

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，
人类总是不断发展的，自然界也总是
不断发展的，永远不会停止在一个水
平上。因此，人类总得不断地总结经
验，有所发现，有所发明，有所创
造，有所前进。

《青年自学丛书》编辑说明

毛主席教导我们：“知识青年到农村去，接受贫下中农的再教育，很有必要。”成千上万的知识青年，响应毛主席的伟大号召，满怀革命豪情，奔赴祖国的农村和边疆。他们认真读马、列的书，读毛主席的书，积极投入批林批孔，朝气蓬勃地战斗在三大革命运动的第一线，坚定地走同工农相结合的道路，对建设社会主义新农村作出了贡献，阶级斗争和路线斗争的觉悟有了很大提高。无产阶级英雄人物不断涌现，一代革命青年正在茁壮成长。这是毛主席革命路线的伟大胜利。

按照毛主席关于“要关怀青年一代的成长”的教导，为了适应广大上山下乡知识青年自学的需要，特编辑、出版这套《青年自学丛书》。丛书以马列主义、毛泽东思想为指导，内容包括哲学、社会科学、文学、自然科学的一些基本知识和实用农业技术知识等。我们希望，这套丛书的出版，能对上山下乡知识青年的学习起积极作用，有助于他们进一步提高路线斗争觉悟、政治理论水平和文化科学水平，在又红又专的道路上阔步前进，更好地适应建设社会主义新农村和各项事业发展的需要。

我们对大力支持这套丛书的出版工作的有关单位和作者，表示衷心的感谢，并欢迎广大读者对这套丛书提出意见和批评，以便改进。

上海人民出版社

目 录

前言	1
第一章 作物的一生	1
第一节 种子的萌发	1
第二节 作物生长的内因与外因	6
第三节 根、茎、叶生长的相互关系	9
第四节 作物的衰老与成熟	10
第二章 作物对日光能的利用	12
第一节 绿色叶子和叶绿体	12
第二节 光合作用的生化过程	16
第三节 作物的光能利用效率	19
第四节 提高作物对日光能的利用效率	21
第三章 作物与肥	30
第一节 作物体内的矿质元素	30
第二节 氮、磷、钾对作物的生理功能	32
第三节 “5406”菌肥	39
第四节 绿肥	41
第五节 作物怎样从土壤里吸收矿质养料	43
第六节 影响根系吸收矿质养料的外因	46
第七节 合理施肥的生理基础	48
第四章 作物与水	54
第一节 水对植物生活的重要性	54

第二节	水分的吸收和传导	57
第三节	植物体内水分的散失	64
第四节	作物的“需水量”	65
第五节	合理排灌的生理基础	68
第五章	作物的开花与结实	73
第一节	作物开花要求的外界条件	75
第二节	种子的长大与物质输入及转化	81
第三节	影响有机物质向子实运输的因素	86
第六章	收获与贮藏	90
第一节	稻、麦的收割时间和产量、质量的关系	91
第二节	收割前后使籽粒增重的办法	92
第三节	种子的生理活动与贮藏保管	95
第四节	甘薯的贮藏	102
第七章	植物激素	105
第一节	吲哚乙酸(生长素)	105
第二节	细胞分裂素(细胞激动素)	108
第三节	“920”与赤霉素	111
第四节	乙烯	113
第五节	脱落酸与植物的休眠	115
第六节	人工合成的生长调节剂	116
第七节	植物激素与化学除草剂	118
第八章	提高作物对不良环境的抵抗力	124
第一节	低温、霜冻对作物的影响及提高作物的抗寒性	125
第二节	高温、干旱对作物的影响及提高作物的抗旱耐 热性	131
第三节	水分过多对作物的影响及提高作物的抗涝性	136
第四节	盐碱土对作物的影响及提高作物的抗盐性	139

第一章 作物的一生

农作物的种类虽然很多,但从它们的生活周期(由播种到收获)来划分,大致可分为两类,就是一年生作物(如稻、玉米、高粱、大豆等)和二年生作物(如冬麦、油菜、蚕豆等)。一年生作物基本上是春种秋收或夏种秋收。二年生作物一般是秋季播种,以幼苗越冬,次年春天开花结实,春末夏初收获。实际上,它们也只是经过了一年的四个季节,所以也叫越冬一年生作物。作物的这种生长发育特性是对自然界、特别是对温度和日照长度等条件的适应而形成的种性。所以,在农业生产中特别强调季节。了解每个作物品种顺利完成个体生长发育所要求的环境条件,是保证丰收的首要因素,特别在引进新品种的时候,更需要认真加以研究。例如,华北地区的冬小麦被引种到华南,就不能抽穗结实;东北的粳稻品种在华中地区种植,也难抽穗结实。高粱、玉米等作物的品种也各有类似情况,只有在适宜它们各自生长发育特性的地方栽培,才会有高产。

第一节 种子的萌发

栽培作物一般由播种开始。种子的萌发情况,也就是成苗率,直接影响以后的产量。因此,有必要了解一下种子萌发的生理过程。胚是种子的主要组成部分,它是一个幼小的处

在休眠状态的植物。其次是供胚生长的养料贮藏器官,如双子叶植物中豆类的子叶,单子叶植物中禾谷类种子的胚乳。在干燥的、处于休眠状态的种子里,胚的生命活动非常微弱。当种子被播种到温度适宜而湿润的土壤里以后,它们就会吸水萌发

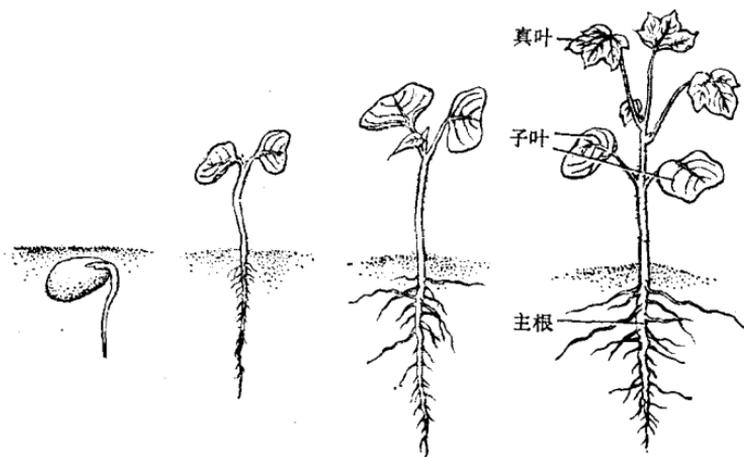


图 2 棉花种子萌发成幼苗的过程

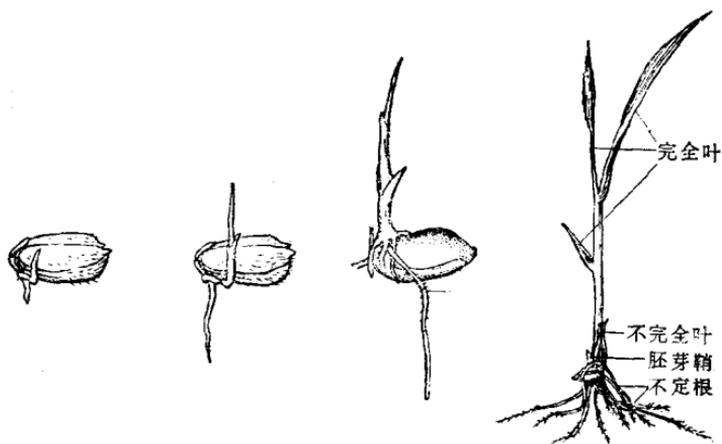


图 3 水稻种子萌发成幼苗的过程

(图 2,3)。在过分干燥的土壤里,种子是不会萌发的。所以,一般需要在播种后进行灌水,或降雨后下种。水分是种子萌发必不可少的条件。但是,水太多了也不好。如把小麦、玉米种子浸在水里,或深播在透气性差的粘土里,就不易萌发,因为缺乏氧气。但有一些植物的种子(如水稻),具有忍受缺氧的能力,它能吸收溶解在水中的氧气,即使浸在水中也可萌发,但芽不健壮。有了氧气和水分后,在严寒的冬天,种子也不萌发,或者比夏天慢得多。所以,要种子顺利萌发就得有适宜的温度、水分和氧气(图 4)。

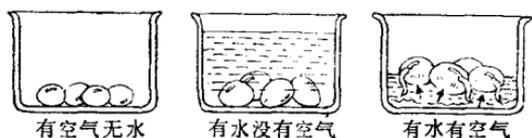


图 4 适当温度下种子萌发的条件

“外因是变化的条件,内因是变化的根据,外因通过内因而起作用。”那么,上述这些条件对于种子萌发到底起了些什么作用呢?

第一、一切生物体内的生理活动,都需要有水的参与。细胞的生理活跃程度,和它的原生质含水量成正比关系。只有当原生质中饱和了水分,各种生理活动才能正常运行,例如起着运输与分配物质作用的原生质环流^①就不可能在干种子的胚里发生。第二、生理现象都是生物化学反应的表现,而生化反应又是受酶控制的。酶是蛋白质的一种形式。它的作用需要一定的温度条件作基础,一般都在冰点以上,而又以不超过

^① 原生质在细胞中向一个方向循环流动的现象。可以在显微镜下观察新鲜水草(如黑藻)的幼嫩叶子时看到。

40°C 为宜。在这个范围内，温度每上升 10°C，生物化学反应就加快一倍以上。第三、一切生命活动都需要动力。就象电车运行要用电力，汽车运行要烧汽油一样，在细胞里进行的生命活动，需要糖作原料进行生物氧化，产生能量。因此氧气是不可缺少的。

种子发芽时，对于氧气、水与温度的要求，各种作物与品种间都有些差异。例如小麦种子吸收的水分量超过自身干重的 50% 以上会发芽；玉米为 44%，花生为 40%。而棉花种子吸水量则要超过自身干重一倍，大豆超过 1.2 倍，蚕豆超过 1.5 倍才能发芽。产生这些差别的原因，是由于各类种子的组成成分不同。含油分多的种子（如花生）吸水少；蛋白质含量高的种子（如豆类）吸水多；含淀粉多的种子（如小麦）居中。在播种之前的浸种阶段，我们就要注意这些特点。

适宜各类种子发芽的温度也有区别。例如稻谷发芽时，最适宜的温度为 25~35°C，玉米为 32~35°C，大、小麦为 25~31°C。它们发芽所要求的最低温度也有很大差别，小麦可以在 3~5°C 中发芽，但发芽率很低，在 10% 左右。玉米和稻谷的发芽温度要求在 10°C 以上。这种对低温适应的区别，和它们的起源地区有联系。原产热带与亚热带的作物要求较高的温度；原产温带的作物可以适应较低的温度。种子萌发时所能忍耐的最高温度，都在 40°C 左右，这是因为在生物化学反应中起重要作用的酶，在高温中会失去活性，而且高温对原生质也不利。所以，生产中确定作物播种适期极为重要。育苗时，既要防止由于温度过低而发芽迟缓，也要防止温度太高而烧苗，要经常观察温度的变化情况，加以人工调剂，以使种子顺利萌发，长成幼苗。

土壤中的氧气对种子发芽有直接影响，它的含量依土壤种类和深度而有所不同。通气好的砂质土含氧量比粘土高，播种浅的种子比深的接触氧气多。所以，在播种前往往先松土，以增加通透性和氧气含量。在地势低洼的地方，地面容易积水，要开沟做畦以利排水，促进种子发芽。同时，不同作物的种子，因其贮藏物质不同，萌发时需氧量也不同，如大豆和棉花的种子含脂肪较多，氧化时需氧量较多，因此要适当浅播，以利发芽。

在早稻栽培中，一般先要在室内进行浸种催芽(图5)，利



图5 早稻催芽

用种子的呼吸热^①提高温度，加快萌发。在浸种48小时后，要保暖催芽。该阶段要经常测量种子的温度，如温度偏高，可用淋水(水温 30°C 左右)或翻种的方法降温、透气，使芽谷堆的温度保持在 38°C 以下，一般经过36小时可以出齐根，48小时可以齐芽。催好芽的谷种经摊凉之后，即可播种。在催芽过

^① 种子在有氧气的条件下，进行有氧呼吸，种子内的贮藏物质(主要是葡萄糖)被氧化，产生二氧化碳、水和能量。其中一部分能量仍以化学能方式贮存利用，另一部分能量以热能方式释放，表现为温度升高。

程中，温度过高会烧芽，缺乏氧气则只使芽鞘伸长而不长根。各地催芽的具体方法虽有些差别，但其原理还是一样的，均要掌握好温度、氧气和水分。

第二节 作物生长的内因与外因

幼苗初期生长主要靠种子里贮藏的养分。同时，长出的茎、叶等绿色部分开始进行光合作用，制造养料。它们的根从土壤中吸取水分与矿质肥料，经过茎传送到叶子，成为合成各类有机物质的组成部分。所以，光、温、水与肥都是作物生长的外因，这些外因必须通过内因而起作用。休眠特性是控制植物生长的内因之一。下面分别就作物生长的内因与外因作一些简介。

(一)作物生长的内因

控制植物生长的内因之一是休眠。什么叫休眠？在适宜的环境中，种子不萌发、有生活力的植株不复生长的现象叫休眠。休眠往往是由一种或多种生理原因造成。如种皮致密，通透性差；种子外部成熟，而胚尚未发育完全；果实和芽中含有抑制萌发的物质等。

在一、二年生的农作物中，休眠的例子很少。如红皮小麦种子有休眠期，在完熟之后，种子不能发芽，一般要经过2~4周的贮藏才能达到90%以上的发芽率。白皮小麦的种子就没有休眠期，如遇上阴雨连绵，在穗上就会发芽。水稻种子一般也没有休眠期，如南方的早稻也发生穗上出芽的现象。大多数粳稻品种的种子都只有短时间的休眠期。用晒种的办法可

以使红皮小麦和粳稻种子加速解除休眠,提高发芽力。所以,播种前进行晒种,一般是有益的。

植物自身休眠在木本植物中甚为普遍,特别是高纬度地区,树木秋天落叶,停止生长,休眠越冬,次年春天又萌发生长(图6)。这种休眠是在环境条件影响下,植物内部变化的结果。当秋季每天日照长度逐渐缩短时,树叶就开始黄落,休眠芽中积累了抑制生长的物质(如脱落酸),这时,即使给它们适宜的条件也不生长。冬天,休眠芽内部发生了质的变化,抑制物少了,而促进生长的物质(如吲哚乙酸)增多了,到春天气温回升以后就萌发生长起来。

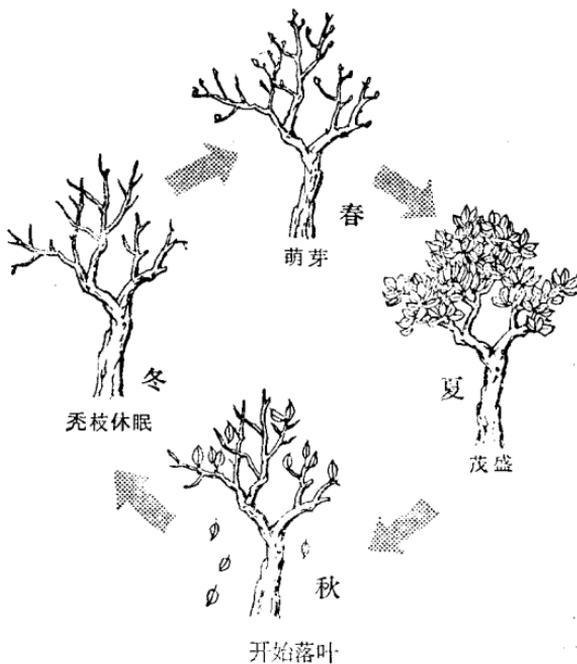


图6 落叶树木生长的周期性

(二)作物生长的外因

绿色植物也叫自养生物，因为它们可以通过光合作用自制养料。一般植物光合作用的强弱与温度、日光强度等都有直接关系。夏季晴天的中午，太阳光强度有 10 万个米烛光。田间作物的光合作用，早晨开始随日光强度的增强而增加，但在中午的强光下稍有下降，下午又随日落而减低。作物在密植的情况下，茎叶各部分受光量是不同的。所以，每个叶片，每株作物，虽然都在进行光合作用，但其强度有很大差别。有些叶子，特别是上部受光量大的叶子，光合强度高，制造养料多，可以供给全株生长；有些下部叶子，只能维持自身的生长；有些叶子由于光强不足，不能生产足够的养料而变黄衰老。所以，栽培农作物要注意田间的群体结构^①，使中下部叶子能得到足够的阳光。当作物如高粱、棉花等，行株之间相互荫蔽时，去掉一些下部的老叶，不但无害，反而有通风透光之利。

不同质的光^②对植物是有影响的，除光合产物不一样外，对植物的生长发育也有影响。例如红光和远红光就是二种不同质的光，对许多植物的开花和发芽产生完全相反的效果。此外，植物的向光性及细胞内原生质的流动，对蓝光敏感。这种不同质的光的生理作用，正逐渐在生产上引起重视，如用蓝色、红色等有色塑料薄膜培育水稻秧苗，有增产效果。

温度对作物生长的影响是非常明显的。一般夏季作物要

① 种植的玉米或水稻，其单株称为个体。就田间种植的玉米或水稻植株总和而言称为群体。如玉米和大豆两种作物间作，则称为复合群体。

② 光有光质与光强等区别。光质就是指红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等单色光。光强是指光亮的强度，可用呎烛光或米烛光表示。

求较高的温度，如水稻生长的适宜温度为 $30\sim 32^{\circ}\text{C}$ ；而冬季作物如小麦的适宜温度就相对的低一些，只需要 25°C ，甚至在 3°C 的低温中也可以缓慢地生长。但是，一些原产于热带的作物如黄瓜、橡胶树、甘薯等，在低于 9°C 的气温内，时间稍长就会发生生理失调，表现寒害。

高原、高山与滨海地方的夏季温度是白天高、晚间低，表现明显的昼夜温差。这种差别有利于不少作物获得高产，例如上海的小麦亩产一般 400 多斤，河南的小麦亩产可达 600 多斤，而青海的小麦亩产可超过 800 斤以上。马铃薯在白天 20°C 和晚上 $10\sim 14^{\circ}\text{C}$ 的环境中，可以获得最大产量，主要也是因为夜间温度低时，呼吸损耗少，有利积累养分。

水对植物的生长起着多种作用。在根吸水的同时，溶解于水中的各种肥分也在渗透、扩散和交换的作用下进入根内，并且通过茎运到叶子里。水然后由气孔或幼嫩的叶面蒸腾到大气中去。当土壤缺水时，叶子开始表现萎蔫，植株通过气孔的运动调节蒸腾失水。在作物的一生中，消耗于蒸腾的水是大量的。蒸腾不仅使植株体内维持一个连续的“水柱”，起供水动力的作用，而且对植物有降温的效果，不然在强日光照射下，很易使叶温升高，甚至干枯致死。所以，确保作物对水分的需要，是高产的首要条件。

第三节 根、茎、叶生长的相互关系

“根深叶茂”是劳动人民总结植物生长的经验，说明植物各器官之间是相互配合促进，又互相制约的。在植物体内，同时进行着两类不同性质的生理活动。一种是同化作用，它把二

氧化碳、水和矿质元素转化成有机物质，以供作物生长、发育。这类活动以光合作用为中心。另一种是异化作用，就是把上述有机物质通过生理活动又变成水、二氧化碳、能量和一些中间代谢物等，这类活动以呼吸作用为中心。呼吸作用也叫生物氧化，是一个产生能量的过程，这种能量是维持生命活动所必要的。在植物根、茎、叶的生活细胞中都进行呼吸作用，但只有绿色组织部分才能进行光合作用。所以，根的生长主要靠茎叶供给养料，其中以糖为主。移栽植物的时候，一般留几张叶子，以使根部得到养料。同时，维生素乙₁对根的生长十分必要，大多数植物的根都没有合成维生素乙₁的能力，而要靠茎叶供给，所以，在进行嫩枝扦插时，往往带一些叶子，或用维生素乙₁的水溶液浸一下，以利发根。根除了供给茎、叶以水与肥之外，还供应部分氨基酸、核酸和激动素等。有些作物的根还合成一些特殊的物质，如烟叶中的尼古丁就是在根里合成的。

根、茎、叶的生长可以人工控制，例如北方旱地作物的蹲苗，南、北方水稻的烤田（也叫搁田），都是用水（旱地）或气（水田）的条件促进生根，根系发达了又可促进茎、叶的生长。所以，促进与控制的合理运用是调整作物生长发育的主要手段。这种实践经验和理论是长期积累起来的，是非常可贵的。

第四节 作物的衰老与成熟

稻、麦等农作物抽穗开花以后，种子灌浆饱满，而植株则趋向衰老。所以，它们又被叫做一次结实植物。竹子也属于这一类型，一当开花结实后，根、茎、叶都枯死了。油菜、大豆

等作物的花序是无限花序，自下向上陆续开花结果，上部的荚果往往因为得不到养料而空瘪，这现象一般叫阴荚。这些作物的共同特点是结实与衰老死亡相联系。如若在开花之前把花或幼穗剪去，就会推迟衰老的出现。在适宜的环境中，它们甚至会较长时间地生长下去。这些变化的内在本质尚不完全明了，一般认为和卵细胞受精发育成为胚的过程中产生的物质有直接关系，其中主要是激素类，它可以促使种实长大，引导养分输入种子并加速了茎叶的衰老。作物的衰老也受环境条件，特别是温度的影响，在昼夜温差大的地方，作物衰老也慢，使种实灌浆期延长，所以这也是得到高产的原因之一。

早稻生产中的一个突出问题就是早衰，这对产量影响很大。它的原因有两方面：一是内因，就是种子的原因。有些品种表现特别明显，如“矮南特”早秈稻开始抽穗时，叶子已变黄了。“金小青”早秈稻也有类似情况。这些品种的空秕粒多，使产量降低。另一方面是外因，例如土层薄、粘性重的土壤，黑根多、白根少，或用肥不当、后期脱力，都会引起根系早衰，影响地上部分的生长迟缓，发生早衰。要改变这些缺点，就要在选用品种、水、肥、土的施用管理方面加以注意，使各器官充分配合，得到青秆黄熟、籽粒饱满。

从一粒种子播到田间，到一株或一丛作物被收获起来，包括着内、外因素的相互作用，质与量的转变等等。这是矛盾的对立统一规律在起作用。了解并掌握作物的生长发育规律，就可能获得高产，并不断创造出更高的产量。

第二章 作物对日光能的利用

我们在太阳光下感觉暖热，是因为衣服和皮肤吸收了太阳光的热能。泥土也同样会吸收太阳光而发热。绿色植物也能吸收阳光，它的叶子是吸收阳光的主要器官。所不同的是，绿叶吸收了太阳光后，会把光能转变成化学能，这些化学能被贮藏在糖和淀粉等有机物质中。绿色植物利用太阳光能，把二氧化碳、水合成有机物质(糖和淀粉等)，同时放出氧气的这个生理过程，称为光合作用。

