在传播途中遇到障碍便反射回来，再记录和显示反射的声信号。从发出信号到信号返回的时间间隔，可以算出从渔船到障碍物之间的距离，在捕鱼的情况

下，则是从渔船到鱼群之间的距离。现在人们正在设计有多种用途的声纳系统，能用以发现鱼群、估计鱼群和追踪海面的大鱼群。丹麦、德国、日本、挪威、苏联、瑞典、和美国等，正在回声测深仪和战时潜艇探测系统的基础上研制新型的探测系统。现在的渔船船长，不用聚精会神地等待熟悉的鱼群信号，他可以通过解释声纳和其它仪器的记录的方式来显示他的技术。

渔业中的电子学革命不限于声纳等仪器的采用。大型的捕鱼船队，还能通过用计算机快速处理渔业资料和气象资料获得不少好处。例如，日本为自己的渔船提供预报或情报，使渔民们知道鱼群出现的情况。预报基于调查船和渔船在各个渔场获得的情报。由于采用了现代的航海系统，甚至属于公海的产鱼海域都可以区划出来。实际上，某些渔船上的大量的航海仪器和设备，使人们怀疑这些船只不是在于捕鱼的工作，而在于其它什么勾当。当然，这种怀疑往往不是没有道理的：一个大型的捕鱼船队，天线林立，且有航海设备，很可能是进行了巧妙伪装的军用间谍船。

虽然发生了电子学革命，但是大量捕捞所采用的实际技术，在数百年内，至少也是在数十年内，在许多方面一直没有什么变化。最古老的有组织的捕鱼技术之一是捕鲱鱼的技术，关于英国捕鲱鱼的技术可以追溯到萨克逊时代。这种技术使用的主要工具，是一种称为流网的刺网。这种网由若干段组成，张开长达三英里左右，放到水面像一个巨大的球网。网一旦张开，渔船便随风飘流，等待夜幕降临，鲱鱼浮到水面来觅食。这种网不会把鱼群吓跑；鲱鱼在碰到网时便企图穿过去。但是网眼很小，只有小鱼才能穿过去，大鱼便被拦住了。被拦住的鲱鱼向后回游，企图逃出网去，结果就会被刺网捕住。黎明时分收网。被捉住的鲱鱼可能成千上万，吊上甲板时活蹦乱跳，银光闪闪。

多年来，用拖拉大围网捕鱼也基本上没有什么变化。在使用这种技术时，渔民们不是消极地等待，而是努力把鱼群围起来。在渔船放出渔网包围鱼群时，把拖拉大围网的一端系在一个浮筒上。待渔网的另一端绕回到浮筒时，便把两端合拢来，开始收网。收拢穿过网边环扣的绞船索便可收拢拖拉网。网收拢回，鱼群被集中在盆子一样的网里。把网拖拢时，网里的鱼沿着船舷不住的跳跃。这时便用唧筒把鱼抽起来装进舱里，如果碰到大鱼，就用网打起来。如果你脑子里记住这样一点，有的大拖网大到能把圣保罗教堂围起来，一网就能打 400 吨鱼，这样操作的原因就好理解了。

渔业发展的最近阶段的特点，是用拖网捕鱼法追逐鱼群。最初的拖网很笨拙，网底有一根沉重的梁使网保持张开状态。拖网的网口有一个框子，框子用带有金属滑行装置的边件做成，金属滑行装置宛如平底雪橇，帮助沉重的拖网在海底拖动。十九世纪采了网板，在拖网设计上出现了突破。拖网的每一边都有一个网板，在水中拖动时，网板便四处散开，将网口张开。这样，就用不着绷拖网的梁了。

网板的确切来源尚不清楚。据信，一个叫马斯格霍夫的爱尔兰人，在 1860 至 1885 年期间曾用网板作过实验。这种网板的使用，肯定是从爱尔兰和英国的渔民传到欧洲的，然后再传到世界上更远的地方。到 1905 年，日本渔民也开始用网板了。

最初，网板是系在网口边的条带上；这种条带，原来是通过把鱼汇集到网口的方式帮助把拖网张开。既然网板能使拖网张得更开，条带就可以去掉了。实际上，网板根本不必直接系在拖网上，维格内龙—达尔在二十世纪二

十年代证明了这一点。V—D 型拖网在网和网板之间有很长的铁索，可以使网口张得很开。从那以来，许多渔网设计人员都利用了这个原理。现在，拖网的式样多得不胜枚举，人们还在设计新式的拖网，特别是用于中部水层和海面的拖网。不在海底拖行的拖网通常有一个方口。有些拖网的底部是突出的，以免鱼从下面潜逃；有的拖网有浮筒和水翼，使其能保持在一定的位置；而大多数拖网都有特别设计的网板，使拖网的网口保持张开状态。

在不能使用渔网时，职业渔民们便转而采用人们消遣时采用的渔具——渔钩和渔线。这种技术，至少跟一种捕金枪鱼的方法没有多大差别。在测定出有金枪鱼群的地方，当金枪鱼冒出水面时，捕金枪鱼的渔船便悄悄地接近鱼群，从一个专门设计的屋子抛出活的鱼饵。与此同时，捕鱼船开始冲水，借以掩蔽自己和引诱金枪鱼吃食。吃食的金枪鱼，见着旋水里来的飘忽来去的东西就吃，甚至没有穿鱼饵的发亮的光渔钩也吃。在甲板上工作的渔民们，从两边的甲板放下小船，小船迅速地放出钓鱼线。他们使用没有倒钩的渔钩。一旦金枪鱼上钩，马上就把它拽起来拖到船上，鱼自己就蹦脱钩了，然后迅速地将钩扔回到水里。

渔钩和渔线也用来钓深水中的某些鱼。在一根长长的渔线上栓上五百来个渔钩（都有倒钩），每个渔钩上都穿上鱼饵，以引诱饥饿的鳕或里线鳕。待渔线一下到水中，便将上端系在一个标识浮标上，渔船便继续向前移动，继续下线。在向水里下线时装钓饵可能是一种危险的活计。某些长的标识浮标上还装有转筒，渔线的分支线从转筒垂下，以便在慢慢地放线时鱼容易上钩。

目前除了发展传统的捕鱼技术外，还在研究一些新的捕鱼技术（有的基于现有的技术）。例如，美国全国海洋渔业服务局正在试验一种电气化的小虾拖网。这种拖网向海底发出一种短的电脉冲，足以迫使小虾从泥洞里跑出来。美国科学家甚至研究出了需要何种强度和频率的电刺激，才能使甲壳动物游到适当的高度，便于用拖网以一种特定的速度捕捞。美国在其它捕鱼实验中还采用水下灯光引诱和空吸泵。最初是采用这种技术捕捉小甲壳动物来供实验室养深海鱼类的幼体。可是俄国人以一种完全不同的规模进行实验。捕捉在南冰洋的水域里大量繁殖的磷虾（一种大的象虾的甲壳动物）。一艘调查船上装备的一个漏斗形的网在水中从磷虾群里拖过。为了使捕捞能连续不断，在拖网的尾部接上了一个泵，把网到的鱼源源不断地送到渔船上。最近还出现了一种新的渔业技术，其中包括孵化技术、养鱼技术到建设适合的封闭式渔场或海洋场的技术。