现在工业生产中所用的能源，主要是间接从太阳光来的，例如煤炭、石油、天然气等。煤炭就是古代绿色植物通过光合作用积聚的太阳光能转变来的。石油等则又经过以植物为食料的动物方才形成。

人们生活所必需的粮、棉、油及糖、茶、果、蔬菜等，都是绿色作物靠太阳光生长的结果。农业生产上的措施，大半都是为了增大光合面积，增加光合强度^①，延长光合时间，提高对太阳光的利用效率和减少光合产物的消耗，以获得高产的。

第一节 绿色叶子和叶绿体

作物的叶子是进行光合作用的主要器官。它由表皮组织、

^① 单位时间、单位叶面积所吸收的二氧化碳量或放出的氧气量或积累的有机物质。

叶肉组织和输导组织三部分构成。表皮细胞内不含叶绿体，能透过阳光，有利于光合作用的进行。在叶子的上下表皮上，分布着许多小孔，称为“气孔”，这些气孔是作物同环境进行气体交换和作物体内水分蒸腾的要道，光合作用原料之一的二氧化碳，主要是从这些小孔进去的。叶肉是介于上下表皮细胞之间的薄壁细胞群，这些细胞内含有大量叶绿体，它是进行光合作用制造有机物质的场所(图7)。

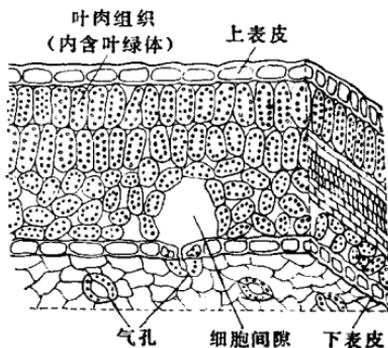


图 7 绿色叶子的构造

(一)叶绿体的结构和成分

作物叶肉细胞内的叶绿体都呈椭圆球形，分布在细胞质

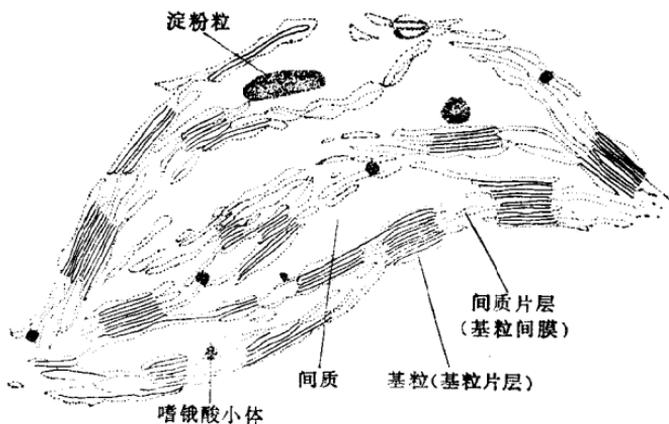


图 8 菠菜离体叶绿体

中，每个细胞内约含有几个至几十个叶绿体。将叶绿体放在电子显微镜下观察，可以看到叶绿体表面有双层的界面膜，其内部有微细的片层结构(图8)。这些片层结构是由许多双层薄膜的类囊体组成，这种结构在整个叶绿体内是不均匀的，有的地方叠得比较紧密，层次多而厚，呈颗粒状，称为基粒。其周围为间质。在叶绿体的类囊体膜上，各种色素、蛋白质、拟脂等物质，按一定的方式排列，这种结构对光合作用的进行有重要意义。

叶绿体中水分约占75%，蛋白质约占叶绿体干重的40~50%，拟脂约占20~25%，矿质元素约占12~18%，色素约占10%。此外，还有核酸、多种维生素及酶类。人们把小小叶绿体比喻为生物界制造有机物质的“车间”。它是作物体内生物化学反应最活跃的场所之一。

(二)叶绿体的色素

作物叶子的叶绿体中含有四种色素，即叶绿素a、叶绿素b、胡萝卜素和叶黄素。叶绿素a呈蓝绿色，叶绿素b呈黄绿色，胡萝卜素为橙红色，叶黄素为金黄色。大多数作物叶绿素含量占色素总量的三分之二左右，其余三分之一为胡萝卜素和叶黄素。所以，通常叶子的颜色都是绿的。

叶绿体色素不溶于水，而溶于酒精、丙酮等有机溶剂中。因此，如要测定作物叶片中叶绿素的含量，一定要用酒精或其他有机溶剂才能提取出来。

(三)叶绿体色素的光学性质

叶绿体色素能吸收太阳光，但不是所有的太阳光线都能

吸收。我们知道，日光在通过三棱镜后，可分成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种不同颜色的可见光谱。如果在三棱镜后，使光线再透过一管叶绿素溶液，则透到白色银幕上的光谱就会发生这样的情况：在原来的红光部分（波长在 600~700 毫微米）和蓝紫光部分（波长在 400~470 毫微米）呈现一条很宽的黑色带，而绿光部分仍是绿的。实验说明叶绿素吸收光线的选择性，它吸收红光和蓝紫光较多，吸收绿光很少（图9）。所以，一般叶子的颜色看起来是绿的。

叶绿体内的胡萝卜
素和叶黄素仅吸收蓝紫
光。

许多色素分子所吸收的日光能被汇集起来，供给一些处于特殊环境下的叶绿素分子引起光化学的反应。这种组合叫做光化学反应中心。在一个很小的片层范围内，就有许多反应中心。

（四）叶绿素的新陈代谢

作物体内的叶绿素是经常不断地进行更新的。温度偏高偏低都会影响叶绿素的形成。早春常因气温较低，叶绿素形成受到抑制，作物幼苗呈现浅黄绿色。成长的叶子所以能保持绿色，是由于不断产生新的叶绿素，以补充那些已破坏了

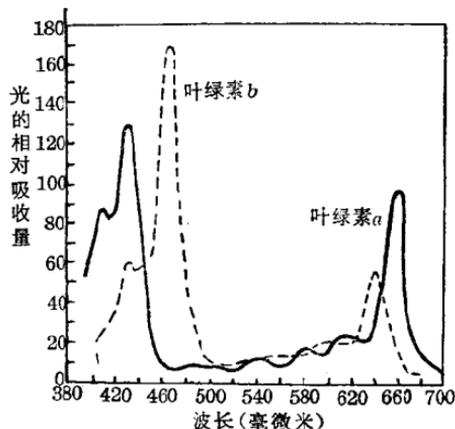


图 9 叶绿素乙醚溶液的吸收光谱

叶绿素。到了秋天，一般作物和落叶树木因气温渐渐下降，叶绿素破坏的速度超过形成的速度，使叶子内叶绿素含量减少，而胡萝卜素和叶黄素则较为稳定，因而叶子渐渐变成金黄色，展现了“喜看稻菽千重浪”，一片金黄色的丰收景象。

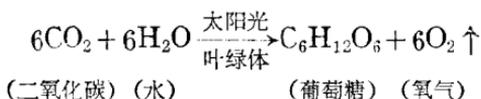
当作物缺乏氮、镁、铁、铜等元素时，也会影响叶绿素的合成，而表现出缺绿的病症，因为镁、氮是叶绿素分子的重要组成部分，而铁、铜等元素参与叶绿素形成的过程。作物在施足氮肥的情况下，叶色表现葱绿，叶片肥厚；反之，如氮肥不足，叶色变黄，叶片薄而粗糙。这种形态指标，可作营养诊断之用。

在叶绿素形成的最后阶段，一般都需要光。作物在充足的阳光下，才能显现正常的绿色。如果播种过密，植株的中下部光照不足，常易引起叶片发黄、茎秆细长，机械组织发育不良，植株柔软，苗弱不壮等不良现象。所以，为了培育壮苗，不仅播种量要适当，而且还应及时删苗或移栽。但有些作物如黄麻，则要利用它在弱光下所表现的这种特性，适当种得密些，使植株长得高，分枝少，不仅产量增加，而且纤维柔软，品质好。

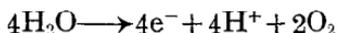
第二节 光合作用的生化过程

(一)光合作用的生化过程

光合作用是植物叶绿素利用太阳光能，把二氧化碳和水合成碳水化合物，并放出氧气的过程。通常以下面的化学方程式来表示：



其实, 碳水化合物在叶绿体内合成, 需经过一系列复杂的生化反应。简单地说: 叶绿素等色素吸收光能, 转移到光合中心, 引起电子传递。电子(e^-)最终是陆续从水分子取得, 而放出氧气。



这些电子(e^-)和质子(H^+)通过一系列的传递体而使辅酶(NADP)还原, 同时还使二磷酸腺苷(音甘, gān)(ADP)转化为三磷酸腺苷(ATP)。还原型辅酶(NADPH_2)有很高的还原力, 三磷酸腺苷含有“高能”的磷酸键, 二者能把植物吸收的二氧化碳, 逐步还原为碳水化合物。用过的辅酶(NADP)和二磷酸腺苷(ADP), 再通过光反应被还原和磷酸化, 可循环使用(图10)。

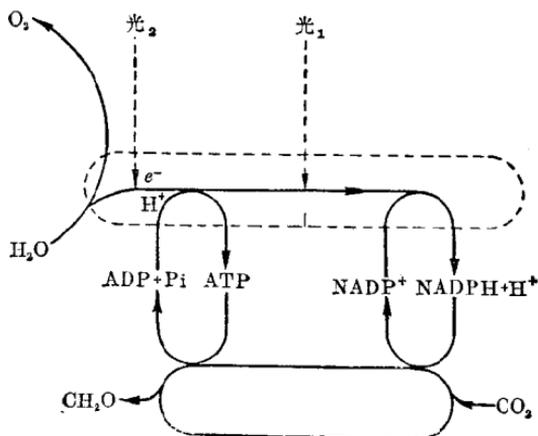


图 10 光合作用机理图解



图 11 “绿色工厂”示意图

有人把植物的叶子生动地比喻为“绿色的工厂”。在这个奇妙的“工厂”中，叶绿体好比“车间”，太阳光是开动机器的动力，二氧化碳和水作为原料，其产品是糖和淀粉等有机物质（图 11）。这些物质除供植物本身生长发育需要外，还作为粮食和饲料，工业的动力来源。同时，它还产生为人和动物呼吸及燃烧所必需的氧气。现在地球大气中的氧气差不多全是从光合作用而来的。

（二）光合作用产物

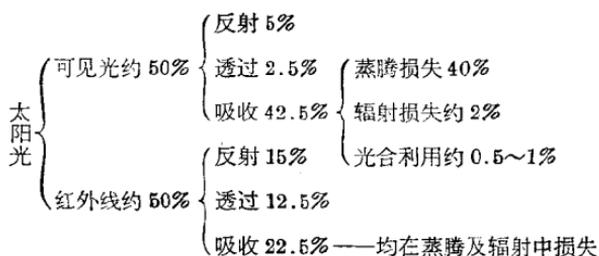
光合作用的主要产物是糖和淀粉，在有氮素供应时，也能直接合成氨基酸等有机氮化物。光合作用形成的糖类在作物体内可进一步再转化成其他各类有机物质。这种转变一般和呼吸作用有十分密切的关系，而且受作物的种性所支配，例如花生、油菜等以积累脂肪为主，棉花、麻类等产生纤维，甘蔗、甜菜等则以贮藏蔗糖为主。

光合产物的成分还同作物的年龄、发育时期、氮素营养和光照条件等有关系。成长叶子的光合作用，往往只形成碳水化合物，而嫩叶除形成碳水化合物外，还产生蛋白质。水稻抽穗时，一部分光合产物形成纤维素，但到乳熟期，无论在穗、茎和叶片里都不再合成纤维素，而全部合成糖和淀粉类物质。这与水稻灌浆和促使籽粒饱满有密切关系。在氮肥充足时，作物

叶绿体中的淀粉含量大大减少,蛋白质增加。当光照增强时,光合产物中糖类就增多,其他有机物质则相对减少。

第三节 作物的光能利用效率

从目前一般大田作物的产量水平来看,作物通过光合作用利用太阳光的效率是很低的,总的来说,还不到太阳总辐射能的1%。



(以上数字,随条件不同可有差异)

一般丰产田的光利用率,约为光的有效辐射(指可见光部分)的3%,低产田只有0.1~0.2%,但从光合作用本身的效率来看,是可以远远超过以上数值的。据估计,理论上可达到20%。所以增产还大有潜力。

为什么目前作物光能利用率如此低呢?从技术角度来看,大致有以下几方面的原因:

(一)漏光损失

作物生长初期,叶面积很小,大部分的太阳光漏射在地面上。尤其是稀植的田块,作物一生都不会封行,直到后期仍然有漏光现象,阳光没有被充分利用。估计水稻,大、小麦的普

通大田,平均漏光达 50% 以上。这是稀植田块产量较低的主要原因。

(二) 条件限制

作物生长的环境条件不适合,如温度过高、过低,水分过多、过少,某些矿质元素的缺乏,或二氧化碳供应不足以及病虫害危害等等,一方面使光合作用能力不能充分发挥,限制了对阳光的利用,合成有机物质少,另一方面会使呼吸消耗相对地增加,减少有机物质的积累,最后必然影响产量。

(三) 作物本身的“光饱和现象”

光合作用随光照强度的增强而增加,但也并不是光照越强,光合作用进行得越强,当到达某一光照强度时,光合作用就不再增强,这种现象称为“光饱和现象”。超过光饱和时的光照就不再被作物利用而形成浪费。作物密植以后的群体,提高了对反射和透射光的利用效率,当外部叶片到达光饱和时,内部叶片还没有达到,但上层和外部的叶片仍因有“光饱和”而不能很好利用照射在它上面的太阳光。

无产阶级文化大革命以来,广大贫下中农狠批了刘少奇、林彪一伙在农业生产上散布的修正主义流毒。在毛主席关于“农业学大寨”的号召下,充分发挥了为革命生产的积极性,全国不断涌现高产记录,如甘蔗亩产高达 24000 斤,杂交高粱亩产达 2403 斤,一季水稻亩产 1200 斤以上,大、小麦亩产 900 斤左右,棉花皮棉亩产 300 斤以上。

据有关资料介绍,甘蔗亩产 12000 斤,光能利用率约为 5%,高产的马铃薯可达 5%。若按日产量计,有人测得玉米

光能利用率为4.6~9.8%，甜菜为9.5%，高粱为6.7%。

近几年来，实验证明有许多作物的叶子在光照下，不但进行光合作用，同时也进行“光呼吸”。“光呼吸”与一般的呼吸作用不同，它只有在光合作用进行时才发生，但这种光呼吸是不产生能量的，所以，它无益地消耗了光合作用生产的一部分有机物质。水稻、大小麦、棉花、大豆等多种作物都是高光呼吸的。这类作物要求空气中有较高的二氧化碳含量(50 ppm 以上，即百万分之五十以上)才能积累有机物质，也就是这类作物的二氧化碳补偿点较高^①。玉米、高粱、甘蔗等则属于低光呼吸植物。它们的二氧化碳补偿点比较低(5~10 ppm)，因之这类作物积累光合产物的能力强，在同样条件中比光呼吸强的作物产量高，由于光呼吸消耗了约 1/4 的光合产物。所以低二氧化碳补偿点常可作为高光合效率的一个指标，如改变作物的特性，培育出减少这方面损失的新种，就可望增加产量。对此，当前正在进一步研究，如以物理诱变法为主，把经过辐射处理的种子后代进行比较，加以筛选。试验如成功，将为提高作物产量开创一条新的途径。

第四节 提高作物对日光能的利用效率

伟大领袖毛主席教导我们：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造

^① 植物光合作用中，当同化作用消耗的二氧化碳与呼吸作用放出的二氧化碳在量上相等时，植物可以维持生命，但不能生长。这种二氧化碳量叫做二氧化碳补偿点。

世界。”了解光合作用的生理过程之后，又怎样利用它来提高作物的产量呢？这就需要从合理密植、间作套种和提高作物本身的光合强度等方面来提高光能利用效率，以充分发挥作物群体的增产作用。

(一)合理密植

合理密植是农业“八字宪法”中的一个环节，是增加作物单位面积产量的一个有效措施。

1.合理密植以扩大绿色叶面积 光合作用主要是通过绿色叶子进行的。绿色叶面积的大小与日光能的利用、干物质的积累以及最后产量的形成关系极为密切。另一方面，叶面积的大小又能代表田间作物的生长情况，是受种植密度、肥水条件、叶片寿命等因素影响的。

叶面积的大小，一般以叶面积系数来表示。叶面积系数是绿色叶子的总面积与土地面积的比值。

$$\text{叶面积系数} = \frac{\text{绿叶总面积}}{\text{土地面积}}$$

它是作物群体大小较好的动态指标。在一定范围内，作物产量与叶面积系数成正相关。如山东农学院的试验指出：沿海盐碱低产大田的棉花，当叶面积系数为 0.3、0.7、1.0 时，籽棉亩产仅 32、69、117 斤。通过密植，叶面积系数为 1.5、2.1、2.9、3.3 时，籽棉亩产增加到 153、171、248、378 斤。

水稻群体在插秧返青后，叶面积系数即逐渐增加，孕穗期后又渐渐下降。高产田在孕穗期叶面积系数约为 6~7，而一般大田约 3~4。目前推广的早晚稻品种，凡亩产 900 斤以上的，其叶面积系数动态大致是：分蘖期 2.5~3.5；幼穗分化期至

孕穗前 4~6; 孕穗至抽穗 5.5~7.0; 抽穗以后下降缓慢, 稳定在 4~5, 以后渐渐减少。在栽培管理上, 前期早施氮肥, 能使叶面积迅速而又稳定地增长; 中期适时落干搁田, 控制叶面积过度扩展, 以减少荫蔽; 后期适量补施穗肥, 防止叶片早衰, 保持一定的绿叶面积, 以延长光合作用时间, 并增强后期的同化能力。

在一定栽培条件下, 产量的提高并不是一直随着叶面积的增长而增加的。当叶面积增长到一定限度后, 由于造成田间荫蔽, 引起株间光照不足, 产量反而不高。

合理密植除同叶面积的大小有直接关系外, 还与叶片着生的角度、叶片的大小及其寿命等有密切关系。比较理想的叶片着生角度是上层的叶片接近直立, 下部的叶片近于水平, 这样既能使上层叶片照到阳光, 又不会造成下层叶片遮荫。稻麦等单子叶作物的叶片以短、宽、厚而又较挺直为好。叶片太长易下披, 使田间光照不良; 宽的叶片可以增大吸收阳光的面积; 厚的叶片往往比较挺直。油菜、棉花等双子叶作物的叶片, 要求小、薄, 使中下部也能照到阳光。此外, 株型紧凑的作物也适宜密植。上海南汇县泥城公社人民大队栽培的棉花, 通过肥水等综合措施, 有效地促进和控制棉花的生长, 培育出的棉株呈宝塔形, 叶色绿, 小叶大桃, 对群体光合作用是很有利的。1973 年全大队 1300 亩棉田, 平均亩产 201.7 斤皮棉。

延长水稻、大小麦的剑叶和剑叶以下两片绿叶的寿命, 使其正常进行光合作用是非常重要的。尤其是水稻, 到籽粒充实期, 籽粒中的大部分干物质来自最上面三张叶片的光合产物。据浙江桐乡县众安大队对“广陆矮 4 号”亩产 1000 斤以上的五块稻田的调查, 凡收割前单株活叶数为 1.3~1.8 张,

剑叶长达18.7~27.7厘米,高出穗茎2~2.8厘米的,千粒重都在26克以上,符合后期达到“根活秆青活叶多,稻面厚实粒子重”的要求。

2. 合理密植使群体和个体的矛盾得到统一 一个高产群体的密度,就是要既保证单位面积上有足够的株数,同时,又要使单株的产量不下降或下降很少。群体中除了利用太阳的直射光外,对反射光和透射光的利用率也较充分,这样对日光能的利用效率就增高。如果密度过稀,绿叶面积太少,虽然个体受光充足,长相好看,但单位面积上总株数减少,产量也就不可能提高。反之,如果种植过密,容易造成田间荫蔽,中下层光照条件很差,作物个体生长不良,光合作用减弱,产品器官的光合产物积累不多,虽然株数增多,产量仍然不高(图12)。

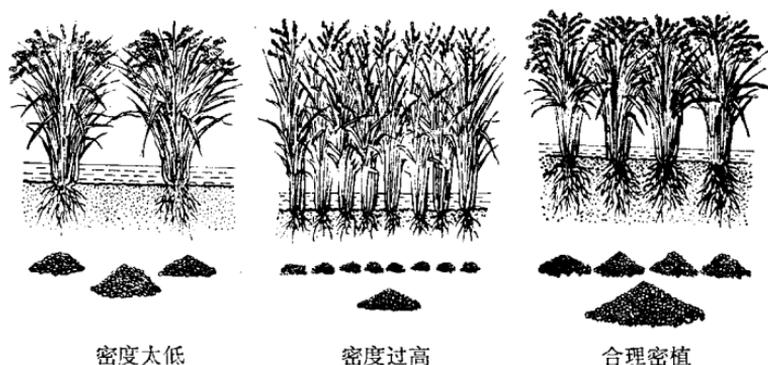


图12 合理密植和产量示意图

为了说明合理密植与产量的密切关系,我们现以浙江嘉兴地区和上海市郊高产早、晚稻的群体结构为例,分析如下:

浙江嘉兴地区1973年早稻亩产超千斤的田,每亩插4~5万丛,基本苗两熟制为25~30万,三熟制为30~35万。这样,

在当地条件下保证了每亩土地上有足够的绿色叶面积和较多的有效穗数,增加了光能利用率,同时个体生长也较良好,每穗粒数增多,秕谷较少,所以产量高(表1)。

表 1 早稻亩产超千斤的群体结构

耕作制	统计面积 (亩)	亩 产 (斤)	丛/亩 (万)	基本苗 (万/亩)	每 穗 总粒数	秕 谷 (%)	品 种
两 熟	13.793	1221.7	5.1	33.8	61.4	7.7	广陆矮4号
	189.695	1127.8	4.5	28.0	64.6	6.8	"
	101.004	1074.6	4.84	26.8	63.2	9.03	"
三 熟	47.54	1125.7	4.3	30.4	60.5	7.3	"
	143.465	1053.5	5.5	34.2	59.4	12.4	"
	16.99	1117.5	4.4	30.7	62.4	4	先锋一号

上海市郊马桥公社工农大队友谊生产队 1971~1973 年的实践证明:连作晚稻适当增加密度可以增产。1971年每亩插 4.2 万丛, 29.4 万基本苗, 亩产 758.2 斤; 1972、1973 年提高到每亩 4.5 万丛, 40 万左右基本苗, 亩产增加到 900~1000 斤(表 2)。这主要是依靠合理密植, 充分利用阳光而增产。

制定种植密度既要有原则性, 又要有灵活性, 要根据当地

表 2 1971~1973 年对晚稻双丰一号考察结果

年 份	丛/亩 (万)	基本苗 (万/亩)	有效穗 (万/亩)	每穗总 粒数	空秕率 %	产 量 (斤/亩)
1971	4.2	29.4	29.8	56.1	14.8	758.2
1972	4.5	38.7	33.8	50.5	8.1	903.7
1973	4.5	43.1	42.4	51.8	8.3	1015.1

的肥水条件、作物品种、气候等因素作具体规定。栽植密度是发展的、变化的，稀植和密植又是相对的。由于栽培措施的不断改善，品种的更换，过去的合理可能变为现在的不合理，现在的合理又可能变为今后的不合理。所以随着生产的发展、品种的改变，密度也应作相应变化，才能高产。密植增产要始终以客观条件为基础，并根据能够掌握的客观条件因地制宜地制定密度。

(二)间作套种

间作套种是指几种协调互利的作物所组成的复合群体，是提高作物对日光能利用效率，增加产量的一个有效措施。

间作套种有利于充分利用生长季节，充分利用阳光、地力和空气。在高、矮作物间作的情况下，叶片层次多，绿色叶面积增大，可以有效地进行光合作用，制造更多的有机物质。两种前后作物套种，可以解决不同作物生长季节的矛盾，保证适时播种。这措施使前后作物均有充分的生育期，又可充分利用作物生育前期和后期透漏的日光能，延长了光合作用的时间，对增产都有利。河北成安县商城公社何横城大队是我国北方粮、棉双丰收的先进单位。他们就是采用棉花、冬小麦、夏玉米等间作套种。如：在小麦生长后期套种棉花，既能及时播种棉花，又可充分利用棉花生育前期和小麦生育后期的日光能，延长了光合时间，而且小麦后期对棉花出苗生长有保温、保湿等作用。棉花种在垄上，光照好，温度高，不淹水，适合棉花生长的需要。小麦种在垄下，管理方便，水分充足，生长好。小麦收割后，于6月下旬在麦茬上种一行夏玉米，利用棉苗小，有较多空间这个条件。到棉株长大时，玉米已成熟，这样就多

收一熟, 成为一年三熟(图 13)。1970 年采用这种方式, 获得亩产小麦 562 斤, 夏玉米 350 斤, 皮棉 112 斤, 是夺取粮、棉双丰收的好办法。

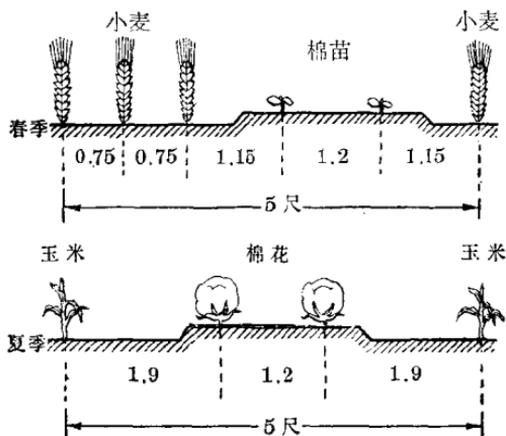


图 13 间作套种示意图

作物生长在田间, 一般田边的总比田中的长得好, 除了边行有优越的土壤营养和水分条件外, 更主要是作物得到的日光及二氧化碳也较多, 光能利用率高。如果高矮作物间作, 搭配比较耐荫的矮秆作物, 那末, 高秆作物每行都象处于边行。

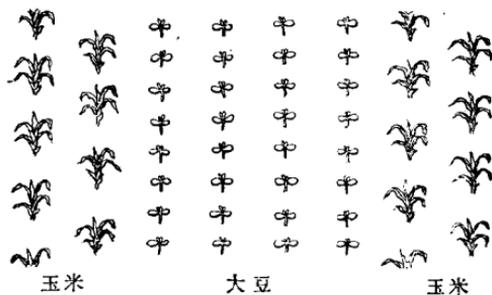


图 14 高矮作物间套作示意图

但到它生育后期,要采用打老叶等措施,以兼顾矮秆作物的通风透光,使矮秆作物生长良好。矮秆作物生长的地方,成了高秆作物通风透光的“走廊”,光线通过这一“走廊”,直射到高秆作物的中下部。所以间作田能比较通风透光,田间温湿条件适宜,使作物生长良好(图 14)。

(三)提高作物光合强度

在目前的条件下,要提高作物本身的光合强度,主要通过合理施肥,适时灌溉,选育优良品种等措施。这些措施不仅有增加光合产物的作用,也有改善品质的作用。

1. 合理施肥 合理施肥对光合强度影响较为显著。这主要是由于氮参与了叶绿素和酶的组成,与光合作用的光化学反应和酶促反应有密切关系;磷参与光合作用中能量的转化过程;又参与光合作用中间产物——糖的磷酸酯的转变与淀粉、蛋白质及脂肪的合成。钾在光合作用中的功能还不很清楚,但它对光合效率有影响,缺钾时光合强度显著降低。所以合理施肥有效地促进作物代谢,可提高光合强度。 CO_2 是光合作用的原料,环境中 CO_2 供应是否充分,对光合强度有很大影响。通常空气中 CO_2 的浓度为 0.03%,这并不能满足作物光合作用的需要。在土壤中施入有机肥,有机肥经微生物分解腐熟,释放出 CO_2 ,增加了土壤空气和叶层附近的 CO_2 含量。随着 CO_2 量的增加,光合作用有所增强。同时,试验证明作物的根系也能吸收 CO_2 ,根部吸收的 CO_2 ,一部分参与根的代谢合成氨基酸,一部分供地上部分光合作用需要。因而增施有机肥料也有提高作物光合强度的作用。

2. 适时灌溉 水是作物光合作用的原料之一。叶细胞

水分充足，原生质、酶和叶绿体都处于活跃状态，也有利细胞数目增多和体积增大。所以水分不足会使作物光合强度降低。作物叶片缺水，又会使气孔开度减小甚至关闭，影响作物对 CO_2 的吸收。气孔关闭又使蒸腾减弱，引起叶温升高，呼吸消耗增多，从而也大大地降低了光合强度。

3. 选育优良品种 在密植的条件下，株型与群体光能利用及光合产物积累的多少有极大的关系。如果叶面积系数相同，株型不同，其光能利用率也会有很大差异。因而选育优良品种时，株型也是考虑的因素。如水稻就要选：秆较短而挺；分蘖挺直，分蘖力中等；叶的着生角度小，叶片短、宽、厚的株型。在棉花方面，除上面提到的宝塔形株型外，近年来国内外有一些新的看法，认为要选择株型矮小，每株仅结少数几个铃子的新品种。这样的品种采用狭行或散播，每亩种几万株，据估计，能亩产籽棉千斤左右。

此外，合理的肥水管理有防止作物疯长和早衰的作用。肥水配合适当，以控制作物地上部分和根系的生长，维持作物叶片较长的功能期，有利作物中、后期光合产物的积累、运输，能有效地增加产品器官（谷粒、棉铃、荚果、甘薯块根等）的收获量。对有些作物如棉花、果树进行整枝打顶，能起到改善田间通风透光，减少养料消耗，调节光合产物向产品器官分配的作用。随着我国群众性农业科学实验运动的发展，植物激素在农业上应用范围日益扩大。不同植物激素有不同的生理效应。有的激素可促进光合产物向处理部位运输；有的激素可减少花果的脱落；有的能防止早衰。所以，以上这些措施都有良好的增产效果。

第三章 作物与肥

肥是农业“八字宪法”中的一个组成部分，对于作物的高产优质具有十分重要的作用，是目前作物栽培上最有效的增产措施。“收多收少在于肥”的农谚，充分说明肥对作物产量的重大意义。在一般大田中，通常增施肥料就能增产。但在丰产田里，情况就较复杂，有时增施肥料，增产效果却并不显著，甚至反而减产。这是什么原因呢？让我们谈谈“肥”在作物生长发育过程中的一些生理作用。比如作物的根系深扎在土壤中，除了吸收水分外，还吸收氮素和多种矿质元素；作物的根系是怎样吸收它们的？为什么这些元素是作物生长发育所必需的？以及我们应怎样对作物进行合理施肥等。

第一节 作物体内的矿质元素

麦秆或稻草燃烧以后，残留下来的就是一堆灰分，人们将这些灰分进行化学分析，发现灰分中含有多种矿质元素，如磷、钾、钙、铁、硅等。它们是作物根系从土壤中吸收到体内的。这些被作物吸收的矿质元素，有时也称为灰分元素。对作物营养起重要作用的氮，在燃烧过程中成为分子氮或氧化氮挥发到大气中去而不存在于灰分中。在一般书中，不把它列为矿质元素，但对作物来说，氮素主要是以无机盐由根系从

土壤里吸收的,所以还应列入矿质元素中。

矿质元素在作物体内含量极少,一般只占干物质的百分之几,但其种类却十分复杂。那末,所含的矿质元素是否都属作物生长发育所必需的呢?通常采用溶液培养的方法来鉴定,就是将作物幼苗培育在用纯净的无机盐类配制成的培养液中(图 15)。如果培养液含有作物生长发育所必需的矿质元素,酸碱度合适,经常通气和更换新鲜溶液,作物幼苗就能在培养液中正常生长发育,甚至可培育到结实成熟。由于培养液是人工配制的,可在培养液中有意识的除去某一元素,然后观察作物幼苗在这种培养液中的生长发育情况,并与前者对比,如果生长发育不正常,则证明被除去的这一元素是作物正常生活所必需的。

经过许多试验研究,已经证明氮、磷、钾、硫、钙、镁、铁、铜、锌、硼、锰、钼等矿质元素,连同碳(以二氧化碳气体形式被作物叶子从空气中吸收)氢、氧(作物根系从土壤中吸收水分)三种非矿质元素,为必需元素,缺少这些元素后,作物的正常生长发育就会受到显著影响。

施肥是给作物补充氮、磷、钾等矿质元素的一项农业措施。或许有人要问:为什么在生产实践中经常只给作物施氮、磷、钾肥,而很少施镁肥和铜肥?这是因为作物在生长发育过程中对氮、磷、钾三元素的需要量较大,而它们在一般土壤中的含量常不能满足作物的需要,必须通过施肥补足。而铜、镁

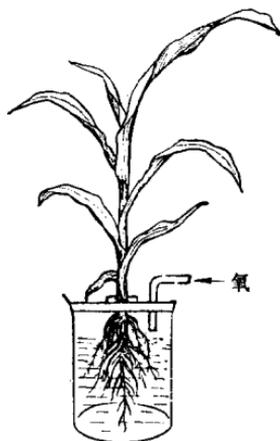


图 15 植株在无机盐溶液中培养

等其他元素在一般土壤中不大缺乏，作物对它们的需要量又较少，因此通常不需施这类肥料。

第二节 氮、磷、钾对作物的生理功能

(一) 氮

氮素在作物体内的含量一般只占干物质的1~3%，但它对作物的生命活动却有非常重要的作用。在构成活细胞原生质主要成分的蛋白质、核酸和磷脂中，都含有氮素。显然，没有氮就没有原生质，也就没有生命现象。其次，作物体内的全部代谢过程，如光合作用、呼吸作用和各类有机物质间的转化（如淀粉水解成糖，糖类转变为脂肪等）都需要有生物催化剂——酶来起作用，酶是蛋白质的一种形式，所以氮素又参与酶的合成。绿色植物中，氮又是叶绿素组成元素之一。这点大家都有实践经验，任何作物在施过氮肥（如人粪尿，硫酸铵等）后，几天内叶色就转为鲜绿，就是这个道理。

由于上述原因，氮肥施得充足与否对作物生长发育的影响是很明显的。氮肥施得适当，可使稻、麦分蘖数或棉花、油菜的分枝数增多，茎叶呈现鲜艳绿色，植株内蛋白质合成多，每片叶子的生活期和进行光合作用的时期都较长，因而光合产物的总量增加，为增产打下了物质基础。此外，在大田中，为使少数小苗赶上大苗，通常采取逐株适施氮肥的措施，收效也较为显著。

如果大田中氮素供应不足，作物体内蛋白质、核酸及叶绿素等的合成受到阻碍，作物就表现出株型矮小，分枝少，叶片

小而薄，呈黄绿或淡绿色。有时由于营养器官生长太差，引起植株早衰而提早成熟，对产量影响很大。至于怎样来判断作物是否缺乏氮素，除了上述的形态特征外，还可以从基部老叶的色泽来诊断。

因为作物体内的蛋白质和叶绿素是处在不断的更新中，即植株内的蛋白质及叶绿素在不断分解的同时，新的蛋白质及叶绿素又不断地合成。由于植株幼嫩部位的合成机能较强，而衰老部位的合成机能较弱，因而在土壤供氮不足的情况下，较多的氮素优先输送至生长旺盛的幼嫩茎叶中去，从而老叶往往先显出黄绿色。有的作物如油菜，在缺乏氮素时，老叶中的糖分用来与氮素合成蛋白质的量就减少，而大部分糖分转化成花青素，积累在叶片内，常使老叶呈现紫红色。所以油菜基部老叶显出黄绿色或紫红色是缺氮的一种标志。

作物需要一定量的氮素，但也并不是愈多愈好，这在生产实践中是常见的。如麦田中倒翻粪桶的地方，麦株由于氮肥过多而常常疯长，茎秆柔嫩，叶片下披而现暗绿色，有时还会发生倒伏，贪青迟熟，籽粒不饱满等现象。这是什么原因呢？因为当根部吸收过多氮素时，植株就必须把吸进体内的无机氮变成有机氮——蛋白质、氨基酸。否则，植株会由于体内积累过多无机氮而引起中毒。植株合成蛋白质要消耗大量的碳水化合物，这是由于蛋白质是由氨基酸组成的，氨基酸又是由有机酸经氨基化作用而合成的，有机酸来源于糖的分解产物。当植株把过多氮素转变成氨基酸和蛋白质时，就消耗了体内大量的糖、淀粉、纤维素等碳水化合物。因此茎秆生长就不坚实，不仅容易倒伏，而且常因其柔嫩多汁，还易遭病虫为害。所以偏施氮肥对作物生长不利，不可能获得高产。当然，对于生

产以茎叶为主的菠菜、青菜等蔬菜而言，可以适当多施氮肥，使之产生青绿、富于蛋白质、纤维少的嫩茎叶。

此外，近年来为了提高作物对氮肥的利用率，采用氮素化肥(硫酸铵、尿素)与“氮肥增效剂”混合施用的方法，已证明有明显的增产效果。如浙江东阳县虎鹿公社农技站曾作过对比试验，应用“氮肥增效剂”的水稻，长势良好，有效分蘖增多，产量比对照组增加11.6~13%。“氮肥增效剂”的化学名为2-氯-6-(三氯甲基)吡啶，有抑制硝化细菌对铵态氮硝化的作用(硝化细菌能把铵态氮氧化成为 NO_3^- ，硝态氮 NO_3^- 离子再经反硝化细菌作用，转化成游离态的氮)，因而减少了氮肥的损失。

(二) 磷

磷素在作物体内大部分以有机化合物形式存在。磷是核酸、核苷酸的组成成分。核酸与蛋白质合成的核蛋白是原生质和细胞核的主要成分，所以缺磷就影响细胞分裂增殖，植株生长会受到抑制。

磷素还参与作物体内糖类的合成和运输过程，因此与光合作用及作物成熟有密切关系。在玉米、稻、麦等作物的生育后期，如适施磷肥，即可促进茎叶中贮藏的糖分和淀粉集中输送到籽粒，有利于籽粒饱满、增加千粒重。例如上海青浦县农科所曾以过磷酸钙和磷矿粉作小麦追肥，增产效果显著，亩产量分别比对照组增产3~8%。其主要增产特点是千粒重高。据测定：对照组小麦千粒重为30克，施过磷酸钙的为35.6克，施磷矿粉的为31.1克。又如在甘薯、马铃薯等作物的生育后期施以磷肥，对块根、块茎的膨大都有显著作用。

磷与作物体内蛋白质合成过程也有密切关系。山西省闻

喜县东官庄大队实行科学种田，小麦亩产量 1971 年超《纲要》，1972 年过“黄河”。他们的增产措施中突出了氮、磷肥配合施用，对小麦增产起了重要作用。1973 年他们在不同肥力地块上进行试验，在一般旱地条件下，无论单施氮肥或单施磷肥，其增产效果往往远不如氮、磷肥配合施用好。氮、磷配合的效果不是一加一等于二的简单数学关系，而是相互促进的。例如在一块氮磷都缺、而缺氮更为突出的中肥地里，单施尿素 30 斤，增产小麦 52.8 斤；单施过磷酸钙 80 斤没有效果；而氮、磷肥配合后，磷肥的效果由单施不增产，提高到增产 207.3 斤，肥效显著提高。二者配合后，同样也提高了氮肥的肥效，由单施氮肥增产 52.8 斤提高到 260.1 斤(图 16)。

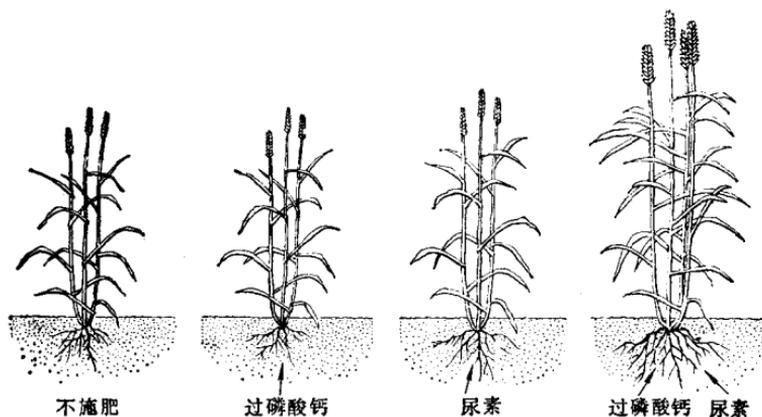


图 16 氮、磷肥配合施用增产显著示意图

磷是作物体内含高能磷酸键化合物，如三磷酸腺苷 (ATP) 等的组成成分。ATP、ADP 是光合作用和呼吸作用中能量代谢的重要物质。叶绿素吸收光能后，经过一系列的变化，使光能转变为化学能，贮藏在光合产物和三磷酸腺苷

(ATP)中。而呼吸作用是分解光合产物糖，并释放能量的过程，这些释放出来的化学能，也有相当部分贮藏在三磷酸腺苷中。因此，光合和呼吸两过程的顺利进行，都是必须通过含高能磷酸键的化合物来实现的，由此可见磷对作物的新陈代谢的重要作用。

当作物缺少磷肥时，作物体内碳水化合物和蛋白质的合成受到阻碍，致使幼芽和幼根部分的细胞分裂和生长都不能正常进行，同时茎叶部分的糖分因缺磷而不能形成糖的磷酸酯(它是作物体内糖分运输的形式)，使运输到根、果实和种子等部位的糖分减少，不利于根系生长和子实的饱满。茎叶中积累的糖分，有时还会转变成花青素，使茎叶呈现紫红色或暗绿色。

(三) 钾

钾和氮、磷不同，它不是作物体的组成部分，在作物体内几乎完全呈离子态或被原生质吸附。近年来的试验说明，在作物生长发育过程中，施用钾肥不仅可提高作物的产量、质量，还能增强抗逆性。

钾离子是细胞内多种酶的活化剂，可加速酶的催化作用，使生化反应加快。例如葡萄糖在呼吸代谢中氧化分解成丙酮酸，钾离子就有活化丙酮酸激酶的作用。在合成核酸和蛋白质的过程中，有些酶也被钾离子所活化，因此，钾能促进作物的呼吸和蛋白质的合成。

钾有促进农作物糖类合成和转化的作用。钾肥充足，作物体内的木质素及纤维素含量就较高，茎秆坚韧，抗倒和抗病虫害能力都较强。钾特别有利于作物淀粉的积累，因而栽培

甘薯和马铃薯等淀粉类作物，必须施较多钾肥。据浙江舟山地区农科所 1973 年的试验指出：钾肥对甘薯薯块的膨大有良好效果，每亩施硫酸钾 15 斤，可增产 7.6~33%。

由于钾离子被原生质吸附而增强原生质的水合作用，所以钾肥供应适当，可增强细胞的保水力，提高作物抗旱性。

钾肥还促进作物对氮、磷的吸收。这是由于钾促进了作物吸收的氮转化成蛋白质。所以作物缺钾时，不仅影响蛋白质的合成，使蛋白质含量显著降低，而且作物体内还有氨、酰胺及腐胺等积累。氨、腐胺的积累会引起组织中毒，使叶片出现坏死斑点。如浙江嵊县良种场科技人员，于 1973 年 8 月对场、所及县内主要产稻的 18 个生产队进行了晚稻缺钾症状调查，发现晚稻老叶上有褐色碎屑状和短线状斑点，就是由叶组织中中毒坏死而引起的，是典型的缺钾症。

钾在作物体内呈离子态，因此在体内容易转移。当钾供应不足时，老叶中的钾能转移给新叶再利用，所以叶片皱缩、叶缘失水枯黄焦灼及叶茎卷曲细长等缺钾症状，往往先在老叶上表现出来。

通常称氮、磷、钾为“肥料三要素”。它们的生理作用虽各有特点，但也有共性，对作物所起的作用是互相联系互相制约的。如上所述，氮是合成蛋白质的必需原料，而在蛋白质的合成过程中，又需含磷化合物三磷酸腺苷及核酸的参加，通过这两种物质才能使氨基酸合成蛋白质。同时还要有钾离子作为酶促反应的活化剂。三者之中，缺一不可。在一般土壤中，氮素最缺乏，施用氮肥除供应作物氮素之外，又促进对磷、钾的吸收。所以从作物外表看来，施氮肥的效果最明显。但如果不注意三者适当配合，而偏施硫酸铵或尿素等氮化肥，是不能

获得较高产量的。

作物在生长发育过程中，如果缺乏了任何一种必需元素，都会引起一定的生理病症。根据作物的长势、长相来诊断作物缺乏哪些肥料，通常称为营养诊断。我们在生产实践中应能识别作物缺乏氮、磷、钾三要素的主要症状，以便及时采取措施，给予补施某种肥料，促进正常生长发育。