没有渔船上的相应改进，近来在渔网和其它渔具方面的发展是不可能实现的。传统的捕鱼技术在某些方面已经发生了彻底的变革。一个良好的例子是普雷提克于 1955 年发明的捕鱼滑车。这个美国人跟西雅图海洋建设与设计公司一起，为捕捉当地产的鲑鱼的大型拖网船制造出了一种滑车。普雷提克捕鱼滑车拉网绳，还能用它把整个渔网拉起来。普雷提克捕鱼滑车非常成功，刚一研制出来，就在美国捕金枪鱼的渔船上安装上了。在十二年内，全世界的渔船上就安装了 7000 多个捕鱼滑车。在从 1953 年算起的十年之内，秘鲁的渔业发生了奇迹般的发展，捕鱼量增加了五倍。之所以有这样的增长，跟使用捕鱼滑车不无关系。捕鱼滑车对欧洲的渔业也有影响。挪威建造了 500 多艘围网船，全都安装了捕鱼滑车，致使它现在的捕鱼量居欧洲之冠。

现代的大规模捕捞普遍采用机械操作、船上加工自动化，在大型拖网渔

船上更是如此。这种情况对渔船设计（尾拖网船的设计）的改进已产生了重大的影响。顾名思义，尾拖网船是在船尾进行拖网操作，而不是象传统的拖网船那样在船的两侧进行拖网作业。这种新想法来自英国利思的克里斯琴·萨维森公司的捕鲸作业。面临捕鲸业的衰落，这个公司决定试一试能否把在捕捉和加工这种巨大的哺乳动物（鲸）时获得的经验用在渔业上。他们的一艘尾拖网船“费尔特里号”于1954年投入使用。它有象鲸加工船那样的船尾滑行台，还有象鲸加工船那样的加工机械。“费尔特里号”是世界上第一艘尾拖网船。但是，这类尾拖网船并非都能加工。在六十年代初期，出现了一种较小的拖网船，这种船没有船尾滑行台，但都有个旋转构架。

大型加工拖网船是大规模渔业的一支新军，它能在离国内港口很远的捕鱼现场加工。在这方面，苏联渔船是一个最好的范例。它们在南北美洲、非洲和亚洲的许多渔场捕鱼。这些渔船中有侧拖网船和尾拖网船，然而迄今给人印象最深的还是加工拖网船。加工拖网船排水量约为3200吨，300英尺长，能够把捕获的鱼加工到只剩下最后的残渣。这些船的甲板下面有完全自动化的生产线，可将鱼切片、包装和冰冻起来。不能吃的鱼皮、鱼骨和内脏就拿来做鱼食和炼油，没有一样东西是废物。这些渔船偶尔才回一次后方基地。补给船把工作人员和给养运去，运回倒休的工作人员、一包一包的冰冻鱼、一袋一袋的冰冻鱼肉和一桶一桶的鱼油。最后还要讲一下，苏联渔船还有浮动的鱼类加工厂。这些加工厂起着旗舰的作用，多达150艘的渔船（其中包括多到十艘的加工船）都得听它的“调遣”。

东方集团国家和日本的游动捕鱼船队的巨大捕捞能力使人们意识到，必须有保留、有控制地开业渔业资源——这是发展渔业技术应遵循的原则。没有适当的管理，捕鱼技术的发展反而会导致渔业的衰落。目前的渔业是很赚钱的。也许很少有人知道：全世界捕捉的鱼的价值，超过了开发近海油田所获得的石油的价值。另一方面，当现有的渔场变得产量不高或无利可图时，昂贵的渔船和渔具就要用到新地方去——这样的时代很快就会到来。沿海国家要求扩大海洋经济区的呼声日益高涨，这就是人们认识到鱼是有限资源的迹象。沿海国家不再愿意让其它国家的渔船来捕捞宝贵的易接近的鱼群。越来越需要新技术来把深海鱼类及远离陆地的鱼群引诱到渔民所能捕捞的地方。需要新的方法来加工和保存各种各样的鱼。关于捕鱼技术的史话到此并未终结。

“奇迹”水稻

“奇迹”，肖伯纳写道，“是能使人们信服的任何东西。”而象IR—8号、BPI—76号、C—18号和其它的所谓“奇迹”稻品种，是否真的使人们那么信服呢？我看是值得商榷的。消费者不喜欢“奇迹”稻，因为它味道平淡，做成的米饭不软和。贫穷的农民不喜欢它，因为它需要现代化的栽培技术。营养学家们贬低“奇迹”稻，说它不如传统的优良品种营养价值高。而保健食物的支持者迟迟不睬它，因为这种杂交品种需要大量的化肥才能生长得好。可是另一方面，联合国粮食和农业组织却认为，迄今已经出现若干年的矮株高产水稻，对亚洲人来说，无疑是最大的福音。许多专家（特别是经济学专家）也同意这种看法。

奇迹稻是很受欢迎的亚洲的“绿色革命”的基石。它是设在菲律宾洛斯巴诺斯的国际水稻研究所培育出来的。国际水稻研究所，是洛克菲勒和福特基金会跟菲律宾政府于1962年冒着风险建立起来的，其目的是为了解决世界

上严重短缺大米的问题。国际水稻研究所意识到，不能用开辟更多的新稻田的传统办法来解决大米短缺问题，只能用提高单产的办法来解决这个问题。于是，作物学家开始培育新的水稻品种（世界上百分之六十的人以大米为食）。他们用台湾产的一种矮株稻跟印度尼西亚产的一种高株稻进行杂交，对获得的杂交品种进行精心培育。杂交品种在四年多的时间里繁殖了五代。他们在培育期间经常将植株置于有病害和严酷的气候条件之下，以培养其抵抗能力，用这种方法培育出了现在的奇迹稻重要品种——36至42英寸高的矮稻 IR—8 号。这个水稻品种吸收氮肥的能力很强。成熟很快，亩产比当地的品种要高出一倍多。一般的水稻在施肥后常常出现倒伏现象，这种水稻由于植株矮却能抗倒伏。

种植奇迹稻最近出现的一个问题，就像在温带国家培育日本山茶时出现的问题一样，是植物的迅速生长也有利于病菌和害虫的迅速繁殖。巴基斯坦是正在培育新品种的八十个国家中的一个。那里的农民不满地说，“奇迹稻也招来了危害它的奇迹一样的蝗虫。”虽然如此，用美国技术产生的这位农业上的骄子，已开始从根本上解决世界粮食危机问题。