现将作物缺乏氮、磷、钾的主要病症列表如下，以作营养诊断时参考(表3)。

表3 缺乏氮、磷、钾的主要病症

缺乏元素	植株的长势长相	叶	茎	根	生殖器官
氮	生长矮小，分枝或分蘖减少，叶的生活期及功能期缩短；地上部分受影响较地下部分明显。	叶小、整个叶片呈黄绿或黄色。有的叶片呈黄绿并带红色。	细小、多木质，黄绿色，有时含有较多的花青素，略带红色。	受影响较小。	容易脱落，种子小而轻。
磷	生长矮小，分枝或分蘖减少，根系生长较差。	叶小，暗绿或红紫色。	细小多木质，含有较多花青素。	根系生长差，分枝少。	花、果实及种子都减少，开花期和成熟期延迟，种子不饱满。
钾	较正常植株矮小，但比缺氮、缺磷的植株稍大些，植株较柔弱，易感染病虫害。抗寒及抗旱力减弱。	叶缘变黄色，逐渐变褐色而干枯；叶片常有坏死斑点，或呈“杯状”，较易萎蔫。	较软弱，易倒伏。	生长较差。	结实较少，种子不饱满。

[注] 叶片的症状都是先从老叶开始，逐渐向幼嫩部位扩展的。

对于具体的事物要作具体的分析。上表只说明缺乏氮、磷、钾三种元素在多数作物上的表现症状，不同作物的具体表

现还可有很大不同。现将水稻、棉花、甘薯三种作物缺乏氮、磷、钾后的病症列表如下(表4)：

表4 水稻、棉花、甘薯缺乏氮、磷、钾的症状表现

作物 缺乏元素	水稻	棉花	甘薯
氮	叶面积小,黄绿色,叶尖枯黄,基部叶早衰,茎秆细而矮,分蘖较少,稻穗短小,提早成熟。	幼叶先呈黄绿色,后成黄色,再变成红色,最后棕色而干枯,顶端生长提早停止,侧枝少或无,开花结铃少,花铃常局限在下部果枝的第一个节上。	基部老叶叶缘先现红色或紫色,以后全叶呈黄绿色至黄色,并出现枯腐区域,随即脱落,蔓顶端叶片呈淡绿色,茎蔓稀疏。
磷	幼叶呈蓝绿色,老叶则从叶尖开始呈黄棕色或红棕色,叶耳细长,在叶耳及穗上都发生不规则的棕色枯斑,谷粒发育不良,米质差。	病症不及缺氮出现明显,主要是植株矮小,叶片呈暗绿色,结铃与成熟期都延迟,易遭棉铃虫为害。	叶呈暗绿色,老叶出现较大面积黄色斑块,后变为紫色或棕色,不久即脱落。
钾	从幼苗开始生长不良,叶呈暗绿色,茎细弱易倒伏,分蘖少而不良,稻穗短小,成熟迟缓。	叶片出现黄白斑块,后变成黄绿色,在叶脉间出现黄色斑点,其中央部分坏死,同时在叶尖、叶缘及叶脉间还出现棕色斑点,叶尖叶缘发生溃烂,并向下卷垂,最后干枯脱落,棉铃瘦小,难熟,多不能开裂,纤维质差。	老叶缺绿,叶脉间的边缘部分枯腐,叶片向下翻卷,部分叶片脱落,茎蔓较少,生长缓慢。

第三节 “5406” 菌肥

“5406”是一种细黄放线菌,把它接种在用饼肥(棉籽饼、豆饼、花生饼、菜籽饼等)拌和泥土做成的培养基上,在适宜的温度(26~32℃)、酸碱度(pH6.5~8.5)、湿度与氧气条件

下,它们会繁殖生长。把这种带菌的饼土当做肥料施用,有显著的增产效果。近年来,广大贫下中农和革命技术人员在毛主席的“备战、备荒、为人民”伟大战略方针指引下,大规模地制造和使用这种“5406”抗生素肥料,积累了丰富的经验,不论在水稻、大小麦、棉花、油菜和蔬菜等作物上施用,都有增产效果。仅湖南省常德地区,在1970年春季就堆制了1亿5千万斤,早稻使用面积达121万亩,增产15~20%。根据各地验收的50多个“5406”菌肥肥效试验的平均结果是:100斤“5406”菌肥相当于10斤左右硫酸铵的肥效。

“5406”是一种抗生素肥料,它对作物有多方面的作用。例如,它含有的酶,可使土壤中的氮素转化成为有利于作物根系吸收的状态。据测定,凡接种过“5406”菌肥的土壤,有效氮的含量能提高0.75~15倍。“5406”还能分泌植物激素,促进多种作物生根发芽,多结子实并提早成熟。例如可促使稻、麦增多分蘖,使棉苗生长粗壮,叶色绿、叶片肥大和根系增多等。“5406”菌肥的另一个增产作用,在于能分泌抗菌素,可抑制多种对作物有害的病菌。据北京市通县永乐店农场各庄大队试验,用“5406”浸种甘薯,再在移栽时用“5406”浸根,黑斑病可减少20%以上。棉籽用“5406”拌种后,棉苗的黄萎病和枯萎病害减少20%。

关于“5406”菌肥在稻田上的应用,上海郊区农民的经验是:要掌握浅水、田间管理和通气三个方面。具体措施为:(1)在使用“5406”菌肥之前,要浅水薄灌(0.5~1寸),以防菌肥流失。(2)当撒下“5406”菌肥(每亩400斤)后,要及时耘田,使水、“5406”菌肥和稻田泥拌和成泥浆,有利于“5406”放线菌在泥浆中繁殖,以转化土壤中的氮、磷物质。(3)耘田后,要配

合一次轻耨，一天即可，加强稻田通气，以利“5406”放线菌的生长繁殖。

大搞土法生产“5406”菌肥，是为了夺取粮棉增产，多快好省解决肥源的一个新途径。随着农业科学技术的发展，磷、钾细菌肥料和自生固氮菌肥等微生物肥料也正在日益发展之中。

第四节 绿 肥

凡是耕翻到土里作为肥料用的绿色植物，都叫绿肥。绿肥的种类很多，有的是野生的，象沿海各地的海藻、沿湖各地的湖草和山地的荆条、青草等。也有是栽培的，象紫云英、苕子、黄花苜蓿、蚕豆、豌豆和乌豇豆等豆科绿肥，以及荞麦、青割大麦、麻菜、水花生、水葫芦等非豆科的绿肥。

绿肥在农业生产中具有以下优点。

(一) 固定空气中的氮素，供后作物利用

豆科绿肥植物，在其根部有根瘤(图 17)，其上含固氮菌。这种菌能固定空气中游离的氮气，成为作物可吸收的有机氮化物，为豆科绿肥生长提供了氮素。所以种植豆科绿肥，只需在苗期施少量氮肥，但要早施磷肥“以磷促氮”。绿肥的地上部分翻耕到土中后，在土壤微生物的作用下，逐渐分解，为后作物提供了丰富的养分。据测定，一亩绿肥如紫



图 17 大豆根系和根瘤

云英，一般可产 5000 斤鲜草，其中约含有氮素 20 斤，相当于 40 担优质猪厩肥。

(二) 吸收土壤下层的矿质养料及难溶的磷化物， 促进土壤熟化

豆科绿肥的根系粗壮深扎，如苕子根深达 1 米，苜蓿根可深达 2 米以上，因而可将土壤下层其他作物不易吸收到的养分吸收利用起来。此外，绿肥根系对土壤中难溶的磷酸化合物有较强的吸收力，这些“难利用”的磷酸化合物，通过绿肥的吸收、利用，转化为有机磷化合物，待绿肥翻耕腐烂后，即可被后作物吸收利用。

绿肥庞大的根群深扎于土层中，当根群腐烂后，增加了深层土壤中的有机质，还留下空隙，有利通气和后作物根系的伸展，促进深层土壤的熟化。

(三) 改良低产土壤

一般绿肥，除含有 0.4~0.6% 的氮素、0.15% 的磷素和 0.3% 的钾素外，还含有 10~20% 的有机质。因此不但可使瘠土增加养分，而且还可改善土壤结构。例如，粘土中种植绿肥后，可变得疏松通气；砂土种绿肥后，可提高蓄水蓄肥的性能。如苏北滨海的盐土在连种两年耐盐的田菁绿肥后，改良效果显著。据测定，表土 0.5 厘米内的盐分从 0.3% 降至 0.13%。

(四) 防止土肥流失，消灭田间杂草

在坡地和沙荒地种植绿肥作物，由于茂盛的枝叶覆盖和

强大根系的伸展，减少了雨水和风对地面的侵蚀，防止了土肥的流失。此外，绿肥生长快、茎叶多，能很快地覆盖地面，有效地抑制杂草的生长。

随着农业生产的迅速发展，栽培好绿肥是夺取作物丰收的有力措施。由于绿肥作物含有丰富的蛋白质和维生素，因而还是优良的青饲料和蜜源植物，有利畜、副业的发展。

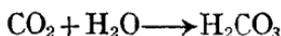
在我国农村广泛使用的人粪尿，厩肥、沤肥、堆肥、饼肥和绿肥，它们统称为有机肥料。实践证明，施用有机肥料有很大的优越性。它养分完全，肥效持久，又能促进土壤团粒结构的形成，对改良土壤理化性质、促进土壤微生物的活动都有利。有机肥分解时释放的二氧化碳，还能被根系吸收，运输到茎叶部分，补充光合作用的碳源。如果迷信化肥，而长期施用，不仅农业生产成本增高，而且还会破坏土壤结构，易使土层板结，不利作物生长，出现早衰，农产品的品质也会下降。因此，应以有机肥料为主，结合施用化肥和菌肥。

第五节 作物怎样从土壤里吸收矿质养料

作物是怎样从土壤里吸收养料的呢？我们只有了解吸收养料的生理过程，才能主动地采取一系列有效措施，使作物的根系可充分吸收到肥料，为夺取高产打下基础。

作物的根系，在土壤中分布很深。据测定，小麦的根，可长到二米深的土层中，与土壤颗粒有很大的接触表面。土壤中可供作物根系吸收的矿质元素，除了少部分溶解在土壤溶液中外，绝大部分都以离子状态被土壤颗粒吸附着。这些矿质离子有阴离子和阳离子两种。根系怎样吸收这些阴、阳离子

呢？据试验证明：根系吸收矿质离子的过程与呼吸作用有密切关系。根系在呼吸中放出的二氧化碳溶解在根系周围的土壤溶液中，成为碳酸(H_2CO_3)，碳酸在水中离解成氢离子(H^+)和碳酸氢根离子(HCO_3^-)



这两种离子随着土壤溶液而扩散到土壤颗粒表面，氢离子可与土壤颗粒表面吸附的阳离子如铵离子(NH_4^+)或钾离子(K^+)等进行等价交换，被氢离子所交换出来的 K^+ ，与留在土壤溶液中的 HCO_3^- 成对地移至根细胞表面(图18)。细

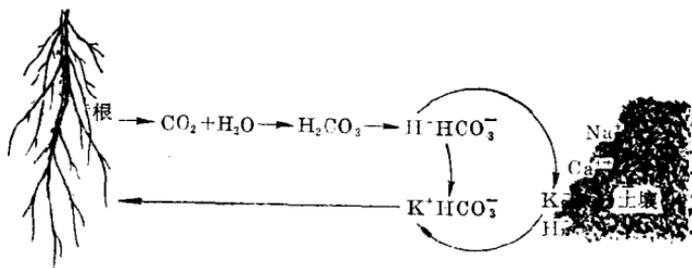


图 18 作物根部通过土壤溶液和土粒进行离子交换

胞原生的主要成分是蛋白质，蛋白质分子既有阳离子团($-\text{NH}_2^+$)，也有阴离子团($-\text{COO}^-$)；因此根细胞可以吸附阴、阳离子(如 HCO_3^- 及 H^+ 等)，例如被吸附在根细胞原生质膜上的 H^+ ，可与土壤溶液中的 NH_4^+ 或 K^+ 等再次进行离子交换。同样的情况，土壤溶液中的阴离子如 NO_3^- 、 H_2PO_4^- 等也通过上述方式与根细胞原生质膜上吸附的 HCO_3^- 进行离子交换吸收。这些被根细胞原生质所吸收来的阴、阳离子，一部分透入细胞内，参与根细胞中合成有机物质的过程；一部分则经皮层转移到中柱，进入导管，随蒸腾液流向上输送到地上

部分,如茎尖生长点、幼叶或花果等部位,参与新陈代谢过程。矿质离子的吸收和转运都要消耗呼吸作用产生的能量,这就是根系吸收矿质离子与呼吸作用有关的另一个原因。

实际上,植物根部对养分的吸收过程是非常复杂的,虽然经过许多人进行大量的试验,至今仍没有完整的理论。多数人一致认为吸收养分是个消耗能量的生理过程,因此与根系的活跃代谢有密切关系。

不同作物在同一土地上吸收养分的情况不同,因为它们的代谢类型和根系在土壤中分布的情况都不一样,所以合理的间作套种,可更充分的利用地力。

作物除了根系从土壤吸收养料以外,茎叶部分也可吸收,应用稀的化肥溶液喷洒到茎叶上给作物追肥的措施,称为根外追肥。在一定条件下,根外追肥是对作物补充营养的可靠途径,能提高作物产量和质量。同时,还可达到经济用肥和提高肥效的作用。特别在作物生育后期,根系逐渐衰老,吸收能力减弱,而开花结实和果实种子成熟时期,还需有机物质的合成、运转和积累。此时应用根外追肥,一般有较好的增产效果。

茎叶吸收养料主要通过气孔透入。此外,当茎叶表皮外的角质层在湿润时,溶液中的盐类,也可渗透入细胞内部,其过程与根系吸收矿质离子的情况相似。透入茎叶细胞中的盐类离子即可参加物质的合成。采用根外追肥措施时,必须注意下列几点,才能达到较好的效果。

(1) 严格掌握化肥配制的浓度,以免浓度过高而引起肥害,如尿素、硫铵及过磷酸钙浸出液可配 0.5~2% 溶液,而硫酸锰和硫酸锌等可配 0.03~0.05% 的溶液。

(2) 喷施时间应选在上午 9 时以前或下午 5 时以后为好, 因为这时光照较弱、气温较低, 喷洒至叶面上的溶液不易蒸发。如果在中午烈日下进行喷洒, 则溶液中的水分散失太快, 易引起肥害, 也影响养分进入气孔。

(3) 据试验证明, 一般溶液在喷后半小时到 1 小时, 可大部被叶细胞吸收, 因此如喷后 1 小时内遇雨, 易被淋失, 应选择晴天补喷。

第六节 影响根系吸收矿质养料的外因

毛主席指出: “每一事物的运动都和它的周围其他事物互相关联着和互相影响着”。作物要从土壤中顺利吸收到矿质元素, 除了施肥外, 还应采取技术措施, 改善土壤理化条件, 提高根系吸肥能力, 以充分发挥肥效。

(一) 土壤温度

土壤温度的高、低, 都会影响作物根系的生长和呼吸。冬季常因土温偏低, 使根系的呼吸作用减弱, 引起吸肥能力减弱, 影响作物生长, 如在施足基肥的油菜地里出现叶片紫红, 大小麦出现脚叶发黄的缺肥现象。所以, 对一般越冬作物, 常施河泥或焦泥灰等, 除了增加土壤肥力外, 还由于它们色泽较深, 吸收日光热量多, 有利于提高土温。

(二) 土壤水分

大部分矿质盐类必须溶解在水中呈溶液状态时, 才被根系吸收。因此, 在缺水的土壤中, 常易产生作物缺肥的现象。

俗话说“以水济肥”，即说明通过抗旱灌溉，即使不施追肥，也可促使作物生长良好。此外，如果土壤水分不足，在施入化肥以后，往往造成土壤溶液浓度过高，引起根部细胞水分外渗，甚至发生“烧苗”。这在作物苗期施肥时尤应注意。

(三)土壤空气

在土壤中水和空气是一对矛盾，连续雨天之后，土壤颗粒之间充满着水分，假如排水不畅，则会使土壤通气不良，根部呼吸减弱，从而减弱矿质养料的吸收。因此，适时中耕松土，雨后清沟排水等措施，都有利改善土壤的通透性。

(四)土壤的酸碱度

土壤酸碱度对作物养分的吸收，有多方面的影响，主要是矿质盐的溶解度随土壤酸碱情况不同而不同。如在碱性溶液中，铁易成为氢氧化铁 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 或三氧化二铁 (Fe_2O_3) ，它们是不溶于水的。所以生长在碱性土壤中的作物，容易发生缺铁的病症。但在强酸性的土壤中，却因铁、铝等金属离子溶解过多造成作物中毒。大多数作物适宜栽种在中性的土壤中。但不同作物生长的最适酸碱度是不同的，例如稻、大小麦、玉米、大豆和紫云英等都适于 $\text{pH}6\sim7$ 的土壤，花生、甘薯和烟草等适于 $\text{pH}5\sim6$ 的土壤，棉花适于偏碱的土壤，在 $\text{pH}6\sim8$ 的土壤中都可生长，马铃薯则喜偏酸的土壤，在 $\text{pH}4.8\sim5.4$ 的土壤中，可良好生长。这些可供栽种作物选择田块时考虑。

此外，作物在土壤中生长也会影响酸碱度的改变，一是由于作物根系在代谢过程中，能分泌出一些有机酸，有时也可借

此溶解土壤中难溶解的矿质盐类；二是作物根部从土壤中吸收阴、阳离子的强度不一致，也会影响土壤的酸碱度。如施入硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 化肥时，在土壤中离解成 NH_4^+ 和 SO_4^{2-} ，由于作物根系选择性地吸收 NH_4^+ 而交换出 H^+ ，使土壤逐渐变酸性，因而这种肥料也叫做生理酸性肥料；反之，当施用硝酸钠 (NaNO_3) 时，作物根系吸收 NO_3^- 多于 Na^+ ，残留在土壤中的钠离子 (Na^+) 易与水中的羟基 (OH^-) 结合，形成氢氧化钠 (NaOH) ，使土壤碱性增强，这种肥料称为生理碱性肥料。因此在施肥时，必须全面考虑土壤的酸碱度和作物吸收的生理过程，才能获得良好的效果。

第七节 合理施肥的生理基础

“春天肥满坑，秋后粮满仓”，农谚强调了肥料对于作物增产的关系。肥多是增产的重要因素，但决不是唯一因素，还要合理施用，才能充分发挥肥料增产的作用。毛主席指出：“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决。”我们必须根据不同耕地的土壤条件、不同作物生长发育的特性以及同一作物不同生育期对养料的要求等因素，来确定施肥原则，订出合理的施肥措施。

上海金山县金卫公社八二大队是上海郊区粮食连续十七年高产、稳产的一个先进单位。他们深切体会到要夺取高产，必须按照作物的需肥规律，把肥料施在刀口上，虽然施肥量不多，也能发挥增产作用。例如第二生产队在早稻田里总施肥量70担（折合猪厩肥），掌握“基肥足，追肥前重后轻”的施肥原则，既保证了分蘖一次发足，又使中期生长稳健，后期青秆黄

熟，亩产达到 900 多斤；而另一生产队总施肥量虽比第二队增加 10 担，但追肥情况恰巧相反，前轻后重，结果造成苗嫩披叶，中期猛发，病害严重，亩产 800 多斤。可见，巧施肥料十分重要。

具体的说，要使稻、麦高产，必须通过实践和分析，探索稻、麦的生长发育规律，采取各项栽培措施，达到穗多、穗大和粒重的目的。如上海县马桥公社俞塘大队和上海市金山县八二大队等单位，他们夺取水稻高产的手段，在施肥方面都是掌握“攻头、抓尾、控中间”的原则。“攻头”就是“基肥足，追肥速，促使早发，争取多穗。”一般情况下，以草塘泥等有机肥料作基肥，因其肥效长而稳，养分逐渐分解，所以能满足水稻各生育阶段的需要。“追肥速”是指在秧苗二叶期和插秧后 4~5 天就施化肥，这样不仅促使秧壮、插后返青快、分蘖早，而且提早转入分蘖盛期，争取有效分蘖数增多，达到穗多增产的目的。“控中间”是指水稻幼穗开始分化后，就要控制施肥量。此时正是营养生长转入生殖生长阶段，茎叶生长渐渐缓慢，部分光合产物要转运到幼穗中去，应看苗适施穗肥，才能既保证幼穗分化所需养料，又可巩固有效分蘖，促使穗大粒多。假如施肥量过多，会使营养生长过旺，大部分光合产物用于茎叶的生长，影响幼穗的分化，就难以达到穗大粒多。“抓尾”是指水稻抽穗后，看苗巧施粒肥，有利穗大粒重。因在抽穗灌浆期间，稻株生长已趋停顿，此时叶片内制造的光合产物和茎秆、叶鞘中贮藏的营养物质都集中运输到种子。试验证明，稻、麦种子内干物质的 2/3 是来源于抽穗后叶片的光合产物，所以抽穗后巧施粒肥以促进光合作用，是提高结实粒数和增加粒重的关键。如果此时缺肥，就会明显影响稻株长势，叶片提早落黄，

光合面积减少,不能满足种子灌浆的需要,造成空秕。但也应注意掌握“宁少勿多”的原则,否则会发生贪青迟熟,甚至发生倒伏,也难以获得高产。

棉花、油菜作物的生长发育特性与稻、麦的最大不同点在于:它们的营养生长与生殖生长同时并进的时期较长,在开花结铃或结荚以后,枝叶仍继续生长,所以还应根据植株生长情况,给予合理追肥,使其营养生长和生殖生长得以协调进行,夺取高产。

毛主席指出:“人类的历史,就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。”棉区广大贫下中农就在栽植棉花的实践过程中,不断认识棉花的生长发育规律,总结出一套合理施肥的经验,配合其他有关措施,促控结合,使肥水协调,获得稳产、高产的。例如上海市南汇县泥城公社连续几年来获得大面积高产,他们的施肥经验是:(1)追施提苗肥;(2)稳施蕾肥;(3)看苗适施花铃肥。

棉苗出土以后,种子内贮藏的养分已大部分消耗掉,但当时气温、土温都较低,基肥还没有完全分解,土壤中可供吸收的养料少,必需追施适量速效化肥,保证棉苗正常生长。但因苗小需肥量不多,所以采用“少吃多餐”的办法较好。这样,既可促进壮苗早发,又可避免肥料积存过多引起蕾期疯长。

棉株进入蕾期后,它的营养生长和生殖生长的矛盾逐渐激化,因此稳施蕾肥是关键措施,可促使蕾期营养生长和生殖生长的矛盾向有利于高产方面转化。在具体掌握上,对土质肥、基肥足、长势旺的棉花,可不施氮肥。对土质瘦、基肥不足、棉苗弱的田块,要适施速效性氮肥。但此时正逢梅雨季节,气温较高,土壤水分充足,必须注意控制蕾肥施量,达到稳