嫁接技术

在果树和经济林木的繁育上，嫁接有重要意义。因为这样的无性繁殖，比起种子的有性繁殖，不仅结果快，而且还能保持栽培品种原有的特性。同时，还能促使变异，培育新品种。嫁接技术在我国至迟到战国后期就已经出现。以后，《齐民要术》对有关嫁接的原理、方法，都有比较详备的记载。

《齐民要术》在《种梨篇》里指出：嫁接的梨树结果比实生苗快，方法是棠梨或杜梨做砧木，最好是在梨树幼叶刚刚露出的时候。操作的时候要注意不要损伤青皮，青皮伤了接穗就会死去；还要让梨的木部对着杜梨的木部，梨的青皮靠着杜梨的青皮。这样做是合乎科学道理的，因为接木成活的关键在于砧木和接穗切面上的形成层要密切吻合。按《齐民要术》中说的，就是要求彼此的木质部对着木质部，韧皮部对着韧皮部，这样两者的形成层就紧密地接合了。

嫁接梨树，《齐民要术》中提到可供利用的砧木有棠、杜、桑、枣、石榴等五种。经过实践比较：用棠作砧木，结的梨果实大肉质细；杜差些；桑树最不好。至于用枣或石榴作砧木所结的梨虽属上等，但是接十株只能活一二株。可见当是对远缘嫁接亲和力比较差、成活率低这个规律，已经有了些认识。我们今天知道梨和棠、杜是同科同属不同种，至于梨和桑、枣、石榴却分别属于不同的科。

为了突出说明用嫁接繁育的好处，《齐民要术》还有对比的方法，介绍了果树的实生苗繁育。指出：野生的梨树和实生苗不经过移栽的，结实都很迟，而且实生苗还有不可避免的变质现象。就是每一个梨虽然都有十来粒种子，但是其中只有两粒能长成梨，其余的都长成杜树，这个事实说明当时人们已经注意到实生苗会严重变劣和退化，而且有性繁殖还会导致遗传分离的现象。用接木这样的无性繁殖方法，它的好处就在没有性状分离现象，子代的变异比较少，能够比较好地保存亲代的优良性状。

关于嫁接的方法，随着时代的推移也有了提高。《齐民要术》讲到的有见于《种梨篇》的一砧一穗或多的枝接法，有见于《各柿篇》的“取枝于木栗枣根上插之”（木栗枣就是软枣、黑枣）的根接法。元代《王祯农书·种植篇》中，总结出了以下六种方法：“夫接博（缚）其法有六，一曰身拉，

二曰根接，三曰皮拉，四曰枝接，五曰靛接，六曰搭接。”“身接”近似今天的高接；“根接”不同于今天的根接，近似低接。“靛接”就是压接。这个分法有依据不一致的缺点：有以嫁接方法分类的，如压接、搭接；有以嫁接的砧木和接穗的部位分类的，如身接、根接、枝接等。但是他叙述得既简明而又条理细致，所以仍为后来的许多农书所袭用。有些接木名词作为专门术语，今天不只是在我国，甚至在日本也还在沿用。

养蚕技术的历史

蚕，原是生在自然生长的桑树上的，以吃桑叶为主，所以也叫桑蚕。在桑蚕还没有被饲养之前，我们的祖先很早就懂得利用野生的蚕茧抽丝了，究竟从什么时候开始人工养蚕，现在还难以确定。但是早在殷周时期，我国的蚕桑生产已经有很大发展，可见开发人工养蚕远在殷周之前。

从古老的文献中，我们看到关于养蚕的直接记载。反映夏末殷初淮河长江一带的生产情况的《夏小正》中说：“三月……撮桑，……妾子始蚕。”这是说，夏历三月（阴历四月间）要修整桑树，妇女开始养蚕。

殷代甲骨文中不仅有蚕、桑、丝、帛等字，而且还有一些和蚕丝生产有关的完整卜辞。据甲骨文学家胡厚宣的研究指出，有的卜辞上记载，叫人察看蚕事，要经过九次占卜。可见蚕桑在当时是一项非常重要的生产事业。甲骨文中还有关于蚕神和祭礼蚕神的记载，当时人们为了养好蚕，用牛或羊等丰厚的祭品祭礼蚕神。

考古学家还不是一次在殷墓中发现有形态逼真的玉蚕，例如河南安阳墓和山东苏埠屯都出土的有商代的玉蚕。在殷商的铜器上也常发现有用蚕做装饰花纹的。这些都说明，蚕在当时人们心目中的重要的位置。

许多传世的殷代铜器物附着有丝织物的痕迹或绢丝断片。经研究，有些丝织品反映出当时已经有相当高级的丝织技术；并且有大量事实说明，丝织品在当时社会经济生活中越来越重要，已经成为货物交换的中间媒介。要生产大量的丝织品，只有靠发展人工养蚕，才能提供足够的蚕丝原料。

到了周代，栽桑养蚕已经在我国南北广大地区蓬勃发展起来。丝绸已经成为当时统治阶级衣着的主要原料。养蚕织丝是妇女的主要生产活动。《诗经》中就有许多诗篇提到蚕桑。例如《诗经·豳风·七月》：“春日载阳，有鸣仓庚。女执懿筐，遵彼微行，爰求柔桑。”意思是：春天里一片阳光，黄莺鸟儿在欢唱。妇女们提着箩筐，络绎走在小路上，去给蚕采摘嫩桑。这生动地描绘了当时妇女们采桑养蚕的劳动情景。

周代已经大面积栽种桑树。《诗经·魏风·十亩之间》中有“十亩之间兮，桑者闲闲兮”的诗句，意思是：十亩桑园绿树间啊，采桑儿多悠闲啊。这说明春秋时期桑树已经成片栽植，而且一块桑田有十亩之大。当时栽种的桑树，大概有灌木式的，也有乔木式的。现在，我们还可以在战国时期铜器上的采桑中看到古代劳动妇女提篮采桑的生动形象，也看到当时栽种的乔木式和灌木式两种桑树。

据《诗经》、《左传》、《仪礼》等古书记载，当时蚕不仅已经养在室里，而且已经有专门的蚕室和养蚕的器具。这些器具包括蚕架（“柁”或“槌”）、蚕箔（“曲”）等。由此可见，到殷周时期，我国已经有了一套成熟的栽桑养蚕技术。

战国时期的《管子·山权数篇》中说：“民之通于蚕桑，使蚕不疾病者，皆置之黄金一斤，直食八石，谨听其言，而藏之官，使师旅之事无所与。”

这是说，群众中有精通蚕桑技术、能养好蚕、使蚕不遭病害的，请他介绍经验，并给予黄金和免除兵役的奖励。的确，最有经验、最有知识的，是从事生产实践的广大人民群众。他们中有很多蚕桑专家和能手，他们在长期的养蚕生产实践中，不断有所创造和发明，为我国和世界养蚕业积累了极其丰富和宝贵的经验。

中国古代有很多记述栽桑养蚕技术的书。汉代曾经提到我国古代有《蚕法》、《蚕书》、《种树藏果相蚕》等有蚕桑著作。可惜，这些古籍都已经失传了。但是从汉代以来，两千多年中，仍然留下了不少的有关蚕桑的古籍，如《汜胜之书》、《齐民要术》、《秦观蚕书》、《豳风广义》、《广蚕桑说》、《蚕桑辑要》、《野蚕录》、《橐茧谱》等等，或是专讲蚕桑的，或是讲到蚕桑的。这些书记下了我国历代劳动人民栽桑养蚕的丰富经验。

要发展养蚕，就必须繁殖桑树，发展桑园。远在西周，人们就利用撒树繁殖桑树。至迟到公元五世纪南北朝时期，压条法已经应用在桑树繁殖上。

《齐民要要》中讲述了这种方法。压条法用桑树枝条来繁殖新桑树，比用种子播种缩短了好多生长时间。宋元以来，我国南方蚕农更发明了桑树嫁接技术，这是一种先进的栽桑技术，它对旧桑树的复壮更新，保存桑树的优良性状，加速桑苗繁殖，培育优良品种。都有重要的意义，到现在也还在生产中发挥着重大的作用。

桑叶是家蚕的主要食料，桑叶的品质好坏，直接关系到蚕的健康和蚕丝的质量。我国很早就发明了修整桑树的技术。早在西周，就已经有低矮的桑树，它或许就是后来所讲的那种“地桑”（鲁桑）。西汉的《汜胜之书》具体讲述了这种地桑的栽培方法：头年把桑葇和黍种合种，待桑树长到和黍一样高，平地面割下桑树，第二年桑树便从根上重新长出新枝条。这样的桑，低矮便于采摘桑叶和管理。更重要的是这样的桑树枝嫩叶肥，适宜养蚕。贾思勰在《齐民要术》中引用农谚，对地桑（鲁桑）作了肯定的评价，说：“鲁桑百，丰绵帛，言其桑好，功省用多。”著名的湖桑就是源于鲁桑，两宋以来，人们已把北方的优良桑种鲁桑应用嫁接技术引种到南方。人们以当地原有的荆桑作为砧木，以鲁桑作为接穗，经过长期实践，逐渐育成了鲁桑的新类型“湖桑”。湖桑的形成，大大促进了我国养蚕业的发展。桑树修整技术不断发展提高，桑树树形也不断变化，由“自然型”发展为高干、中干、低干和“地桑”，由“无拳式”发展为“有拳式”。质量优良的桑叶，只能在新生的枝条上产生，通过修整，剪去旧枝条，可以促使新枝条发生。新生枝条吸收了大量的水分、养分，使叶形肥大，叶色浓绿，既增加产量，又提高叶质，这就有利于养蚕生产。这也是我国古代劳动人民的独特创造。十九世纪后半叶，日本人也根据我国《齐民要术》和其他蚕桑古籍的记载，把桑树培育成各种形式。

制备蚕种，是养蚕生产的一个重要环节。《礼记·祭仪》中有“奉种浴于川”的记载，可见早在两千多年前，人们就已经知道用清水浴洗卵面保护蚕种。后来更发展用朱砂溶液、盐水、石灰水以及其他具有消毒效果的药物来消毒卵面，如南宋《陈旉农书》记载：“至春，候其欲生未生之间，细研朱砂调温水浴之。”这种临近蚕卵孵化的时候所进行的浴种，对预防蚕病是很有意义的。因为通过浴种，把卵面消毒干净，蚕孵出以后，就不会有病菌侵袭蚕蚁（幼蚕）。我们知道，有许多病菌，如微粒子病原虫和脓病毒，都是经过食道传染的。孵化的时候，蚕蚁都要咬去一部分卵壳才能出壳。如果

卵面上带有这些病菌而又没有消毒，那么咬蚕蚁壳的时候就非常容易感染这些疾病。

至少在一千四百多年前，蚕农就已经注意蚕种的选择工作了。《齐民要术》说：“收取茧种，必取居簇中者。近上则丝薄，近下则子不生也。”古人认为选种对养好蚕有两种意义：一是可以淘汰体弱有病的蚕种，二是使第二代蚕的生长发育时间和速度一致，便于饲养和管理。选种包括选蚕、选茧、选蛾和选卵四项。但是，人们最初选种的时候并没有完全包括这四项。《齐民要术》只是提到要选取“民簇中”的茧留作种。宋末以来，人们已经进一步从各个角度，如茧的质量，成茧的时间和位置，蛾出茧的时间，蛾的健康状态，以及卵的健康状态等，来选取种茧、种蛾和种卵。到清代，人们更注意到了选蚕，他们知道只有“蚕无病，种方无病”。

通过层层严格选种，淘汰了大量有病或体质虚弱的蚕种，这样就提高了第二代蚕的体质，增强了它们对疾病的抵抗力，同时还在一定程度上防止了微粒子病原虫和脓病病毒通过胚子传染给子代蚕。我们知道，十九世纪法国微生物学家巴斯德（1822—1895）提出的防止微粒子病蔓延的基本方法就是通过严格选种，以切断微粒子病虫的胚胎传染途径。

古人也认识到蚕的生长发育和周围环境有密切的关系。远在秦汉时期，人们就知道：适当的高温和饱食有利于蚕的生长发育，可以缩短蚕龄；反过来就不利于生长发育，并且要延长蚕龄。历代蚕农都非常重视控制蚕的生活的环境条件。《齐民要术·种桑柘篇》载有在蚕室四角置火加温来调节蚕室温度的办法，“火若一处，则冷热不均”，“数人候看，热则去火”。金末元初的《士农必用》也提出：幼蚕时蚕室要暖些，因为那时天气还很冷；而到大眠之后，就必须凉些，因为那时天气已经热了。《务本新书》说：“风雨昼夜总须以身体测度凉暖。”养蚕的人只穿单衣，以自己身体做比较：“若自己觉寒，其蚕必寒，便添火；若自觉热，其蚕必热，约量去火。”在一般情况下，人体的舒适的环境温度和蚕所需的生活温度大致相近，以人体的冷热感觉来调节蚕室温度，基本上是合理的。《王祯农书》中对幼蚕期蚕室生火，体测冷热，一眠后卷窗帘通风，夏日门口置水瓮生凉气等，都有详细记载。

在长期的养蚕生产中，我国古代蚕农积累了丰富的防治蚕病的经验。他们采取了许多卫生措施、药物添食以及隔离病蚕等办法，来防止蚕病的发生和蔓延。

公元二世纪东汉崔寔在《四民月令》中说：“三月清明节，令蚕妾治蚕室，涂隙穴，具槌持箔笼。”这是说，养蚕前必须修整和打扫蚕室蚕具。古代还发明了用烟熏的方法来消毒蚕室。这些养蚕前的卫生消毒工作，对预防蚕的病虫害，无疑起了积极的作用。另外，在整个饲养过程中，要及时清除蚕沙（蚕粪），不断消毒蚕具。金元时期的《农桑要旨》说：蚕座的“底箔须铺二领，蚕蚁生后，每日日出卷出一领，晒至日斜，复布于蚕箔底，明日又将底箔搬出曝晒如前”，反覆替换。这样利用日光消毒蚕具，是一个经济实用的方法。