长的要求。

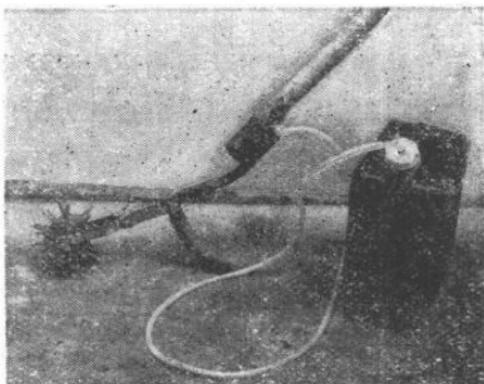
为了满足花铃期对肥料的大量需要，泥城公社的贫下中农在蕾期就把有机肥料施入棉田，群众称为“当家肥”。由于这次肥料用量大、养分较全、肥效长、性子稳，并混有过磷酸钙，能源源不断地供应枝叶生长和开花结铃的需要，所以对促进花铃期旺盛生长有重要作用。

至于花铃肥的施用量，必须通过看天、看地、看苗，从实际情况出发，有很大的机动性和主动权，以既能达到“促”的目的，又能收到“控”的效果。例如对土质较瘦、“当家肥”较少、在花铃期棉株生长不旺的棉田，应适时增施一些速效氮素化肥，以促进枝叶生长正常，扩大光合面积，积累较多的营养物质，供给开花结铃的需要。

合理施肥不仅要针对不同作物的不同生育期掌握施肥量，而且在施肥方法上也必须强调合理。例如硫酸铵、氨水和尿素等化肥采用表层撒施作稻田追肥时，只有30~50%被水稻吸收利用，而其余的却都被挥发损失掉了，这是很大的浪费。

湖南农学院土肥组同志，于1972年在长沙、衡山、益阳等地，与当地贫下中农一起搞化肥深施的试验，先后进行了50多个田间对比试验和五千多亩的示范。结果证明，化肥深施的比表层撒施的平均增产稻谷一成以上，特别是碱性稻田增产达三成以上。

上海市南汇县农科所也曾于1972和1973两年在早、晚稻方面进行氨水深施的试验，证明深施后，既减少氨的挥发，提高肥效，避免烧苗，而且有利于稻苗根系的发育，促进早发。据早稻插秧后10天调查，氨水深施的平均每穴新根数为72.8



犁耕式自流深施器

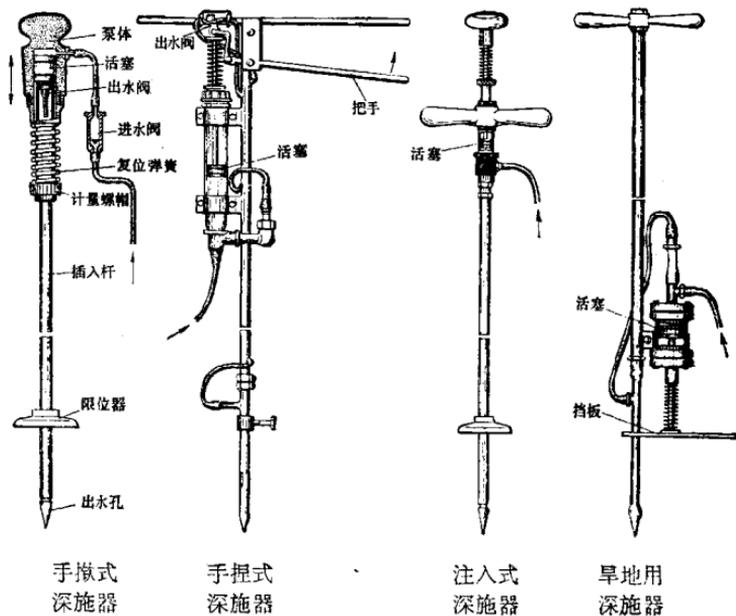


图 19 各式深施器

条,比面施的增多 12.6 条;长势较好,苗高、叶色深绿、分蘖多,比面施的分蘖增多 10~20%。从产量结果表明,不论早稻或晚稻,氨水深施作基肥的增产效果,都较明显。平均每亩比面施的增产 105~109 斤。

化肥深施增产的原因有下列三点:

1. 减少氮素的挥发流失,减轻土壤对磷素的固定,以及杂草对肥料的消耗,从而提高了作物对肥料的利用率。

2. 肥效持久,一般面施的只能维持 15~20 天,而深施的可持续 50~60 天,促使稻苗生长稳健。

3. 深施化肥可与有机肥料混合后同时施用,有利提高肥效。

化肥深施作稻田基肥的方法是:在施用猪厩肥、草塘泥的基础上,将化肥撒到田里,边撒边耙,使肥料翻入 2~3 寸深的土层后,立即灌水,然后再插秧。如施氨水,可以 1:50 的比例稀释后泼浇。浇后放水泡田,立即耕翻。目前由于氨水深施的广泛推广,上海郊县贫下中农和供销部门试制了多种氨水深施器(图 19),在生产中受到普遍欢迎。

第四章 作物与水

毛主席关于“水利是农业的命脉”的教导，充分说明了水在农业生产中的重要意义。水对作物的生长发育和高产优质有密切关系。根据作物生长发育过程中的需水情况，给予合理灌溉是十分重要的。

解放后，党和毛主席一直非常关心农田水利事业，二十多年来，在毛主席革命路线的指引下，全国各地农村大兴水利，旱涝保收的耕地面积不断增多。水利建设的迅速发展，加上其他增产措施，是全国农业生产形势大好，粮食、棉花和油料等主要作物的产量不断提高的重要因素。

第一节 水对植物生活的重要性

在植物的一生中都离不开水，没有水的供应，它的生长发育就将趋向停顿，甚至带来死亡。水在植物体内所起的生理作用可归纳如下。

(一)水是植物体的必要组成部分

植物体内含有大量的水，一般植物的含水量约占鲜重的75~80%，象黄芽菜、青菜等含水量可高达90%以上。以同一株植物而言，幼嫩的、生长旺盛的器官含水量较高，随着器

官的衰老,新陈代谢的减弱,含水量也相应降低。休眠种子的含水量最少,只占干重的10~12%。由此可见,水对植物生命活动有非常密切的关系。

植物细胞和组织含有一定量的水分,使这些细胞和组织保持紧张状态。这对于一般草本植物(如稻、麦、玉米、甘薯、棉花等)尤其重要。因为细胞和器官只有在含水充足的情况下,才能保持植株的挺立状态,使叶片伸展在空气中,有利于接受阳光,并与周围环境交换气体,进行正常的生理活动。假如植物缺水,茎叶细胞失去紧张状态而发生萎蔫现象,内部代谢过程就会不同程度的发生偏差和扰乱,严重时,一切生理活动趋于停顿。

(二)水是植物制造有机物质的原料

水是光合作用的原料之一,光合产物不仅是绿色植物本身生长发育的物质和能量基础,也是作物高产的物质基础。水在这方面对作物所起的作用,与氮素、矿质营养和二氧化碳同样重要。

(三)水是植物体内的主要溶剂

施到大田中的肥料,都必须先溶解在水中成为土壤溶液,然后才能被植物的根吸收送到其他部分。作为光合作用原料的二氧化碳,也必须先溶解在水中,成为碳酸再渗入叶肉细胞的。叶片中制造的有机物质运输到其他器官,也都是以水溶液状态进行输送的。如果植物体内缺水,就会阻碍上下物质的运输,影响植物正常生长。

(四)水是参与植物体内一切生化反应的介质

植物体内进行的生化反应，都以水作为介质的。例如种子发芽时，种子内贮藏的淀粉、蛋白质等有机物质，必须在有充足水分时，才能依赖酶的催化作用，水解成为糖和氨基酸等简单的化合物，供幼根、幼芽生长之用。又如呼吸作用，也必须要有水的参与。

存在于植物体内的水，一般分为自由水和结合水两类。自由水是指在细胞内能够自由流动的水，这些水在 0°C 结冰。结合水是指被细胞内原生质胶体等有机物质吸附着的水分，一般不能流动，所以又称“束缚水”。它必须在低于 0°C 的低温下才能结冰。鉴于自由水和结合水各有其不同的特性，因此，它们在植物生命活动中的意义也就不同。自由水含量的多少直接影响生理过程的活动强度，通常说某一器官或植株的含水量，主要指自由水含量。结合水含量的多少则决定着植物对不良环境的抵抗力。在干旱条件下，当植物体内含水量减少时，如结合水相对含量增多，植物组织的保水力提高，就可保持原生质的正常结构，从而减轻旱害；在低温条件下，因结合水的冰点较自由水低，所以植物体内结合水含量增多时，就有助于抗寒力的提高，避免冻害。

水分对植物的生活起着多方面的影响。在农业生产上供水充足与否，直接影响着作物的生长发育，一般称为“生理需水”。但是水分除了直接作用于植物的生理过程外，还影响作物的生态环境，一般称为“生态需水”，例如调节土壤温度，影响肥料的分解，改善田间小气候等等。有丰富实践经验的贫下中农，经常利用水分作为控制作物生态条件的工具，为作物

创造丰产的环境条件,间接地对作物发生有利影响。

土壤水分的多少会影响地温的变化,因为水的比热大,湿润的土壤,其温度变化比较缓和。如北方麦田的冬灌有防冻的作用,有利麦苗安全越冬。南方早稻田的灌水增温与此情况相似,而晚稻生育前期则需灌深水或采用灌“跑马水”等措施,这样有降低稻田土温的效果。

农业生产上的合理用水,既要满足作物“生理需水”的要求,又要考虑到作物“生态需水”的要求。

第二节 水分的吸收和传导

根是植物吸收水分的主要器官。作物的根系在土壤的耕作层里分布得很深很广,往往伸展得等于或大于地上部分。这对于吸取足够的水分,补偿枝叶蒸腾的损失,以维持植株水分平衡是极为重要的。一般旱地作物的根系比水稻发达。小麦根系可入土 90~150 厘米(图 20),豌豆、马铃薯等的根系也可深至 150 厘米上下,水稻的根系约为 100 厘米上下。

根系吸水最多和最活跃的是根的幼嫩部位,特别是根尖的根毛区。根毛是表皮细胞向外突出而形成的,它与土壤颗粒紧密粘结,因此如果从土壤中拔起



图 20 小麦的须根系

作物时，根毛很易拉断。我们把小麦种子放在湿润的培养皿中发芽，就可清楚地看到幼根尖端有白绒毛状的根毛。由于根毛的形成，显著增大了根的吸收表面，而且根毛数量很多，据统计：在一平方毫米的豌豆根上，有 230 条根毛；玉米有 420 条。有人生动地把根毛比喻为作物的“微型水泵”是相当确切的。作物通过根毛细胞，在土壤中不停地吸收水分，保证了生命活动的需要。因此，如果在移栽幼苗时带土太少，损伤细根和根毛较多，往往影响成活率。在无产阶级文化大革命中，浙江省广大贫下中农创造的“水稻小苗带土移栽”技术，使移栽后秧苗不会落黄的原因即在此。

(一)水分吸收和上升的动力

根系除了从土壤吸收水分外，还能将水分横向运到根内部，并沿着茎干向上传导到植物的叶片、茎尖等各个部分。这种促使根系吸水 and 水分上升的原动力是什么？一般认为有根压和蒸腾拉力两种。

1. 根压

依靠根系吸水并使水分向上传导的现象，是人们早在生产实践中就察觉到的。例如在春末夏初晴天的清晨，可以看到稻叶尖端上挂着一滴滴透亮的水珠，农民称为“吊露水”。这些水珠并不真是露水，而是由于气温较高、湿度较大时，稻株内多余的水分即以水珠状态从叶尖的水孔排出，所以又称“吐水现象”(图 21)。有的作物水孔分布在叶尖，如稻、麦、玉米等，有的作物分布在叶缘，如油菜、番茄等。试验证明，只有在土壤含水量适当、通透性良好、地温适中、根系生理活性强和吸水量大的情况下，幼苗才产生吐水现象。所以贫下中农把



图 21 水稻、油菜叶的吐水现象

“吊露水”的稻苗或油菜秧作为壮苗的一个标志。

植物根系从土壤里吸收水分，还把水分向上压送传导到地上部分各个器官，这种推动力量称为“根压”。根压的产生是根系积极进行新陈代谢的结果。如南瓜藤或向日葵茎在离地面 2~3 寸处切断，就可发现有较多的清液从切口处分泌出来，这在清晨或傍晚时特别明显，称为“伤流现象”。这一现象证明了有根压的存在。因此在进行根系生理研究时，人们常以伤流量的测定或伤流液化学成分的分析等，来了解某一栽培措施对作物根系生活力的影响。

2. 蒸腾拉力

蒸腾作用是植物体内的水分以气体状态散失到环境中去的一个生理过程。由于植物叶片的蒸腾作用，引起叶肉细胞缺

水,随之细胞液浓度增大增强吸水力,就向叶脉吸水。叶脉、叶柄和茎干的导管相连,茎与根中的导管也是相连的,所以植物体内的水分构成一个连续不断的“水柱”。当叶肉细胞吸去叶脉

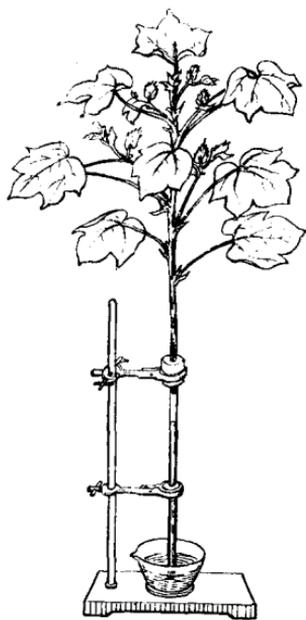


图 22 蒸腾拉力示意图

中的水分后,茎内导管中的水分就被吸引到叶脉中去补充,依此直连到根毛细胞,使根部导管中的水分不断上升。这种由于蒸腾作用而拉引根部水分向上传导的力量称为蒸腾拉力。如将一株棉花去掉根部,把它固定在一段玻璃管上,玻璃管的下面放一只水钵,随着叶片的蒸腾作用,水钵里的水会吸到玻璃管里(图 22)。这是植物特别是高大的树木吸收和传导水分的主要动力。茎叶蒸腾作用愈强,产生的蒸腾拉力愈大,促使根部吸水和使水分上升的力量也愈大。

总之,水分被植物吸收和在植物体内的上升,依靠根压和蒸腾拉力两个原动力。在不同气候条件和作物的不同生育期,二者所占的比重是不同的。在春暖炎夏季节,作物茎叶生长旺盛期,白天蒸腾失水量大,蒸腾拉力是主要动力;而在作物苗期,因叶片较少,遇气温高、湿度较大的情况,蒸腾作用减弱,根压才起主要作用。

(二) 根系的吸水过程

根系怎样从土壤中吸取水分，这还得从根细胞的结构和性能谈起。作物根的幼嫩部分是由许多薄壁细胞组成的，其内包含着原生质、细胞核和液泡等。细胞壁是细胞的“骨架”，主要由纤维素构成，纤维素之间存在许多细微的孔隙，可使任何物质的分子透过；原生质膜的组成较为复杂，具有选择透性，也就是说，除水分子容易透过，有些溶质的分子或离子能透过的外，有些溶质的分子或离子则不易透过或不能透过。液泡中的细胞液溶解了糖类、盐类和有机酸等各种物质，是个有一定浓度的水溶液，具有一定的渗透压。因此，根细胞就象一个微小的渗透器，当与土壤溶液接触时，就会发生渗透作用，从土壤溶液中吸取水分。

在一般情况下，根毛细胞内含有较高浓度的细胞液，而土壤溶液的浓度则较低，根据渗透原理，水分子从稀溶液一侧向浓溶液一侧移动，所以根毛细胞可以顺利地 from 湿润的土壤中吸收水分。当根毛细胞中细胞液浓度愈高时，它的吸水力愈大，吸取的水分就愈多。因水分被大量吸入根毛细胞，细胞液的浓度逐渐变稀，吸水力也随之降低。当根毛细胞内的水分传导到根的内部，并向上输送到地上部后，它的细胞液浓度又增高，从而又产生了较大的吸水力。因此我们很易理解植物体内的水分是处于运动状态的。同时在细胞吸足水分后，其中液泡体积增大，向原生质和细胞壁施加压力，造成细胞壁向外扩张，这时细胞处在紧张状态，细胞的紧张状态是维持植株正常姿态的重要因素。这个情况很象我们给篮球打气，在内胆气不足时篮球很软，甚至球壳也有凹陷，但在打足气后，内胆体

积增大并产生压力,使球壳逐渐变硬,最后达到紧张状态。

假如在土壤中施入过量的硫酸铵等化学肥料,那末土壤溶液的浓度骤然增高,造成土壤溶液的渗透压高于根毛细胞

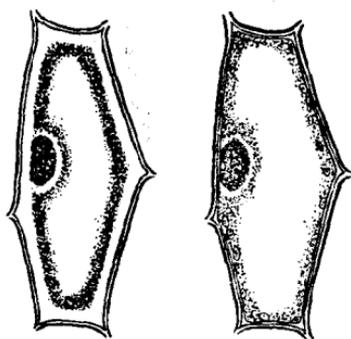


图 23 细胞质壁分离现象(左)
(右图为正常植物细胞)

液的渗透压,根毛细胞非但不能从土壤吸取水分,反而使液泡内的水分向外渗透,导致植物严重失水而枯萎。根细胞因失水而使液泡体积缩小,原生质也随液泡而发生收缩,但细胞壁仍维持一定的硬度,因此最后造成原生质与细胞壁分离的现象

(图 23),如果分离的时间过长,细胞不能恢复原状,即引起死亡。所以在施化肥或喷农药时,必须严格掌握浓度,以免引起烧苗和药害现象。

(三)影响根系吸水的外因

根系吸收水分虽与渗透作用有密切关系,但仍然是与新陈代谢有关的生理过程。例如水分向上传导还要靠呼吸作用释放的能量来维持根压,根毛细胞能向土壤吸水,也要依赖根毛细胞活跃的代谢作用,使它在细胞液中积累较多的代谢产物,维持一定的渗透压,才能产生较大的吸水力。所以根的生长和吸水吸肥等生理过程的进行,都与呼吸作用有关,作物地上部分光合产物运到根部的量多,就为根的生长和生理活动提供物质与能量基础。

此外,根系吸水过程受土壤条件的影响很大,主要有下列

三方面:

1. 土壤含水量 土壤如果含水量太少,可供作物根系吸收的水分自然减少,但作物的枝叶仍然进行蒸腾失水,这样时间长了,就会造成植株缺水发生萎蔫现象。由于发生萎蔫的原因不同,可分永久萎蔫和暂时萎蔫两类。上述情况就属永久萎蔫的类型,主要由于长期的大气干旱和土壤中缺少植物能利用的水分,引起吸收与蒸腾失去平衡,这对植株的生长发育影响很大,只有及时灌溉才能缓和这种不良后果。所谓暂时萎蔫是在这样的情况下发生的,夏季炎热的中午,由于气温高、空气相对湿度小,虽然土壤中不缺水,但因植物的蒸腾强烈,根系吸水速度赶不上蒸腾失水的速度,引起植物体内缺水而呈现萎蔫现象。到傍晚由于气温降低,空气相对湿度增大,植株蒸腾减弱,未经灌水,植物也可恢复原状。

2. 土壤温度 土温对根系吸水的影响是很明显的。在根系适应的温度范围之内,土温高,呼吸作用顺利,随之吸水量也就增多。但不同作物对土温的适应性不一样,例如棉花、黄瓜等夏季作物对低温极为敏感,如土温降到 $17\sim 20^{\circ}\text{C}$,棉苗就会因呼吸减弱引起吸水量减少,补偿不了叶片的蒸腾量而发生萎蔫现象。低温对油菜、小麦等越冬作物的影响则较小,这是它们长期适应环境的结果。

低温除了影响根系呼吸作用之外,还使根细胞原生质粘性增大,渗透作用降低,吸水速度减慢。因此,有丰富生产经验的菜农,一般不在中午用冷水浇菜,而到傍晚利用晒热的池塘水浇,就是避免降低土温减弱根系呼吸,而影响吸水,引起蔬菜失水。

3. 土壤通气状况 当土壤通气性不良、二氧化碳增多、

氧气不足时，作物根系的呼吸就受阻，从而也影响吸水过程，因此即使栽种水稻也要适时烤田。在南方多雨地区，对旱作物更应做到雨后清沟排除积水。上海青浦县徐泾公社徐泾八队，三麦平均亩产高达 800 斤，其丰产栽培措施中的一条，就是深挖排水沟。从播种开始直到收割为止，都很重视雨后清沟，降低地下水位，加强土壤通透性促使麦根深扎，长势良好，对夺取高产起重要作用。“三麦丰产一条沟”，就是当地贫下中农对上述情况的生动总结。

第三节 植物体内水分的散失

植物靠根系从土壤中吸收进来的水分，绝大部分又通过枝叶的蒸腾作用散失到大气中去。植物由蒸腾而散失的水量是很惊人的，一株玉米或向日葵从出苗到结实的一生中，大约需要消耗 400 市斤以上的水分。有人曾精确地为一株玉米计算过用水帐：

作为组成成分的水量	1872 克
用作反应剂的水量	250 克
蒸腾耗水	202106 克
<hr/>	
生长期中总用水量	204228 克

由此可见，植物吸入体内的水分，只有 1% 是真正用于各种生理过程和保留在植物体内的，而 99% 的水分却被蒸腾消耗掉。从表面现象看来，植物的吸水似乎完全为了蒸腾，蒸腾成了植物的负担。其实不然。仔细研究一下植物各个生理过程之间的相互关系，你就会得出这个结论：“蒸腾作用是植物为

了进行光合作用而被迫付出的代价”。植物的叶子一般长得又多又薄，伸展在空气中，与空气有很大的接触面，这对于吸收二氧化碳气体和接受阳光是有利的，但是不可避免地要大量散失水分，同时在阳光的照射下，叶片温度增高，促进了叶组织内水分子的汽化，加强了蒸腾失水。如果不是植物根部不断吸水来补偿，叶片在短时间内就很快干枯了。干瘪的叶子不仅不能进行光合作用合成有机物质，相反，在灼热的阳光下，植株细胞内原生质发生凝固变性，引起灼伤死亡。所以只有通过蒸腾作用散失热量（和我们夏天出汗情况相似），才能避免高温危害，保持稳定的体温，使生理活动顺利地進行。此外，根系吸收来的矿质盐类也随蒸腾液流而传导分布到茎叶的各个部分。

水分的吸收和蒸腾是同一植物体内矛盾着的两个方面，它们之间既有相互联系、依存的一面，又有相互对立、斗争的一面。水分的吸收是蒸腾作用的基础；而蒸腾作用却又是根系吸水的主要动力。

第四节 作物的“需水量”

需水量就是指作物每生产一个单位的干物质所消耗的水量，也称“蒸腾系数”。例如水稻的需水量一般约为400~700，就是说，生产一斤干物质的话，需要消耗400~700斤水。通常以作物生产1克干物质所需水量来表示。