药物防治蚕病，包括药物添食和用药物烟熏两种。药物添食防治蚕病已经有八百多年的历史。《士农必用》说：以快要落叶的桑叶，“捣磨成面”、“能消蚕热病”。后来的《养余月令》（公元1633年）和《养蚕秘诀》等书还记载了用“甘草水”、“大蒜汁”、“烧酒”等喷在叶面喂蚕，来防治各

种蚕病。到后来更针对不同的症状，提出不同的治病药方。

从明代以来，对某些传染性蚕病，如脓病、软化病和僵病等，已经有了一定的认识，并且知道采取淘汰或隔离的措施，来防止蚕病的蔓延。

家蚕蝇蛆病是我国养蚕史上的主要病害之一。蝇蛆病是一种蚕蛆蝇寄生的结果。蝇，古称“蠶虫”。两千多年前，《尔雅》中就有“国貉虫为蠶”的话，晋代郭璞《注》说：“今呼蛹虫为”。蛹虫的意思是，这虫寄生在蛹身上。南宋末年陆佃著《埤雅》中清楚地描述了这种寄生的现象。他说，蠶旧说蝇于蚕身乳子，既茧化而成蛆，俗呼蠶子。入土为蝇。”这里说蠶把卵产在蚕身上，待其结茧化蛹时，它已化为蝇蛆。明代谭贞默通过亲身观察，进一步证实前人的记载完全正确。他进一步指出蚕蛆蝇多发生于二蚕，二蚕有十分之七被寄生。在古代，由于蚕明蝇为害主要是在夏蚕，所以随着夏蚕饲养比例的上升，蝇蛆病为害问题也就更加引起人们的注意了。人们虽然很早就发现了蝇蛆病，但在宋代以前的农桑著作中，却很少有关于防治蚕蛆蝇为害的记载。到了宋代以后，记载就屡见不鲜。元代初年，司农司所编写的《农桑辑要》一书，多次提到养夏蚕和防蝇的问题。它在“夏秋蚕法”条下引《士农必用》说：“今时养热蚕，以纸糊窗，以避飞蝇，迹尽往来风气，……或用荻帘，当窗系定，遮蔽飞蝇。”在《王祯农书》中，也有类似的记述：“又有夏蚕、秋蚕，夏蚕自蚁至老俱宜凉，惟忌蝇虫。”这说明在元代人们为了养好夏、秋蚕，就已经十分注意防蝇工作了。

在明清时期的著作中，有关蝇蛆病和防蝇的记述就更多了。在谭贞默著《谭子雕虫》一书之前，皇甫谧的《解颐新语》（公元1582年）也谈到了“蝇蛆病”：“今之养蚕者，苍蝇亦寄卵于蚕之身。久则其卵化为蝇，穴茧而出”。徐光启在《农政全书·蚕桑篇》中也特别提醒蚕农，养“夏、秋蚕俱要计算除蝇”。宋应星《天工开物·乃服篇》中有这样的记载：“凡害蚕者，有雀、鼠、蚊三种，雀害不及茧，蚊害不及早蚕，鼠害则与之相始终。”这里说的“蚊害”，当是蝇害”之误。因为在养蚕生产中，蚊子并不造成危害，而且在养蚕史上，也只有“蝇害不及早蚕”一说。

清代，蝇蛆病害引起了人们的严重关切。同治年间，沈秉成在《蚕桑辑要》一书中说：“原蚕即夏蚕，又名二蚕，……二十二日即老，最忌大苍蝇。”沈秉成是浙江人，他生活在养蚕地区，并做过清朝的常州、镇江、通州、海宁道道台，曾在镇江提倡蚕桑。他说养夏蚕“最忌大苍蝇”，显然是根据当时实际情况作出的经验总结。在这里作了“最”这个副词，以引起人们的特别注意。俞墉在《蚕桑述要》（公元1866年到1874年）中也说：“蚕更忌苍蝇，无论大小，被叮咬一口，至蚕老成茧之成，即有蛆虫于茧身，咬一小孔钻出，而蚕蛹已死，不复变蛾。隔三四月，蛹腐污茧矣。”俞墉是浙江吴兴人，记述虽然比较粗糙，但也是从实践和观察中得出的结论。他指出了被蝇蛆所寄生了蚕蛹是要死亡的，而死蛹的烂尸还污染茧丝。

对多化性蚕蛆蝇和它的危害描述最详细的是赵敬如撰写的《蚕桑说》（公元1896年）一书。书中有如下一段记载：“又有一种大麻蝇，虽不食蚕，为害最甚。此麻蝇与寻常麻蝇不同，身翅白色，遍体黑毛，两翅阔张，颇形凶恶之状。其性颇灵，其飞甚疾。每至飞摇不定，不轻栖止，见影即飞，甚不易捉获。其来时蚕略栖即下一白卵，形细如虻。二日，下卵之处变黑色，其蛆已入蚕身，在皮内丝料处，专食蚕肉。六七日，蛆老，口有两黑牙，钳手微痛。蚕因不伤丝料，仍可作茧。蛆老借两黑牙啮茧而出，成小孔，即蛀

茧也。蛀茧丝不堪缫。蛆出一日，成红壳之蛹。十二三日，破壳而出仍为白色大麻蝇。幸而二三眠天气尚凉，此蝇不多。天暖蝇多，无术可驱。大眠初起受蛆，便不及作茧而死。故夏蚕不避此蝇，蚕无遗种。”这段记载，对蚕蛆蝇的形态和生活习性作了相当详细的描述。正如邹树文在《中国昆虫学史》一书中指出：赵敬如《蚕桑说》中对蚕蛆蝇的细致观察和描述，可能是接受了西方现代的科学方法。这也进一步印证了我国古籍中关于家蚕蝇蛆病害的记载基本上是正确的。

家蚕经过历代人民长期的饲养和选择，形状发生了很大变化，在各个历史时期和各个地区，形成了各种类型的品种。宋元时期，虽然我国北方主要还是饲养一化性的三眠蚕，但是在南方已经主要饲养一化性和二化性的四眠蚕了。三眠蚕抗病能力比四眠蚕强，容易饲养。但是从蚕丝生长角度看，四眠蚕的茧丝比三眠蚕优良。经过长期培育，我国南方江浙地区终于成功地饲养了四眠蚕，并且培出了许多优良品种。难饲养的四眠蚕的饲养成功和推广，是养蚕生产上的一个进步。