需水量是怎样计算的呢？就是把作物在某一定生育期内的耗水量，除以同一期间内生产的干物质量，即得出这一期间内的需水量。

$$\text{需水量} = \frac{\text{水分的消耗量}}{\text{干物质生产量}}$$

(一)影响需水量的因素

1. 作物种类 不同种类的作物,因其对水分的利用效率不同,需水量有很大差异。有人在同一地区测定不同作物的需水量如下:

作物	需水量(克)
南 瓜	834
豌 豆	788
棉 花	646
大 麦	534
小 麦	513
玉 米	368
高 粱	322
小 米	310

(各品种平均值)

从上表说明,作物中南瓜、豌豆和棉花等需水量都较大,要使这些作物获得高产,必须重视灌溉,充分满足其需要。而小米、高粱和玉米等的需水量最少,因而较能耐旱。丘陵山地灌水不便或华北地区常有春旱,往往多栽植这类作物,仍可得到丰收。当然,同一作物不同品种之间,需水量也有差异。

2. 不同生长发育时期 一般作物在苗期需水量最高,随着生长的进行,生产干物质的能力增强,水分利用效率提高,因此需水量逐渐下降,到形成生殖器官时期,需水量达到最小

值,到作物生育后期又略为增大。必须指出,在作物生殖器官形成阶段是它一生中水分消耗量最大的时期,但因此时生产干物质的能力也达最大,所以此时期的水分利用效率最高,而需水量最小。

3. 气候条件 气温增高,天气干燥时,促进蒸腾失水,而对干物质的积累关系较小,所以需水量增大。另一方面,各种作物都有一定的生长适温,在适温范围内,光合作用积累干物质质量增多,需水量较小,例如水稻、棉花和玉米等喜温作物,在较温暖的气温条件下,需水量小,而麦类等秋播作物的情况则相反。同种作物因栽培地区的大气湿度情况不同,需水量也有差异,如我国北方水稻的需水量常大于南方。

4. 土壤肥水条件 一般旱地作物对土壤湿度有一最适的范围。与气温一样,在最适范围内,水分利用效率高,需水量小,过干或过湿则都使需水量增大。因此,及时灌溉或清沟排水都可提高水分利用效率,达到经济用水的目的。土壤肥力水平高,也使作物对水分利用效率提高,需水量下降。

(二)作物需水量与产量的关系

田间实际耗水量,在农业上有时也称为需水量,其实这与上节提到的作物需水量,含义是不同的。它除了作物蒸腾散失的水分外,还包括棵间土壤的蒸发与渗漏。为此,在对作物进行合理灌溉时,我们应以不同作物或同种作物不同生育期田间耗水量的大小为依据。例如,一般作物在苗期和生育后期的耗水量较小,而在生育中期,因叶面积增大,代谢旺盛,耗水量就明显增大。

虽然水分对于作物的产量有一定的关系,但这并不意味着

着增加水分供应,就可提高作物产量。实践证明,随着农业技术水平的提高,产量不断增加,作物蒸腾耗水量虽也有所增加,但与产量的增加不成正比,从作物的需水量计算反而是下降的。这启发我们,合理的栽培措施,不但可促使单位面积产量的提高,同时还具有经济用水的意义。

第五节 合理排灌的生理基础

合理排灌的关键,在于主动处理好作物根系与茎叶、营养生长与生殖生长、个体与群体结构等矛盾。

以水稻为例,根据江浙两省水稻高产单位的经验总结,一致认为抓好水浆管理是高产的重要方面。

现将浙江武义县农业局水稻田间管理总结中的有关资料,说明如下:

从早稻插秧到分蘖盛期这段期间,为使稻苗茎叶长得茁壮,首先要稻根生长良好。插秧后头几天要灌寸水活苗,以后保持浅灌勤灌;遇晴天适当露田轻搁。浅灌和轻搁有利于水温和土温的提高(据测定:浅灌比深灌的水温可提高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$,露田轻搁可使土温提高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$)。勤灌的作用在于新鲜活水中含氧充足,轻搁也有增加稻田中氧气的效果。由于细胞的分裂和长大都与温度、供氧情况有密切关系,因此上述措施对促进新根生长和低位分蘖都有显著作用。

当进入分蘖盛期,稻株已达到足够苗数时,就可进行烤田,烤田就是重搁田,它有以下三个作用:①增加土壤中氧气,促使主茎和分蘖的根系生长、深扎,提高分蘖成穗率。②“水是肥的总开关”,减少土壤含水量,可抑制水稻对养分的吸收,

从而控制后期无效分蘖，使稻株内有机营养物质集中于有效分蘖的生长。③降低稻丛间湿度，防止茎叶徒长，避免倒伏，抑制病害。因此，适时烤田是前期管理的关键。

上海马桥公社俞塘大队的贫下中农将烤田后早稻的长相生动地概括为：“风吹稻叶响，叶挺刺手掌，叶短稻骨（茎秆）壮，表土白根旺。”

烤田以后，早稻进入生殖生长时期，即幼穗分化到齐穗这段时期为水稻一生中的中期，其明显特征是：茎秆伸长和稻穗分化形成。因此，肥水供应充足与否对稻穗的大小和成穗率的高低都起决定性作用。在管理上，应促使茎秆粗壮，争取大穗，既要防止脱水脱肥，又要避免肥水过多引起徒长和无效分蘖。

在幼穗发育时期，正值气温高而稻株生长旺盛时期，如果在孕穗期受旱，就显著影响颖花（水稻花）发育而增加空秕粒，但也不宜长期灌水，以免通气不良，影响根系生理活动。为解决这一矛盾，可采取灌一次水（1寸左右），让它自然落干后再灌的办法。

从齐穗到灌浆成熟，后期的管理重点是争取粒重和提高结实率。这一阶段应做好水的管理，使抽穗前后干干湿湿，灌浆时田土湿润，以“湿”为主，达到以水调肥，以气养根，以增强这阶段的光合同化能力。

早稻灌浆成熟时，正处高温季节，耗水量大。此期一亩稻田一天中通过叶面蒸腾的水量达30~50担，如供水充足，可以水调肥，使叶片功能期延长，光合作用增强，光合产物运输顺利，防止早衰枯熟，对增加粒重有密切关系。据上海金山县八二大队在同一块稻田中测定：收割时，若每株有2张叶片绿

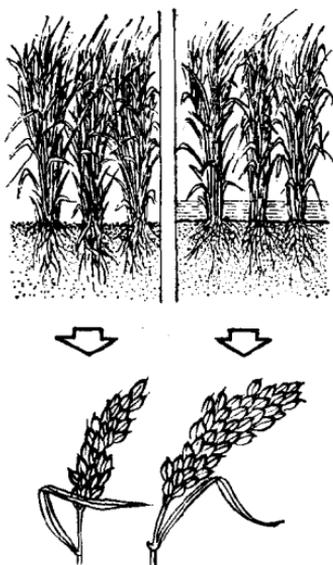


图 24 水稻抽穗到成熟
水分供应不足或断水过早，谷粒
不饱满(左图)
做好水的管理，谷粒饱满(右图)

中带黄，则千粒重为 26 克，1 张叶片绿中带黄，千粒重为 25 克，而全株枯黄的，千粒重只有 21 克。

如成熟后期供水不足或断水过早，就易影响顺利灌浆，使籽粒不饱满(图 24)。

总之，对水稻来说，稻田含水量较多，空气就相对较少，根系因氧不足而发育不好，茎叶也就不会健壮。如长期保持水层，好气细菌活动受到限制，影响肥料分解，甚至嫌气细菌活动旺盛，则不仅使有效养分转变成无效养分，而且产生大量有毒物质，使稻根变黑，以致死

亡。贫下中农说“白根有劲，黄根有病，黑根送命。”就是这个道理。

由此看来，土壤中水与气是相互消长的，水对肥也存在促控作用。因此在水、气、肥之间的矛盾中，水是矛盾的主要方面。要使这些矛盾得到统一，就需要一定的条件。这个条件就是根据水稻生长发育的需要，进行合理灌排。通过以水调气、以水促肥和以水控肥等手段，可以达到穗多、粒多、粒重，增加产量的目的。

对一般旱作例如小麦来说，在肥力水平较高和灌溉方便的情况下，冬前和春季分蘖增多，麦苗生长旺盛。如果肥水措

施不当, 促的过头, 无效分蘖增多, 造成田间郁闭, 光照不足, 致使茎秆伸长过快而头重脚轻, 就会倒伏。据山东德州土肥研究所(驻陵县高家大队基点)测定, 当气温达 10°C 以上, 在高肥水平、土壤水充足的情况下, 茎叶繁茂, 节间延长很快, 特别是下部第一、二节过度延长, 茎秆变细, 秆壁变薄, 这是造成倒伏的主要原因。倒伏小麦茎秆的第一节, 一般都超过 10 厘米, 第二节都在 20 厘米以上, 而不倒伏的第一节不到 10 厘米, 第二节才 16 厘米左右。另外在茎秆粗度、秆壁厚度、穗粒数和千粒重等方面, 也都有明显差别(图 25)。

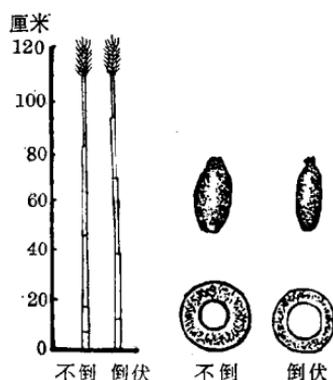


图 25 倒伏与不倒伏小麦的节间长度、麦秆横断面和麦粒的比较

蹲苗是北方小麦的丰产栽培措施之一, 是指浇返青水后, 推迟浇拔节水时间, 使麦田适

当干旱。从返青水到拔节水这一阶段, 是小麦的蹲苗期。北方麦苗倒伏的主要因素往往不是种得密和施肥多, 而是春节拔节水浇得过早, 没有蹲住苗的缘故。1973 年山东陵县高家大队 520 亩麦田, 在拔节期进行 30 多天的蹲苗, 对控制节间伸长、促使麦秆粗壮、提高产量, 有显著效果, 亩产高达 800 多斤。

据调查, 蹲苗期间 0~20 厘米土层里的水分已降到 8% 左右, 地面发干有裂缝; 20~40 厘米土壤水分为 12% 左右, 40~60 厘米为 16% 左右。表层水分虽然少一些, 但下层含水量还是较充足的。这样上干下湿, 不仅使麦苗茎叶生长缓慢, 麦棵墩实, 同时抑制了麦根集中在表土生长。这是因为作物的

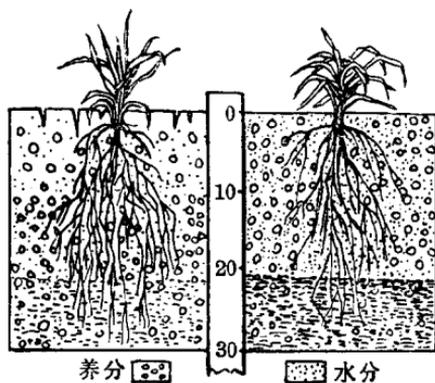


图 26 蹲苗(左)与不蹲苗(右)的土壤水分与养分状况

根系具有向水生长的特性,所以蹲苗以后,可促使麦根深扎,对防倒积积极作用(图 26)。

又如在棉花的一生中,主要也是靠灌水的迟早和多少来防止棉株疯长的。根据陕西省农林科学院武功县永召大队植棉组试验总结证明,蕾期延迟浇水,对防

止疯长,增加成桃数起重要作用。

据 1971 年试验,在各种管理措施相同条件下,在 7 月上旬正值现蕾盛期时浇头水的,单株成桃 14 个,7 月 20 日后浇头水的,单株成桃 18 个,迟浇比早浇的单株成桃多 4 个。又据 1973 年的浇水试验表明,蕾期是控制疯长的关键时刻,不宜浇水。在 7 月 20 日以后,棉株座桃 2~3 个时再浇,此时棉株内营养物质集中输送至下部棉桃,所以可有效地防止疯长;反之,如在 7 月 20 日前下部还没有座桃就浇水,必然导致营养生长过旺,提早封行,影响通风透光,蕾铃脱落多,产量就不高。

第五章 作物的开花与结实

当作物的种子播到大田以后,如果环境条件适宜,它就发芽出土,渐渐长成幼苗,再经过一定时期的营养生长,就开花结实,而植株本身趋向衰老死亡,这就是作物的一生。作物从根、茎、叶的生长(即营养生长)转入开花、结实到种子形成(即生殖生长)是作物一生中的转折点,需要一定的环境条件。那末,作物在什么情况下,才会发生这个转变呢?在大田情况下,似乎作物生长到一定时期都自然地开花结实了。其实,这决不是偶然的巧合,如果播种不适时,也常有延迟开花,甚至不能开花结实的情况。例如,将冬小麦放在春季播种,虽然生长良好,但当年却不能抽穗结实(图 27);又如油菜若在清明以后再播种,也不可能收到菜籽;若有人误将秋大豆种子当做春大豆种子,放在春天播种,那末,到初夏季节,一个豆荚也看不到,一直要等到秋天才有收成(图 28)。以上情况说明:每种作物的开花结实,都要求它特有的环境条件。

决定植物开花的因素,首先是受它本身的发育程度所决定。植物在幼苗期没有开花的能力,只有当它达到成年期的生殖生长阶段,才能开花。多年生的果树和其他木本植物的开花准备时期,要 3~5 年或更长些,一、二年生的草本植物如水稻、玉米等,约经 2~3 个月可达开花。

植物开花前的准备状态也和外界条件有密切关系,如果

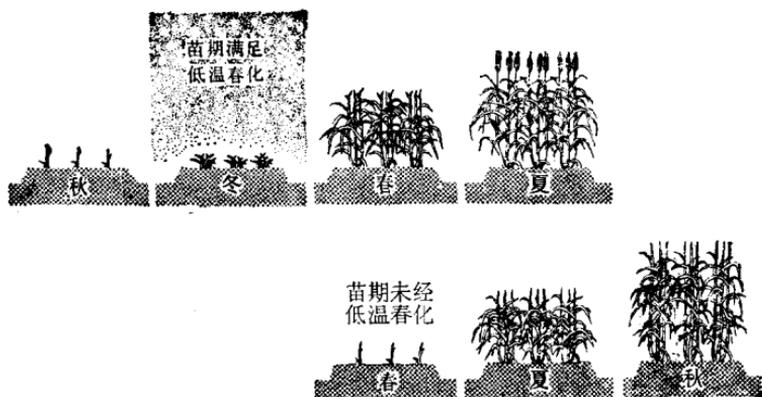


图 27 冬小麦春播当年不能抽穗
(低温对冬小麦开花结实的影响)

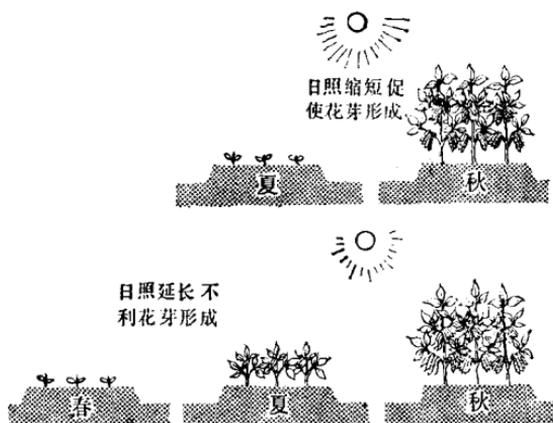


图 28 秋大豆春播要延至秋季才结荚
(日照长短对开花结实的影响)

这些条件得不到满足,它就长期停留在营养生长状态,这就象冬小麦春播的情况一样。各种作物开花所要求的外界条件各不相同,即使同一作物在不同栽培条件下,开花也会有迟有

早。因此，了解了每种作物从营养生长转到开花所需要的环境条件后，人们就可根据不同栽培目的，选择适宜的播种期或采取合理的栽培措施，以达到丰产的目的。如稻、麦、玉米、高粱、棉花和油菜等作物都是以果实或种子为收获物的，这些作物的开花结实过程，是农业生产上的关键。为了获得好收成，我们既要充分满足其根茎叶生长的条件，使之积累较多的营养物质；同时在此基础上，还要满足开花的条件，使之多开花多结实，并促使籽粒饱满，提高产量。而另一些作物，如黄麻、烟草和甘蔗等，是以茎或叶为收获对象的，我们应充分满足它们茎叶生长的良好条件，尽可能延迟、甚至抑制它们花芽的形成，使植株内的营养物质集中用于茎叶的生长，这样才能获得高产。

第一节 作物开花要求的外界条件

影响植物开花的外界因素很多，如温度、光照、水分和肥料等，其中与温度和光照的关系更为密切，因为二者是随地理条件和季节而变化的。

(一) 温 度

我国北方的农民，在长期生产斗争中，早就发现冬小麦春播不能在当年抽穗结实。冬小麦必须秋播，使苗期经过寒冷的冬天，以满足其对低温的要求，才可在第二年夏初抽穗。但如采用罐埋法(即将萌动的麦种装入罐内，放在 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ 的低温环境中 $40\sim 50$ 天)，虽然春播，却可在当年夏季抽穗结实。这说明冬小麦在形成麦穗以前，要求一定的低温条件，这

种在苗期需要经过低温阶段才能开花的生理过程,称为“春化现象”。不同品种的冬小麦,在苗期对低温的要求是不同的,这与它们原产地的气候条件有密切关系。例如“碧玛1号”是属于冬小麦类型的品种,适宜在有严寒冬季的陕西、河南和山东等省种植,如果南移到广东、福建等省,即使秋播,也因南方秋冬二季的气温比北方高,不能满足该品种苗期对低温的要求,以致不能抽穗结实。所以小麦常被分成冬性、半冬性和春性三种类型。一般说来,冬性愈强的小麦品种,在其苗期要求的温度愈低,持续低温的时间也要求愈长(表5)。

表5 小麦苗期完成发育质变(春化)所需的温度和时间

类 别	所需温度范围 (°C)	所需天数
冬 性	0~5	30~70
半 冬 性	3~15	20~30
春 性	5~20	3~15

浙江农业大学作物栽培组的同志,曾于1972年春去黑龙江省嫩江双山农科所,与该所科技人员一起进行小麦播种试验,即将不同品种的小麦于4月19日、24日、29日……5月20日进行分期播种,每两期之间相隔5天。试验结果表明:凡冬性小麦(如“矮秆红”)只停留在营养生长状态,全部不能抽穗;半冬性小麦(如“吉利”)只有4月19日和4月24日两期播种的,可分别在7月18日和7月21日抽穗,其余的则不能抽穗;而春性小麦(如“扬麦1号”)因其能满足温度条件,在7月上、中旬全部抽穗。

(注:1972年春嫩江的平均气温:4月上半月为1.2°C,下半月为6.0°C,5月上半月为10.6°C,下半月为14.2°C,6月上半月为17.8°C,下半月为19.4°C。)

因此，如将春性小麦在浙江温州或四川成都等地秋播栽种，由于那里秋、冬季都较温暖（据测定：10~12月，每天平均气温都在10~20℃，即使在最寒冷的1月份，日平均气温也有6~8℃），刚好满足春性小麦苗期的温度要求，所以很易造成年前拔节，以致影响安全越冬。因此，在上述地区对春性小麦必须适当迟播。以防年前拔节，影响产量。

除了小麦以外，不少的试验研究证明，其他的越冬作物如油菜、萝卜和甘蓝等作物的苗期，也都需要经过一定的低温阶段。因此，清明节以后再播种油菜籽，因春季气温回升，就不能满足它发育的要求，以致不能开花结实。

已有事实证明，需要低温春化的农作物，都是越冬作物，这种特性往往和原产地的气温特点有关，是长期进化过程中形成的。对于秋收作物如稻、棉、大豆等，都属于喜温性植物，一般不存在春化问题。

(二) 光 照

除了温度因素外，光照也是影响作物形成花芽的因素之一。地球上不同地区，一年中的不同季节，在一天之中的光照和黑暗的长度，常发生规律性的变化。例如我国地处北半球，每年以夏至（6月21~23日）的日照长度最长，在冬至（12月21~23日）日照最短，在春分（3月21~23日）和秋分（9月21~23日）各为12小时。植物生长在自然界中，昼夜的交替，对作物开花结实发生了影响。这种影响一般称为“光周期现象”。

根据各种作物对光周期的不同反应，可将作物分为三类：

1. 短日照植物 这类植物要求在较短的日照条件下（一

般需要 14 小时以上的黑暗), 才能开花。自然界中那些通常在深秋或早春开花的植物多数属此类。如用人工方法缩短光照时间(如采用黑布套或不透光的纸套, 在早晨或傍晚将植物遮盖起来), 就能使它们提早开花, 如大豆、水稻、棉花、小米、大麻、黄麻、甘薯和烟草等。

2. 长日照植物 这类植物要求在较长的日照条件下(通常需要 14 小时以上的光照), 才能开花。自然界中那些初夏开花的植物多数属此类。如用人工的方法延长光照时间(如利用日光灯给予补充光照), 就能使它们提早开花, 如大麦、小麦、豌豆、油菜和萝卜等。

3. 中光性植物 这类植物对日照长短要求不严格, 只要温度条件适合, 不论日照长或短, 都可开花, 如番茄、四季豆、花生、辣椒和双季早稻中的早熟品种等。

由此, 我们就可以了解前面所讲的秋大豆春播时为什么要延至晚秋才有收成的道理了。这就是因为从春季到夏季这段时期内, 每天日照时间不断增长, 不能满足秋大豆形成花芽所需要的短日照要求。夏至以后, 日照时间一天天缩短, 从而满足其对短日照的要求, 才促使花芽形成, 使之开花、结荚。

作物所以具有对温度和日照有严格要求的特性, 是与它们原产地的自然条件有密切关系的。例如原产于南方低纬度地区的作物(水稻、棉花、大豆和玉米等)总是处在较高温度和夏天日照较短的条件下完成整个生长发育过程的, 因此, 高温和短日照就成为这类作物完成发育的必要条件。反之, 对于原产于北方高纬度地区的作物(如大小麦、燕麦和萝卜等), 低温和长日照就成了它们完成发育的必要条件, 如果在它们苗期的某一阶段中, 遇不到这些必要条件, 就不可能形成花