为了发展蚕丝生产，我国古代除了饲养春蚕外，还饲养夏蚕、秋蚕、甚至一年里养多批蚕。早《周礼》这部书中，就已经提到“原蚕”，“原”是“再”的意思。原蚕就是一年中第二次孵化所养的蚕，也就是夏蚕。汉代焦贛（延寿）所著的《易林》中有“秋蚕不成，冬蚕不生”的记载。可当时人们不仅饲养夏蚕，而且还饲养秋蚕和冬蚕。为了一年能养多批蚕，古人除了利用多化性自然传种外，在一千六百多年前，还发明了低温催青制取生种的方法。这方法是利用低温抑制一种二化性蚕的蚕卵，使它延期孵化。这样，一种蚕就可以在一年里连续不断孵化几代，为能在一年里多批养蚕创造了有利的条件。这是我国古代养蚕生产技术上的又一项重要创造。用人工低温制取生种，充分反映我国古代人民的聪明才智。在人工孵化法发明以前，人们为了能在一年里养多批蚕，只能利用天然的多化性蚕来传种。但是多化性蚕所出产的茧丝，无论是数量和质量都远不如二化性蚕。为能在一年里分批多次养蚕创造了有利的条件。这是我国古代养蚕生产技术上的又一项重要创造。用人工低温制取生种，充分反映我国古代人民的聪明才智。在人工孵化法发明以前，人们为了能在一年里养多批蚕，只能利用天然地多化性蚕来传种。但是多化性蚕所出产的茧丝，无论是数量和质量都远不如二化性蚕。为了能在一年里分批多次养蚕，并又能获得比较多和比较好的茧丝，我们的祖先创造性地采人工低温催青二化性蚕，使它在一年里连续孵化出好几批蚕。同时，又让每批这种蚕所产的卵，在自然高温影响下孵化，从而获得了各批越年化的蚕。虽然这种蚕所产卵须待来年春天才能孵化，但由于它质量比较好，所以它还是受到蚕农的欢迎。这样，既可以解决多次养蚕的传种问题，同时又尽可能获得比较好的蚕丝。

特别要提到的是，我国明代蚕农，在制备夏蚕种的生产中发现了家蚕的杂种优势。明代宋应星在《天工开物》中说：“凡蚕有早、晚二种。晚种每年先早种五六日出，结茧亦在先，其茧较轻二分之一。”又说：“今寒家有将早雄配晚雌者，幻出嘉种，一异也。”《天工开物》中所说的“早种”就是一化性蚕，“晚种就是二化性蚕。所以，所谓“早雄配晚雌”就是一化性的雄蚕和二化性的雌蚕杂交。根据现代家蚕杂交实验证明，“早雄配晚雌”所产生的杂种是二化性的，因此它可以作为夏蚕种继续在夏季饲养。《天工开物》指出“早雄配晚雌”出现了“嘉种”，就是产生了优良的杂种。这是

世界上最早的关于家蚕杂种优势利用的记载。

我国也是世界上最大的生产柞蚕丝的国家。

柞蚕，也叫山蚕或野蚕。它以吃柞树叶为主。我国山东半岛是放养柞蚕的发源地。那里的人民很早就利用柞蚕茧丝。据古书记载，早在汉元帝永四年（公元前40年），山东蓬莱、掖县一带的人民就已经采收野生的柞蚕茧，制成丝绵。后来人们逐渐知道利用柞蚕茧丝来织绸。到了明代，用柞蚕丝织绸制衣，已经风行全国。

在明代，山东蚕农已经有了一套比较成熟的放养柞蚕的方法。清代山东益都的孙廷铨还写了一部《山蚕说》，专门介绍放养柞蚕的技术。书中说，当时胶东一带山区，到处都放养着柞蚕。不久，放养柞蚕就逐步扩大到我国的其他地区，首先传到和山东隔海相望的辽东半岛。这里逐渐地成了我国第二个放养柞蚕的中心地。接着放养柞蚕的方法又传到河南和陕西，后来又推广到比较远的云贵等地。

世界上所有养蚕国家，最初的蚕种和养蚕方法，都是直接或间接地从我国传去的。

朝鲜是我国的近邻，两国人民早就亲密往来。根据古书上的记载，我国的蚕种和养蚕方法，远在公元前11世纪就已经传到了朝鲜。日本的养蚕方法，据传说是在秦始皇的时候从中国传去的。后来日本人又多次派人到中国 and 朝鲜取经，或招收中国技术人员去日本传播经验，以促进发展养蚕事业。直到近代，日本还不断地从我国引进优良的家蚕品种和先进的栽桑技术。

我国古代劳动人民生产的美丽的丝绸，很早就源源不断地运往波斯、罗马等地。西汉建元三年（公元前138年），汉武帝派遣张骞通西域，最远曾到达中亚细亚，我国古代的丝绸，大体就是沿着张骞通西域的道路，从昆仑山脉的北麓或天山南麓往西穿越葱岭（帕米尔），经中亚细亚，再运到波斯、罗马等国。这就是闻名世界的“丝绸之路”。后来蚕种和养蚕方法也是先从内地传到新疆，再由新疆经“丝绸之路”传到阿拉伯、非洲、欧洲去的。

公元7世纪，养蚕法传到阿拉伯和埃及。10世纪传到西班牙。11世纪又传到意大利。15世纪蚕种和桑种被人带到法国，从此法国开始有了栽桑养蚕织丝的生产。英国看到法国养蚕获利，便效仿法国，于是养蚕生产又从法国传到了英国。

在美洲，据说墨西哥公元16世纪中叶就已经养蚕，但是，美洲大规模发展养蚕生产还是17世纪的事。那时英国殖民主义者认为它的美洲殖民地气候适宜，土地肥沃，发展养蚕有利可图，于是就在美洲殖民地大规模开展养蚕试验。

蔬菜栽培技术

黄河中下游是我国早期农业的基地之一，在这冬季寒冷干燥而又漫长的地区，自古能够做到周年均衡供应新鲜蔬菜，的确很不容易。为了争取多收早获，我国蔬菜生产除了露天栽培外，历代劳动人民还在生产实践中创造了保护地栽培、软化栽培、假植栽培等多种形式。像风障、阳畦、暖窖、温床以及温室等，现在仍在沿用。

利用保护地栽培蔬菜，世界上当以我国为最早，至迟在西汉已经开始。

《盐铁论·散不足篇》描写当时富人的生活享受有“冬葵温韭”，温韭就是经过加温培育的韭菜。《汉书·循吏传》说的更加上体，元帝竟宁元年（公元前33年）“太官园种冬生葱韭菜茹，覆以屋庑，昼夜燃蕴火，待温气乃生”，

形象地描述了当时的宫廷为了在冬季培育葱韭菜蔬，盖了屋宇，昼夜不停地加温来生产的实况。根据传说，秦始皇的时候，在骊山已经能够利用温泉在冬季栽培出喜温的瓜类。到了唐代，对利用温泉的热能栽培蔬菜就有了比较确切的记载，这从王建（约 769 ~ 约 830）的诗“内园分得温汤水，二月中旬已进瓜”中可窥知一二。

元代《王祯农书》中，对利用阳畦生产韭菜有精确的记载：“又有就阳畦内，冬月以马粪覆之，于迎风处随畦以蜀黍篱障之，用遮北风，至春其芽早出，长可二三寸，则割而易之，以为尝新韭。”这是说北方的菜农，在冬天作成阳畦，利用马粪来发热壅培旧韭菜根，在早春时节取得新韭。用阳畦生产比温室更加经济，产品就可以供“城府士庶之家，造为馔食”了。

由阳畦、温室供应的蔬菜，在品种和数量上终归有限。冬季每天吃贮藏的萝卜、白菜，也嫌有些单调。于是就有了更加简便的用软化栽培生产的黄化蔬菜。早在战国时期就已有被称做“黄卷”的豆芽菜了。宋代以后，孵豆芽发展成一套完整的技术。据林洪《山家清供》中“鹅黄豆生”一节的记载，可用黑大豆做豆芽菜，因为它“色浅黄名为鹅黄豆生”。豆芽菜是我国劳动人民的独特创造，它是使种子经过不见日光的黄化处理发芽做成的。黄豆、绿豆和豌豆都可以用来生芽。它不只清脆可口，而且营养丰富，所以深受广大人民群众喜爱。

黄化蔬菜，不限于豆芽菜一类，韭、葱、蒜以至芹菜的秧苗都可以作黄化处理，其中韭黄一直受人珍视。宋代苏轼已经有“青蒿韭试春盘”的诗句。孟元老的《东说梦华录》里，也说到当时开封在十二月里，街头也有韭黄卖，可见韭黄至迟在北宋已经有了。关于温室围韭黄的技术，《王祯农书》里讲的比较具体：“至冬移根藏于地屋荫中，培以马粪，暖而即长，高可尺许，不见风日，其叶黄嫩，谓之韭黄。”

鲜菜贮藏除了常用的窖藏、埋藏外，还可以用假植栽培的方法。《齐民要术》卷九“藏生菜法”条中说：九月到十月中，在墙南边太阳可以晒到的阳处，挖一个四五尺深的坑，把各种菜一种一种的分别放在坑里，一行菜，一行土，到离坎一尺左右时就停止，上边厚厚的盖上秸秆，这样就可以过冬，要用就去取，和夏天的菜一样新鲜。这是利用类似阳畦的设施来贮藏保存像芹、油菜、莴苣一类蔬菜。

农学之最

最早的耕作技术

我国农业最早的耕作技术是原始社会的火耕。《淮南子·本经训》记载的“焚林而田”，以及人们常说的“刀耕火种”，即是火耕法。实行火耕，先用石斧、石石斧等砍倒树木，待树木干枯后放火焚烧。这样便开辟出大片土地，而树木燃烧过的灰烬又成了增强土壤肥力的肥料。经过焚烧的土壤比较疏松，不用中耕，用尖木棒等工具即可掘地播种。不过，火耕的结果使土壤肥力逐年下降，几年就要丢荒另辟新耕地。

以后，火耕逐步过渡到锄耕或耜（古代的一种农具，形状像现在的锹）耕。用锄或耜翻地能疏松和改良土壤结构，扩大耕地面积，延长土地使用年限，提高农作物产量。由于锄耕或耜耕可以实行定期休耕，在几块土地上轮换种植，从而使人类的定居生活成为可能，进一步推动了农业生产的发展。

最早饲养的家畜

我们的祖先很早就将野生动物驯养成家畜，最早的家畜是猪、狗、羊、

牛。

从黄河流域来说，在距今约 7000 年前的河南裴李岗遗址中发现有猪骨，河北磁山遗址中发现有猪、狗、羊骨；在大致同时期的陕西西安半坡遗址和陕西临潼姜寨遗址中，不但有上述动物的骨骼，还发现了饲养家畜的圈栏遗迹和家畜粪便的堆积。从长江流域来说，在距今约 7000 年前的浙江余姚河姆渡遗址中，除了有猪骨、狗骨外，还发现了水牛的骨骼。河姆渡遗址出土过一只小陶猪，体态肥胖，腹部下垂，四肢较短，前后体躯的比例为 1 : 1，介于野猪（7 : 3）和现代家猪（3 : 7）之间，整个形态已和野猪大不相同，这说明当时人工饲养、繁殖猪的时间已经很长了。

以上情况表明，早在 7000 年前，我国便开始成功地饲养家畜了。此外，通过大量考古资料还可以知道，在我国原始社会中，出现了早期农业的地区以饲养家猪为主；牧区以饲养狗、羊、牛为主；而在农牧业地区，则兼营饲养。

最早的农具

我国最早的农具以石、木、骨、蚌器为主。原始社会的农业起初采用火耕法，用石斧、石石斧等砍倒树木，放火烧掉，然后用尖木棒等掘地播种。庄稼成熟时用石刀、蚌镰收割。

随着农作技术的发展，我们的祖先在掘地用的尖木棒近尖端处，装一便于足踏的短横木，用来翻地，这就是单齿木耒。单齿木耒翻地面积小，效率低，后又加以改进，变单齿耒为双齿耒。在农业发展的过程中，又将耒齿改为板状刃，称作“耜”。《易·系辞》中自“耜”“耒”的记载，反映的便是这两种农具的制作情形。耜冠最初是木质，后来改由石、骨、蚌质制作。耜冠形状有长方形、桃形和舌形等，耒柄仍为木制。耜类似今天的锹，已经是一种复合工具了。耜坚固耐用，提高了翻地效率。当时我国北方以石耜为主，南方则骨耜居多。

在谷物加工方面，脱壳、去糠、磨粉用的工具有石磨棒、石磨盘等。《易·系辞》中说的“断木为杵，掘地为臼”，也是谷物脱壳的工具。我国以石、木、骨、蚌器为主的最早的农具，使用时间很长。从原始社会一直到商周青铜器时代，它们都在农业生产中发挥了重要作用。

家畜阉割术的发明

阉割，也称“去势”，就是摘除或破坏动物卵巢或睾丸的手术。阉割后的家畜，失去了生殖机能，性情变得驯顺，便于管理、使役、肥育和提高肉的质量，还可以防止劣种家畜自由交配，对改良家畜品种起了积极作用。家畜经过阉割，大大提高了经济效益。因而，家畜阉割术的发明，是畜牧兽医科学技术发展史上的一件大事。

据现代著名学者闻一多等的考证，商代甲骨文中已经有了阉割猪的记载。这说明，我国至迟在商代就对阉割术的作用有着清楚的认识。《易经》说“豮豕之牙吉”，意思是阉割了的猪，性情驯顺，牙虽锋利，也不足为害。《礼记》说“豚曰臠肥”，意思是阉割后的猪长得膘满臀肥。