芽。

关于水稻从营养生长转到幼穗的形成，有人认为是温度与光照两个因素综合作用的结果。根据水稻的生育特性，一般在温度较高、日照较短的条件下，都有利于稻穗分化，提早抽穗。但早稻类型的品种(如“二九南 2 号”“二九陆 1 号”“二九青”和“广陆矮 4 号”等)，对温度高低的反应敏感，而对日照长短的反应迟钝。据江苏太仓县岳王公社农技站 1973 年的试验说明，同是早稻“二九南 8 号”，但播种期不同，全生育期差异很大。如在 3 月 30 日播种，4 月 16 日移栽的(冬闲田)，全生育期需 111 天；在 4 月 18~5 月 2 日播种，5 月底移栽的(大麦、元麦茬)，全生育期为 94~96 天；而在 7 月 28 日直播的“早翻早”，全生育期只有 75 天左右。这充分说明它受温度的影响很大，而对光照反应不敏感。一般晚稻类型的品种(例如“农虎 6 号”、“泗塘早”“沪选 19”“农红 73”等)，则对日照长短较敏感，而对温度高低的反应迟钝。因为这类品种是长期处在日照逐渐缩短的条件下完成发育的，所以形成了对短日照严格要求的特性。也有一些水稻品种对温度和日照的反应都较不敏感，因此它的适应性强，栽植地区也就较广。例如，原产广东的“矮脚南特”引种至长江流域各省栽培，生育期变化较小，产量高而稳定，深受广大贫下中农的欢迎。

从上看来，水稻虽然起源于低纬度的南方地区，属短日照植物，但其中有些品种(如“矮脚南特”等)由于逐渐扩种到高纬度的北方地区，在日照较长的条件下，经过长期的自然选择和人工选择的结果，也逐渐适应了长日照条件。所以，一般早稻类型的品种，对日照长短的反应钝感，不及晚稻品种敏感，南种北引时容易成功，但生育期略有延长。如广东的早熟早

稻“广解9号”，引入湖南、湖北等省后，因日照延长，变为中熟或迟熟早稻。而长江流域的晚稻“农垦58”品种，因其对日照长短的要求严格，当引至北京栽培时，就不能抽穗。

大麻和烟草等喜温作物的原产地，都在低纬度的热带和亚热带地区，属短日照作物。在温带地区栽种时，在夏秋季日照逐渐缩短的情况下开花。为了使麻皮和烟叶获得高产量，一般都在春季播种，这样从春到夏和夏至以前的一段时期，日照都很长，因此不利于它们花芽的形成，配合其他肥水管理，就可促进营养生长，达到丰产的目的。如果我们在夏末播种大麻，因满足其短日照的要求，植株生长较矮小时就开花结实了，这就不可能丰产。

用各种植物做试验证明，感受光周期刺激的部位是叶片。如以短日照植物菊花做试验，只给下部叶片短日照（遮光处理），而上部去叶的枝条给予长日照处理，则枝上仍能开花。反之，如叶子处于长日照条件下，枝端给予短日照，则枝端不开花而继续生长。这说明叶片是感受光周期刺激的器官。叶片在感受刺激以后，产生某种促使形成花芽的物质，这类物质可随光合产物通过输导组织从叶片传递至茎生长点或其他部分。经过嫁接试验，进一步证明这类物质可在不同植物之间进行传递和转移。

此外，又有实验证明，作物要长到一定大小后，对光周期的敏感性才能提高，例如水稻在5~7叶期，大豆在子叶伸展期，才对光周期现象表现敏感性。

我们了解各种作物或每种作物的主要品种开花所要求的环境条件，对于生产实践是有重要指导意义的：

1. 引种的依据 农业生产必须强调因地制宜，作物品种

只有在相似当地生长季节的外界条件下,才能正常生长发育。因此,适合于某一地区的优良品种,并不一定能推广到其他地区,这是远地引种作物所不能忽视的重要问题。例如华北的冬小麦引种至广东栽培,由于苗期得不到适宜的低温条件,不能完成发育,第二年春季就不能抽穗结实。又如,东北的大豆品种引种至山东,由于日照缩短,而使生育期明显缩短,还未长大就现蕾,产量很低。

因此,最好是同纬度引种或引亲本经过驯化,使其增加适应性,以获得高产。

2. 加速良种繁育 杂交育种是培育作物新品种的一个重要途径。以往人们常挑选一些亲缘关系比较相近的品种作亲本,这样育成的新品种虽较容易定型,适应当地的生产水平,但与亲本的性状大同小异,增产的潜力不大。近年来,各地开展了早稻和晚稻品种间的杂交工作,从而扩大了亲本应用的范围,为选育新品种创造了条件。但早、晚稻的开花期相距很远,怎能授粉杂交呢?这就可利用晚稻对短日照敏感的特性,采用遮光处理缩短日照的办法,使之提早开花,与早稻的花期相遇,就可进行有性杂交了。

第二节 种子的长大与物质输入及转化

当作物满足了形成花芽的必需条件后,花芽就开始分化,逐渐成熟,最后开花,经过传粉和受精等复杂过程,形成果实和种子。许多粮食作物和花生、油菜等油料作物,在其开花结实过程中,植株内其他部分的有机物质都运往籽粒中去,运转顺利与否,对籽粒的重量和质量都有密切关系。

(一)种子成长过程中物质的累积与转化

作物从开花受精到种子成熟，所经历的时间与内部发生的物质转化情况，不同作物虽各有不同，但总的变化趋势是种子的体积不断增大。随着种子内干物质质量增多的同时，其含水量逐渐减少。例如小麦(“玉皮”品种)在开花后7天，100个麦穗的干重为42.2克，千粒重为2.58克。到开花后35天，接近完熟时，100个穗的干重为126.6克，千粒重增到32.44克。

又如水稻，从开花到籽粒完全成熟，一般约需一个月到45天左右的时间，其米粒的发育过程如图29。

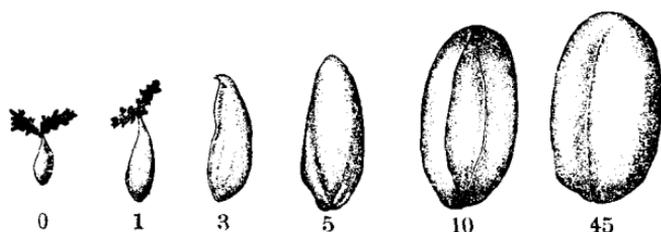


图 29 灌浆结实过程

0: 开花时; 1, 3, 5……各为开花后日数

水稻的成熟过程，一般分为乳熟期、蜡熟期和完熟期。

乳熟期：茎叶谷壳均为绿色，米粒含有叶绿素，内有白色乳状物质。

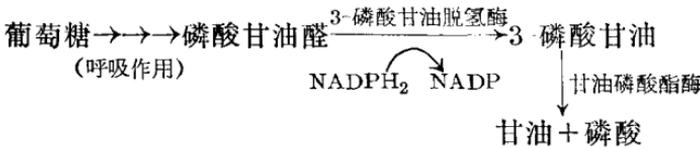
蜡熟期：米粒中的淀粉渐渐增多，因米粒的含水量减少而硬化，谷壳变黄，茎叶也由绿转黄。

完熟期：谷壳呈黄色，米粒的含水量更为减少而变得坚硬，植株各部均呈黄色。

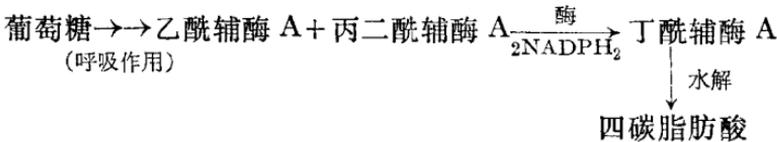
一般在蜡熟末期或完熟期为收割适期。在完熟期后，壳

说明脂肪和蛋白质都是糖分经过酶的催化作用转化合成的。

脂肪是在脂肪酶的催化下，由脂肪酸与甘油结合而成的。脂肪酶在油菜、大豆和蓖麻等油料种子中含量特别多。脂肪酸和甘油，都是呼吸过程中由葡萄糖氧化生成的中间产物转变来的。例如甘油是磷酸甘油醛经还原作用，转变为磷酸甘油，再脱去磷酸而得到的。



脂肪酸的合成较为复杂，是由呼吸代谢中形成的乙酰辅酶 A [CH₂COSCOA] 与丙二酰辅酶 A (或者较高级脂酰辅酶 A) 为材料合成的。而丙二酰辅酶 A $\left(\begin{array}{c} \text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{COSCOA} \end{array} \right)$ 则是由乙酰辅酶 A 与 CO₂ 结合而成。由乙酰辅酶 A 与丙二酰辅酶 A 经过缩合作用即可生成丁酰辅酶 A，水解后即可得一个四碳脂肪酸。这样，每通过一次循环即可使脂肪链增长 2 个碳原子，目前认为长链脂肪酸即是通过上述步骤合成。



作物体内有了甘油与脂肪酸后，如何酯化形成脂肪，除经脂肪酶作用生成脂肪外，很可能还有其他途径合成脂肪。目前，这方面仍是一个复杂的尚未弄清楚的问题。

所有作物的种子里都有蛋白质。蛋白质的合成比较复杂，

其主要组成部分是氨基酸。一个氨基酸的羧基和另一个氨基酸的氨基相连接，形成一个肽键。二个氨基酸以肽键连接在一起叫二肽；三个氨基酸以肽键连接在一起叫三肽；许多个氨基酸以肽键相连接称为多肽。蛋白质实际上是由一个或几个多肽长链，依照它们各自的特性屈折或盘旋连接而成的高分子物质，分子量一般都较大，例如亚麻种子的贮藏蛋白质分子量为 309000。前面提到，氨基酸是铵离子和有机酸结合形成的。有机酸是糖的代谢产物。

由此可见，要使粮食、油料等作物获得高产，都要保证根、茎、叶的良好生长，增强光合作用，使之积累更多的糖分，特别要抓好后期肥水管理，防止早衰，促进糖分朝子实输送。

(二) 有机物质朝向子实运输的动力

为什么在种子果实成熟过程中，植株内的有机物质会集中运输到子实部分？它的动力是什么？

一株作物是由各个器官组成的整体，在其不同的生育时期，有机物质是有选择地运输分配的，在生理上就有一个控制体系。一般认为，在作物的一生中，有机物质的分配中心是不断在改变的。例如在作物生育前期，以营养生长为主，植株的幼嫩部分为养料的分配中心。当植株形成花、果和种子生殖器官后，特别是生育后期，种子果实就成为植株的分配中心，它具有高代谢强度的特点，从而产生一种“拉力”，吸引有机物质朝向它们运输。

据试验测定：麦粒成熟过程中，在开花后 7~21 天，是种子呼吸强度最高的时期，开花后 28~35 天，呼吸强度渐趋下降。一个器官的呼吸强度及其趋势，是生理代谢的综合表现，

其中包括有机物质的消耗、转化与合成,能量的产生与利用等等。呼吸强度愈大,表示代谢强度愈强。麦粒在不同成熟期,呼吸强度的变化与干物质的积累情况恰巧一致。与此同时,有人测定叶片及叶鞘的呼吸强度,则有降低的趋势,这显示出茎叶部分的生理活跃性趋向衰退。从这些有关现象看来,种子在成熟过程中,所以成为植株的分配中心,使有机物质朝向种子运输的动力,是种子本身所产生的。而且在同一个穗或小穗上最先开花受精的种子,也具备优先获得物质供应的优势,因此它们的干重也较大,比较饱满,这种差异在养料来源不足时,更为明显。

第三节 影响有机物质向子实运输的因素

影响有机物质向果实、种子或块茎、块根等经济器官运输的因素是极为复杂的。例如影响稻、麦籽粒千粒重的,就与灌浆期的气温、光照及肥水状况等都有密切关系。我们了解这些关系的目的是,在于在某些情况下,可通过合理的管理措施,以促使更多有机物质运至经济器官,提高作物产量。

(一) 温 度

温度对有机物质运输的影响十分显著。应用放射性示踪元素试验证明:当植物处于 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 温度下,有机物运输的速率每小时可达 $20\sim 30$ 厘米,如降温到 $1\sim 4^{\circ}\text{C}$,则运输速率下降到每小时 $1\sim 3$ 厘米。温度对植物体内的生理活动具有多方面的影响,如光合、呼吸和物质转化等等都因温度高低而不同,而它们都与有机物的运输有关。据测定,在水稻灌浆

期，白天平均温度在 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，夜温在 $10\sim 16^{\circ}\text{C}$ ，保持较大昼夜温差时，最有利于灌浆结实，并且米质也较好。如果遇到 15°C 以下的低温，由于生理活动减弱，灌浆就较缓慢，降到 10°C 以下时，籽粒就停止发育。当然如温度高到 $40\sim 42^{\circ}\text{C}$ 以上时，也因光合、呼吸两个过程的不协调，会引起植株内有机物消耗过多，严重影响物质的运输，也使籽粒发育停止。又如，棉花的花铃期适宜的温度为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，若日平均温度在 32°C 以上时，就会影响幼铃的发育，增加蕾铃脱落率。同时，高温还会增强叶片的蒸腾，使棉株缺水，也会加剧蕾铃脱落。因此，在此时期如遇高温干旱，应及时浇灌棉田，以降低土温，增加叶面蒸腾，散发热量，改善小气候，从而减少高温为害，促进有机物质的合成和运输，力争三桃齐结、减少脱落。

(二) 光 照

光照直接影响光合作用过程，在作物开花结实期，如多晴天，植株内有机物质合成多，有利于有机物质朝向子实运输。因此，不论在稻、麦灌浆期，棉花结铃期或油菜结荚期，如果光照充足、气温较高，都可促进有机物质的运输，有减少瘪粒、阴荚和增加粒重、铃重的良好作用。

(三) 肥 水 条 件

在作物生育后期，抓好肥水管理是人力所及的增产措施。在这方面，广大贫下中农都有丰富的实践经验，不论哪种作物，由于后期缺少肥水，就会发生早衰而降低产量。

上海市农科院在南汇县泥城公社两年来试验总结指出，在棉花开花结铃期的不同肥水情况，显著影响铃重增长。

1972年7月31日开花的棉铃，因肥水失调，棉铃的重量在开花后25天时为3.2克（烘干重），和吐絮时3.31克接近。1973年肥水配合较好，8月8日开花后25天的棉铃为3.34克，而到吐絮时已增加到5.1克。因此，合理运用肥水，就可加速有机物质运输，争取多结铃。并为棉铃的正常发育提供条件，实现早熟、高产、优质。

肥料中的氮素可促进蛋白质与叶绿素的合成，使后期茎叶功能期延长，以保证光合作用的进行；磷素除促进光合作用外，还参与许多有机物质的转化，如磷与蔗糖合成蔗糖的磷酸酯，有利于糖的运输。棉花花铃期，如喷施3%的过磷酸钙溶液，可减少幼铃的脱落。磷还参与脂肪的合成过程，油料作物后期，如适施磷肥，可促进籽粒饱满，提高含油量。

水分是有机物质转化和运输的介质，细胞内的含水量还会影响到水解酶的作用方向是趋向水解还是合成。在作物开花结实期，如遇干旱，特别是大气干旱的情况下，细胞里因缺水，而促使水解酶趋于活跃，子实中的淀粉会再分解成糖类，甚至造成有机物质倒流到茎叶中去的反常现象。群众称为“风旱不实”。尤其在北方麦熟季节，经常会遇到干旱，所以应加强防旱灌溉。稻田断水过早时，也会影响灌浆，群众有所谓“多打一次水，多长一层皮”的经验。

棉花花铃期的抗旱，对提高成铃率的影响十分明显，如1973年上海南汇县泥城公社人民三队，在8月中、下旬两次浇灌抗旱，10厘米土层内含水量提高10%以上，基本满足棉株后期正常生长所需的水分，从而提高了植株上部的成铃率。浇灌的成铃率为38%，不灌的成铃率只有6%。

“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看

问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”过多的肥水也会带来不良影响，因为作物生育后期的分配中心，已转移到果实种子，如肥水过多，必然引起茎叶等营养器官的继续生长，有机物质的分配就受到干扰，出现延迟成熟期，增多瘪粒，棉铃轻等现象，导致减产。

(四) 植物激素

试验证明，植物器官的生长与有机物质的运输有关，植株内的光合产物总是运向生理活性较强和生长旺盛的部分。利用萘乙酸、2,4-D 和“920”等植物激素处理器官时，可提高这些受处理器官的生理活性，并加速有机物质的运输，具有加速生长的效果。例如用低浓度的 2,4-D 水溶液点涂番茄未受精的雌蕊柱头，因其促进有机物质朝向未受精的子房输送，既可防止落花，还能结成无子果实。应用“920”水溶液点涂棉花雌蕊的柱头，也有减少蕾铃脱落的效果。

另一类激素物质，如“矮壮素”和“增产灵”等，因其有抑制植株徒长的作用，也可达到增产的目的。如“增产灵”使棉株内的营养物质合理分配，防止棉株疯长，减少蕾铃脱落。据试验测定，在棉花蕾期喷洒 1~2 次，可降低脱落率 10~18%，比对照组增产 15% 左右。近年来广大棉区还试用了“矮壮素”，据河南、湖北、江苏、北京和上海等省市应用的结果指出：“矮壮素”的作用在于抑制主茎和果枝的生长，节间变短，株型较为紧凑，防止了棉株疯长，不仅减少有机物质的无谓损耗，而且改善了棉田的通风透光，从而减少蕾铃脱落而获得增产。

第六章 收获与贮藏

生长在田间的农作物，受自然气候变化的影响很大。灾害性气候不仅对农作物的生长发育产生危害，而且往往影响收获，使丰产了的作物不能及时收割，而遭受损失，例如阴雨天气中稻、麦成熟后的穗上发芽，棉花的烂铃等等。所以在农业生产中，总是把收获看做一个重要环节，而且有时还要争季节，例如“双抢”就是收割早稻和栽插晚稻的战斗性劳动。还有“三夏”“三秋”也都指的是：收、种、管。

收获稻、麦等农作物的时候，既要看作物的成熟度，也要看天气。当有灾害性气候变化时，往往不完全成熟，也急于要收割。而有时候，虽然作物已达成熟，但因天气不好，却又不能收割。所以，在遇到上述情况时，要根据当时具体情况，衡量轻重加以抉择。其依据就在于对这些问题的全面了解。

收获了的粮食要脱粒、晒干以后，才能保藏。用什么方法可以保质、保量的完成保藏任务，其重要性不亚于田间的生产。全国广大贫下中农和保粮职工通过实践，在这方面有很多宝贵的经验，但在具体应用时，也有一个因时、因地制宜的问题，也就是不能生搬硬套，而要辩证分析，选用最适当的办法，保证丰收，避免损失。

第一节 稻、麦的收割时间和产量、质量的关系

小麦由开花结实到收获,一般分为五个时期:乳熟、糊熟、蜡熟、黄熟与完熟。乳熟期是灌浆盛期,是茎叶中的有机物质迅速向种实输送的时期,用手挤破种实,可见胚乳内充满着乳汁,这时含水量最高。以后水分减少,胚乳成糊状;再后呈绿黄色,成为蜡熟;再就种实完全呈黄色,这时期叫黄熟;最后开始干瘪进入完熟阶段。在长江下游地区,整个过程大约需要35~40天。开花后7天的小麦籽粒只有0.3立方毫米,到黄熟时体积增大了4倍,干重由平均每粒2.5毫克增加到32毫克,计增重12.5倍。增加的物质最初以糖为主要形式,以后在酶的作用下转成淀粉,籽粒的淀粉积累到黄熟期基本完成。开花后一周,小麦籽粒含糖量约占干重的46%,但到收获时则下降到3%。而在同一时间内,小麦籽粒淀粉含量由13%增加到68%。蛋白质的含量在开花后7天为12.8%,到成熟时为14.7%,其相对量(百分比)变化不大,但绝对量因种子长大而增加14倍。小麦蛋白质含量多少,各品种之间是不同的。一般在13~15%,有些新品种可高达20%以上。

小麦成熟的五个时期,在外观上是可见的,其本质的变化则比较复杂。所以在收获的时候,既要注意产量,也要同时考虑到品质。面粉的发酵是评定品质的主要指标,它受麦粒成分的影响很大,没有成熟的小麦,或穗上发芽的麦粒,它们的含糖量都较高,糊精也较多,发酵质量差。所以,收割麦子应在黄熟之后为宜。由黄熟到完熟阶段,麦粒干重不再增加,只

是水分由蒸发减少，籽粒干瘪容易落粒，且有鸟兽之害，如不及时收割反而减产。因此，一般认为黄熟即可收割。如天气有特殊变化，蜡熟期的小麦也可以收割。

在栽种双季稻的地区，早稻的收割时间直接影响晚稻的栽插。因为早稻高产需养谷老，最好推迟收割，然而为了保证晚稻的不误农时，又必须及时栽插。在长江下游地区晚稻的插秧不能迟过立秋（8月10日），最好在8月初完成。人们曾对早稻收割时间进行过科学实验，实验以该品种正常收割期为标准，分早割3、6、9和12天4种，试验结果表明：早割3天的产量减少3%；早割6天的减产10%；早割9天和12天的都减产17%。减产的原因，主要是空壳率多，有些籽粒不充实，同时早割的稻谷碾米后青米率较高，碎米也多。所以早稻以正常期（黄熟）收割为好，不但产量高，而且米质好。正如贫下中农所说“割青不割青，产量相差一百斤”。但是在“双抢”时期，劳动力和时间十分紧张，广大贫下中农一方面发挥冲天的革命干劲，突击抢收、抢种；另一方面利用早稻收割期品种间有差异，做好品种搭配。例如早稻“二九青”、“二九南一号”较“广陆矮四号”成熟早，一般在7月25日成熟。这样，一部分田块种早熟品种，一部分田块种迟熟品种，既保证养谷老夺得早稻丰收，又保证晚稻及时栽插不误农时。

第二节 收割前后使籽粒增重的办法

作物开花后籽实的增重，主要靠叶片输入光合产物。稻、麦籽粒的绿色颖壳和芒，以及豆类、油菜的绿色荚果皮，也都能进行光合作用，输送一些有机物质。用带有放射性碳原子

的二氧化碳进行的实验证明：稻、麦剑叶每天的光合产物中，有4/5是输送到种子里的。颖壳和绿色穗轴的光合产物，也大部分运向种子。油菜在成熟初期，下部的叶子大多已脱落，上部的叶片总面积只有绿色荚果表面的1/8，光合作用强度两者相似。所以，油菜籽内的成分大部分为荚果皮的光合产物。可见在种子成长过程中，保证上述主要光合器官的作用是非常重要的。此外，防病、防虫与防倒伏也是一个重要环节。当籽粒接近成熟时，茎与叶鞘里的贮藏物质也开始转化，并向籽粒中运输。这种物质再分配，可以继续到作物收割之后。近年来，黑龙江省农业生产中推广的“玉米站秆扒皮”方法是促使更多有机物质输入籽粒的有效措施。