日本人川田熊清对我国古代的家畜阉割术做过研究，认为中国在世界上最早对马施行阉割术。有关马的阉割，我国很早就有记载。写成于战国时期的《周礼·夏官司马》中即有“颁马攻特”之说，“攻特”便是马的阉割。秦汉时期，因为激烈的战争需要大批合乎条件的军马，这就要求择优汰劣，提高马匹的素质。从此，我国马的阉割术就更加盛行了。

最早使用牛耕的记载

不少学者认为，我国的牛耕始于商代，但目前尚未发现这方面明确的文字记载和实物资料。不过可以肯定的是，当时用牛耕田并不普遍，牛在商代的主要用途是宰杀后作为宗庙中祭祀的祭品。

春秋时期，情况发生了变化。《国语·晋语》说：“宗庙之牺，为畎田之勤。”意思是宗庙中作为牺牲的牛，已被用来耕田。又如，春秋时晋国有个大力士名牛子耕，孔丘的弟子司马耕字子牛、再耕字伯牛。牛与耕相连作为人名，可见春秋时用牛耕田已是相当普遍的现象了。但此时牛耕的形式如何，仍不得而知。

关于牛耕形式的记载，最早见于汉代。《汉书·食货志》说：“用耦犁，二牛三人。”即用二牛挽犁，三人操作——一人扶犁，一人牵牛，一人控制犁地的深度。耦犁是汉武帝时搜粟都尉赵过发明的，他对推广牛耕起过重要作用。汉代的牛耕技术在生产实践中不断得到改进，这在考古发掘中可以得到证实。如在山西平陆枣园村西汉末年的墓葬中，发现过二牛抬扛一人扶犁的壁画，说明当时已经掌握了用牛鼻穿环来控制犁牛方向以及用犁箭来控制耕地深浅的技术。这样，只用一人驭牛即可，节省了两个劳动力。又如甘肃武磨咀子山出土的西汉末年的木犁模型，用一牛挽一犁，表明当时还出现了单牛犁耕。东汉时期的遗址和墓葬中发现的此类例证就更多了。

牛耕的发明，是我国古代劳动人民智慧的创造，这在农业耕作史上是一个极大的进步。用牛代替人力耕田，不但解放了人力，也使耕作效率大大提高。

最早的铁制农具

我国最早使用铁制农具是在春秋时期。至迟春秋中期，我国就发明了冶铁技术，并且很快获得了重大进展，从而为铁制农具的出现和推广提供了技术和物质基础。当时，最早生产和使用铁制农具的是齐国。据《国语·齐语》记载，春秋中期齐国官员管仲曾向齐桓公建议：“美金以铸剑、戟，试诸狗马；恶金以铸鉏（锄）、夷（锄类的农具）、斤（斧头）、属斤（大锄）等农具，试诸壤土。”意思是用青铜（即“美金”）铸造剑戟等武器，试在狗、马身上；用铁（即“恶金”）铸造鉏、夷、斤、属斤等农具，试来耕种土地。这是我国关于使用铁制农具最早的文字记载。随着冶铁业的发展，铁制农具的使用逐渐得到推广。《管子·海王篇》说，春秋晚期，齐国“耕者必有一耒一耜一铧”，可见那时铁制农具在齐国已经得到相当广泛的使用了。

我国在春秋时期开始使用铁制农具，这从近代的考古发现中也可以得到证实。例如，湖南常德德山的楚国墓，长沙的楚才山西侯马北西庄等遗址出土的多种铁器，都是春秋晚期的遗物，其中就有铁耒、铁耜、铁铧等农具。

战国中期以后，铁制农具已在各诸侯国得到普遍使用；秦汉时期，农具已经完全铁器化。铁制农具比以前的木耒、石耜、骨耜等原始农具生产效率要高得多。铁制农具的使用，对促进我国古代农业生产的发展起了非常重要的作用。

最早的施肥技术

我国最早普遍使用的施肥技术是在战国时期。

我国使用施肥技术的历史十分悠久，早在战国以前，劳动人民就懂得利用粪便和腐烂的野草作肥料了。《诗经·周颂·良耜》有“荼蓼朽止，稂莠茂止”的诗句，意思是野草枯朽而禾苗茂盛，表明当时人们已经用腐烂的野

草做肥料增强地力了。

战国时期，随着农业生产的发展，我国开始普遍使用施肥技术，这在不少古籍中均有记载。例如，对用人或动物的粪便作肥料，《孟子·滕文公上》提到“粪其田”；《荀子·富国》讲过：“多粪肥田，是农夫众庶之事也”；《韩非子·解老篇》说：“积力于田畴，必且粪灌”。这些，说明了施肥已成为当时提高农田产量的一个广泛应用的措施。

战国时期，人们已经知道树叶也和野草一样，在土中腐烂可以做肥料，《荀子·致土》说：“树落则粪本。”而且，人们还掌握了烧制灰肥和沤制绿肥的技术，《礼记·月令》说：“土润溽（溽）暑，大雨时行，烧薶行水，利以杀草，如以热汤，可以粪田畴，可以美土疆。”讲的是夏天的时候，将割下来的野草焚烧成灰，或用水泡上使之腐烂作为肥料改良土壤的事情。这种用树叶和野草制作绿肥和灰肥的做法，2000 多年来一直为我国农民所沿用。

我国在世界上使用施肥技术的时间远远早于其他国家，欧洲直到公元 10~11 世纪，才开始在农田施肥。

复种轮种

复种，是在同一块土地上，一年播种和收获两次以上的耕作方法；复种可以充分利用单位面积的土地，提高农田的产量。轮作是在一块田地上依次轮换栽种几种作物；轮作可以改善土壤肥力，减少病害。

我国最早实行复种轮作是在战国时期。当时，随着农业生产的发展，部分地区改变了一年一熟制。把冬麦和一些春种或夏种的作物搭配起来，采取适当的技术措施，在一年或几年之内，增加种植和收获的次数。《管子·治国》说：当时“嵩山（今河南登封）之东，河（黄河）汝（汝水）之间”，已经能够“四种而五获”（四年五熟）。《荀子·富国》说：当时黄河流域有的地方，可以“一岁而再获之”（一年两熟）。

复种轮作的耕作技术，在后世的农业生产中不断得到发展和提高。汉代的《异物志》说，南方有“一岁再种”的双季稻。东汉著名的经学家郑玄注释《周礼》时提到，在他生活的那个时期，已经流行“禾下麦”（粟收获后种麦）和“麦下种禾豆”的耕作方式。北魏的《齐民要术》对复种轮作的认识已经比较深刻。书中总结了一套轮作法，并对不同的轮作方式进行了比较，还特别强调了以豆保谷、养地和用地相结合的豆类谷类作物轮作制。复种轮作的推广，对促进我国古代农业的发展起了重要作用。而欧洲，直到 18 世纪 30 年代，才在英国出现轮作制。