黑龙江省明水县栽种的玉米，过去每当玉米接近成熟时期，遇到气温显著降低的早霜年，就发生“青玉米，水粒粮，产量低，难贮藏”的局面。这也为当地粮食管理部门收贮玉米带来困难。当地贫下中农找窍门想办法，创造了玉米田间站秆扒皮晒穗的积极措施。自从1965年以来，逐年推广扩大，到1971年已扩大到种植面积的70%以上。这个方法就是在玉米接近成熟时，用手将苞叶扒开，让穗轴和籽粒直接晒到阳光(图30)，经过15~20天再收获。几年来的实践证明，这方法有下述几个优点：

1. 促进玉米早熟增产 苞叶对玉米成长是个重要因素，但接近



图 30 玉米站秆扒皮示意图

成熟期，定了浆，它的作用就小了。扒皮后，由于日光直射，籽粒干得快，一般可早熟7~8天，免遭霜冻为害，并比不扒皮的玉米增产5%以上。1971年按照全县站秆扒皮玉米面积计算，共增收玉米531万市斤。

2. 提高质量，降低水分，便于保管，减少损失，节省费用
站秆扒皮的玉米，籽粒饱满色泽好，水分在17%左右，符合保管标准，不需再烘干或曝晒。全县可节省晾晒费用共计10万元以上，为国家节约资金，为社队创造了财富。

3. 有利收获、脱粒和选种工作 因为苞叶已扒开，采收时只采穗轴即可；又因水分低，可以直接用机械脱粒。玉米站秆扒皮后，提早成熟免遭霜冻之害，种子质量高。例如1969年遭早霜为害，不采取站秆扒皮的玉米，冻坏了种子；而采取站秆扒皮的玉米籽，其发芽率在90%以上，能作种子用。

玉米站秆扒皮的办法说明，人们可以根据作物生长的规律，人为地增加有机物质向籽粒中运输，而且增产效果显著。稻谷收割后，竖立几天再脱粒，也有增产的作用，可明显地改进大米的品质、增加出米率并减少青米率。

在种子灌浆成熟期间，如对小麦进行灌溉，对水稻作适宜的水浆管理，都有显著增产效果。例如，山东、河北等春季少雨的地区，在小麦灌浆期，灌一次水可增产15%；乳熟期再灌一次水，增产可达31%。上海县马桥公社俞塘大队在获得早稻高产方面的一项重要措施，就是重视从抽穗扬花到谷粒黄熟期间的水浆管理。他们采取了干干湿湿，以湿为主，但不留宿水的措施。这样有利于保持根的活动力，增强上部叶片的光合作用功能，防止早衰，保证种子饱满。他们认为，这样可以做到以水吊肥，以气养根，以根保叶，促使籽粒“活熟”，而不是在

高温缺水影响下的“逼熟”。

第三节 种子的生理活动与贮藏保管

粮食收获以后,大部分做食用,少量留做种子。食用和种用的粮食都需要妥善保管,要防虫、防霉、防发热变质,种子粮更要求保持良好的发芽率。由于种子是一个有生命的机体,它本身不断在进行着生理活动与生物化学的变化,这些变化既影响环境条件(如温度、湿度等),又被环境条件所影响。下面分别加以说明。

(一)种子的生命活动及其控制

种子在贮藏期间的生命活动,具体表现在两个方面,即呼吸作用与物质的转变。它们都直接影响种子的生活力与播种品质。种子的呼吸作用分有氧呼吸和缺氧呼吸。有氧呼吸就是消耗氧气,氧化有机物质,产生二氧化碳、水和能量(主要是热能)。呼吸作用愈强,损耗种子内的贮藏养料愈多,也就愈容易丧失发芽能力。一粒完整的小麦种子,分胚和胚乳二部分,胚是呼吸作用最旺盛的部分,而胚乳的呼吸强度只占全部耗氧量的1/10左右。所以,保持种子的发芽力,首先要控制它们的呼吸作用。我们知道,种子的呼吸作用受种子本身的含水量、环境温度与气体成分所影响。充分干燥的种子,它的呼吸作用十分微弱。但当种子吸湿变潮时,则增强呼吸,水分愈多,呼吸也愈强。当种子含水量超过一定界限时,如小麦种子到14.5%,棉籽、花生到10%时,它们的呼吸作用就会骤然增强,仓库里就会产生发热霉变的现象。因此,一般把这种

可以引起发热霉变的种子含水量，叫做保管种子的“临界水分”；而把适于周年长期保管的种子含水量叫做“安全水分”。例如：小麦的安全贮藏水分为 12.5%，稻谷为 13%，大豆为 11%。所以粮食种子进仓前，必须晒干，使之低于安全水分。

临界水分与安全水分可以通过实验求得：在一个 500 毫升容量的玻璃瓶内，加入 100 毫升的水，再加入氯化钠(食盐)



图 31 种子平衡水分示意图

直到不再溶解为止，即配成氯化钠的饱和溶液。在瓶的橡皮塞头里端装一小钩，悬一只用塑料窗纱做的袋子，里面装入 5 克种子(图 31)。将此玻璃瓶放在 25℃ 左右的室温内 7~8 天，然后将种子取出称重，再将种子烘干后称重，二数相减，求出的含水量，就是“临界水分”。用同样方法，以硝酸钠代替氯化钠求出的种子含水量叫做“安全水分”。其区别在于：氯化钠饱和溶液的密闭空气中的相对湿度是 75%，

这个湿度和与它相平衡后的种子含水量是适合霉菌生长的。而硝酸钠饱和溶液中的相对湿度为 65%，在这个相对湿度中霉菌不能生长。种子的呼吸、粮堆的发热是和生霉相联系的。所以要控制种子的呼吸，首先要控制种子的含水量，使它们保持在安全水分之内，并设法(如用塑料袋装法)防止吸湿变潮。

呼吸作用也受温度的影响，温度愈高，呼吸作用也愈旺盛。如含水量为 13.8% 的粳谷种子，用通气保管法，分别贮藏在 15℃、25℃ 与 35℃ 三种温度中。经过 3 个月后，其发芽

率分别为：87.2% (15°C)、80.2% (25°C) 与 40.6% (35°C)。所以注意粮食的温度变化极为重要。应根据地区与季节的气温变化情况，采取相应的措施。例如，冬天可以水分稍高一点，夏天要晒得特别干一些等。

(二) 种子内贮藏物质的变化

种子在贮藏期间，种子内部在不断地进行着各种物质的转化，其程度也是受温、湿所影响。一般种子内的贮藏物质以淀粉、蛋白质与脂肪为主。其中淀粉在淀粉酶的作用下，可水解为糊精或麦芽糖，再经过麦芽糖酶的作用，麦芽糖被水解为二个分子的葡萄糖。葡萄糖是呼吸作用中直接耗用的物质。在氧气充足的情况下，葡萄糖被充分氧化成二氧化碳放出体外。但在缺氧的情况下，由于葡萄糖的缺氧呼吸(发酵)，而产生酒精。所以，潮湿的种子在密闭条件下，会有酒味，而且失去发芽力。蛋白质是构成细胞原生质的主体。在种子成熟期间，原生质失去一部分自由水变成凝胶状态，当种子吸水萌芽时，它又会变成溶胶状态，这是一个十分重要的特性。但随着贮藏时间的延长，特别在不适宜的条件中，它会逐渐丧失这种特性，降低了发芽率。含水量为 13.5% 的大豆，在 7 个月的贮藏期中，盐溶性蛋白质减少 22%，发芽率由 95% 减少到 0。在同样时期内，含水量为 11.3% 的大豆，盐溶性蛋白质减少 17%，发芽率由 97% 减少到 70.4%。盐溶性蛋白质的变化，在一定程度上与原生质胶体的改变情况是有联系的。盐溶性蛋白质的减少和原生质的钝化程度是一致的。所以，它和种子发芽率减低有直接联系，也是大豆品质变化的指标。在较高的温湿度中，由于种子内蛋白质会水解为氨基酸，对保

持种子生命活力也是不利的。

脂肪的变化也是一个重要的方面。在贮藏期间，由于脂肪酶的水解作用，使脂肪分解成甘油与脂肪酸。脂肪酸的增多，对种子发芽力是有害的。特别是脂肪含量多的种子，这种情况更为明显。一般用脂肪酸值代表粮食的品质，例如质量好的小麦，脂肪酸值很低。当脂肪酸值增多到正常含量一倍以上时，即指明其品质已严重劣变。

(三)农作物种子的寿命与品种保存

种子是农业生产中的重要因素之一。由于播种作物有季节性，所以就有贮藏种子的必要，一般保存1年左右。有些备荒种子要贮放2~3年，因为每年更换太花费人力。种子的自然寿命因各种作物不同而有差异，但受环境的影响很大。干燥、低温可以延长种子寿命，保持发芽力。高温、高湿则促进衰老，加快了发芽力的丧失。有些农业科研部门，需要搜集并保存为数众多的各种作物品种的种子，作为育种的原始材料，例如水稻就有几百上千的品种，以便在选育新的品种时，选取它们各自特性进行杂交，以得到矮秆、耐肥或抗病、抗虫的新品种。水稻是如此，小麦等其他作物也不例外。因此，他们采用每隔几年种一次的办法，以保存各种品种种子的生活力，但在人力、物力、土地、时间等方面都是负担很大的。所以如何创造更好的保持种子生活力的方法，是有重要意义的。

已有的许多研究结果和实际经验指明，在一般条件下，水稻种子经过1年之后，只有80%左右的发芽率。如用充氮气保管法，保藏含水量为5%的稻种，即使经过8年，仍有99%的发芽率。小麦种子也是如此，用氯化钙吸湿法把种子含水量

降到4.3%，在室温无光条件下，经过19年之后，发芽率仍有80%。含水量9%的大豆种子，在30°C中只保持发芽力1年。在10°C中，同样水分的豆种，可保持发芽力10年。棉花籽含水量8%，密闭贮藏7年后，仍保持完好的发芽力。含水量7%的棉籽，在1°C中贮藏了15年，仍有73%的种子发芽。充分干燥的带壳花生，在密闭条件下，可保持发芽力5年。

以上情况指明，干燥和低温是保管种子使它保持良好发芽力的好方法。充分干燥的种子，其水分含量低于一般大气湿度，因此要密闭贮藏，避免大气湿度的影响。在农村，一般可充分利用有利的自然条件(例如地位高燥，有树遮荫以防夏季烈日等)选建仓房。仓房的门窗必须既可密闭，又可大开以通风换气。这样，即使在炎夏仍能保持较低的室温，对种子发芽力的保持有益。

(四)介绍保管粮食种子的两个方法

保管好粮食种子是落实“备战、备荒、为人民”的具体表现。对粮食种子保管的要求是“四无”，即无虫、无霉、无鼠雀与无事故。在这些方面，全国广大贫下中农和保粮职工作出了许多优异成绩。这里仅介绍两个方法，一个属于传统的粮食晒后热进仓法；另一个是随着塑料工业的发展而创造的粮食自然缺氧保管法，这是一个新生事物，正在继续发展中。

1. 晒后热进仓保管 这个方法是我国古代劳动人民的创造，已有一千多年的历史。解放后，在党和政府的领导下，有关部门进行了深入细致的科学实验，验证它对粮食和种子品质的影响以及杀虫效果等。实验结果证明，适合长期贮藏

的小麦籽粒，在夏季的烈日下曝晒并经常翻动，其粮温可达 50°C 以上。在午后3时左右，堆积起来趁热进仓。仓内地面要先铺垫草席，四周围以囤条，但这些用具先要经过灭虫。粮食进仓后，粮面再复盖草席。这样的粮堆可保持高温1周左右，能杀死全部害虫，并能解除新小麦种子的休眠和提高其发芽率，对小麦磨成面粉后的食用品质表现良好。这个方法已在全国范围内推广应用。粮种除小麦以外，其他禾谷作物的籽粒如稻谷、高粱等也可应用。

2. 粮食的自然“缺氧”保管 “一切真知都是从直接经验发源的”。浙江省加善县粮食局直属粮库的职工，在总结各种



图 32 粮食自然“缺氧”保管，用气体分析器检查密封粮堆内的氧气与二氧化碳气含量变化情况

保粮方法的基础上，创造了粮食自然“缺氧”保管法。他们把粮堆的上下与四周都用塑料薄膜密封起来。在粮食以及粮堆中的害虫与微生物的呼吸作用消耗下，粮堆中的氧气逐渐减少，二氧化碳气则增加了。当氧气减少到接近于0的时候，全部的害虫都被窒息而死，需氧微生物被迫进入休眠状态，粮食种子也减弱了它们的生命活动力。采取这个方法不再需用药剂杀虫，而且能保持较好的粮质（图32）。仓库保管结果证明：在 31°C 的仓

温中,含水量为16%的粳谷,经密封贮藏8天以后检查,米象、拟谷盗与锯谷盗的死亡率达100%。当粮温为27~29°C时,含水量13%的大麦(4万斤粮堆),经5天密封,氧气量降到0.2%,害虫全部死亡。蚕豆种皮变褐色是一种品质劣变的标志,一般用变色粒的百分率为品质指标。用塑料密闭法保管的蚕豆(水分14.8%),经7个月后,变色粒只有8%,而用其他方法保管的蚕豆,变色粒占21%。所以,这个方法不仅杀虫效果好,而且有益于保持品质。

自然缺氧法的杀虫作用,在于它的降氧速度。若在几天之内,把氧气降低到1%,以杀死全部害虫,就比需要数周、甚至1~2个月才能降氧到1%以下的情况优越。因为时间长,害虫繁殖就多,损失也就大。降氧速度与粮食含水量及大气温度都有直接关系。大气温度一般不易控制,而粮食水分则不能过高于安全贮藏的标准。粮食水分与降氧速度间的矛盾,可通过辅助降氧法得到解决。这就是在塑料密封的粮堆底边(一或二处),放一定数量的新鲜树叶子,它们呼吸旺盛,能加快耗氧。到氧气降至1%以下时,取出树叶,然后仍立即密封粮堆。这对于保藏早稻谷是非常有益的,因为早稻谷含水量低,自然降氧时间长。据比较,在17°C仓温中,每公斤杨柳叶24小时的耗氧量为6,460毫升,而每公斤粳谷(水分15.6%)24小时的耗氧量为7毫升。所以在水分14.5%的塑料密封粮堆(21立方米)内,加放进70公斤杨柳树叶子,在3天之内氧气降到0.5%。不放树叶的粮堆,经过24天后,氧气仍有10.4%。所以用辅助降氧的办法,可以改善低水分粮食的贮藏情况。由于以上这个方法不需要特别条件,是便于在广大农村公社中推广应用的。

第四节 甘薯的贮藏

甘薯又叫番薯、地瓜、红苕，是一种适应性比较强的高产作物，在山区和半山区是主要食粮之一，栽培几乎遍及全国。仅山东一省每年甘薯产量就超过200亿斤。甘薯与其他粮食相比，是不大容易保管的。其原因有下述几个方面：

1. 甘薯原产热带、亚热带地区，不耐低温和冷冻，当气温低于 9°C 时间稍久，就会遭受寒害，具体表现是不易煮烂(硬心)，气温回升后又容易腐烂。

2. 甘薯块根皮薄，不同于谷类作物，没有坚实的保护组织，收获搬运时容易破伤。同时，甘薯的块根含水 $65\sim 85\%$ ，含淀粉 $10\sim 20\%$ ，并含有一定量的糖分，这正是适合病菌繁殖的培养基。因而病菌易从伤口侵入而造成腐烂。

3. 在甘薯主要产区的华北平原等地，保管时期由秋末经冬季到春天，气候变化大，难以随时适应保温。

针对以上几点，全国各地对怎样才能保管好鲜甘薯，进行了许多科学实验，其中介绍推广的是“大屋窖”保管法。

经验证明，在甘薯收获后，设法使其破伤口愈合得好，愈合得快，对以后的贮藏有重要作用。通过不断实验确定，甘薯收获之后，在高温($36\sim 38^{\circ}\text{C}$)中放置 $3\sim 4$ 天，可以加速伤口愈合。这是因为薯块呼吸作用增强，产生可以形成愈伤的物质，形成一层木栓化的愈伤层，使其在以后的贮藏时间内，不易受到病菌的为害。这个方法对防止黑斑病特别有效，经过高温愈伤，黑斑病菌受到严重抑制，带有病斑的薯块，因在病斑与好的组织之间产生了愈伤隔离区，最后病斑由于得不到养

料与水而干瘪，可以被剥离下来。

大屋窖是在多年实践中产生的一种新窖型。它是修建在地面上的一间房屋，墙和顶有一定厚度，可以保温，门和窗既能密闭保温，又能打开通风散热。窖外的地下一端有一个火炉，火炉的烟囱是以管道形式设在窖内的地面之下或地面之上，贯经屋窖，在另一端屋窖墙外出烟(图 33)。甘薯收获进窖以后，即烧火加温。烧火开始时，将门窗全部打开，把甘薯蒸发出来的水分排出，待室内没有雾气时，排湿结束。由于高温处理，薯块含水量散失了一部分，减低了大屋窖的湿度，有效地抑制了软腐病菌。这里必须注意：加温要猛，争取在 15 小时内窖温升至 40°C 。如温度升得慢，持续时间长，易使甘薯发芽(16°C 开始萌发， $26\sim 30^{\circ}\text{C}$ 萌发最快)，影响种薯质量。当薯堆内的温度达 35°C 时，即减小火力，到 $37\sim 38^{\circ}\text{C}$ 时停火，

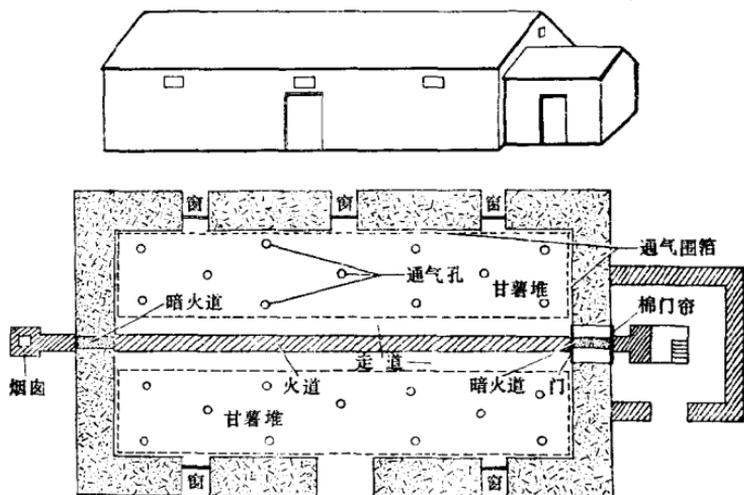


图 33 大屋窖
(上)正面图 (下)平面图

保持该温 4 昼夜。此期间温度如有下降，可再烧，但不能超过 40°C 。4 天以后，立即大开门窗通风换气。务必使一昼夜内窖温降至 $17\sim 18^{\circ}\text{C}$ ，如不能及时降温，则影响甘薯品质食味。待窖温到 15°C 左右时，再关闭门窗保温。冬季窖内温度以维持在 12°C 上下为宜，这样既防止低温冻伤，又相对抑制了黑斑病的发生和蔓延（黑斑病菌在 15°C 以上开始活动蔓延）。维持窖温主要靠甘薯块本身的呼吸热和窖的保温性能，因此，窖的贮薯量不能太少。每 1000 斤薯块约占 1 立方米体积，窖内贮薯量以占空间容量的 60% 左右为宜。每窖实际贮薯量一般在 3 万斤左右。浙江仿照北方大屋窖的原理，用竹木草泥建成了一种草泥仓。甘薯堆在距地面 15 公分高的竹架上，薯堆中间设有竹做的通气圆筒，经高温愈伤后保管越冬，效果也良好。

第七章 植物激素

作物从种子萌发,到开花结实产生新的种子,期间经历着生长与发育、量变与质变的复杂过程。表示根、茎、叶生长的个体量变,一般叫做营养生长;而形成花器官到开花结实,则叫生殖生长。这个转变过程称为发育,它标志着植物体一种内在的质变。生长与发育,间接受环境条件所影响,而直接受内源激素^①所控制。所以,激素是作物生理中一个重要部分。最早发现的植物激素是吲哚乙酸,以后是赤霉素、细胞分裂素、乙烯与脱落酸。到目前为止,一般认为天然激素有这五类。另外还有人工合成的植物生长调节剂。它们在一定程度上,对植物生长发育有促进或抑制的作用。下面分别加以说明。

第一节 吲哚乙酸(生长素)

当光线从一面照射植物时,植物(特别是幼小的植物)常常有向光弯曲生长的现象。放在玻璃窗内的花草,向光弯曲的现象特别显著。若把一盆刚萌发的小麦幼苗放在一侧照光的条件下,这些刚出土的幼芽鞘很容易向着光源的方向弯曲。假如用一小块包香烟的铝箔纸或其他不透光的纸包住芽鞘的

^① 内源激素是生物体内自己产生的,以区别于外加人工合成的激素类物质。

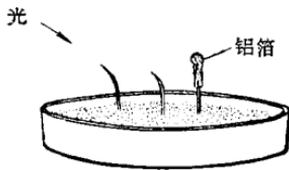


图 34 小麦幼苗向光弯曲 顶端,它就不再向光弯曲了(图34)。有些植物对光的反应特别敏感,甚至会出现日出时向东,中午时向南,日落时向西的现象,最典型的是向日葵。这种现象一直维持到花盆大了,花柄的组织开始老化了为止。对上述这类生理现象的进一步研究,发现对植物生长发育控制的内在本质——植物激素的存在、性质与作用。

小麦的芽鞘象一个圆的套子,它保护着叶子能突破土壤的阻力生长到大气中来。在种子形成的时候,芽鞘就已经分化好。当种子萌发时,靠了细胞的伸长与膨大,而使芽鞘增长长度与直径,这种能促使细胞伸长的物质就是一种植物激素,叫做吲哚乙酸(简称 IAA)。它产生在芽鞘的尖端,向下传导并发生作用。当光线由一侧照来时,就引起吲哚乙酸在芽鞘中的不均匀分布,在背光面传导得多,而向光面传导得少。在一定浓度范围内,例如 0.1~10 ppm(ppm 即百万分之一)对生长的促进作用,随量的增多而加强,所以背光面的芽鞘细胞伸长生长较快,因此发生向光弯曲。如把弯曲了的麦苗调换一个方向,使原来背光的一面向光,它又可反转地弯曲过来。当然,在光的影响下也会有些其他变化。如向光面产生抑制生长的物质,妨碍细胞伸长等,也是可能的,但比较次要。

吲哚乙酸是普遍存在于植物体内的天然激素。许多生长现象都受它控制。例如当植物倒伏在地面时,茎会向上生长,而根向下生长(图35)。它的原理和向光弯曲相似,是由于受激素量的影响所致。当植物的根、茎平卧地面时,近地面部分由于受重力影响,激素含量比较多,茎的细胞伸长速度近地面部

分快，因此向上弯曲生长。根的生长所要求的激素量比茎少，当根部近地面部分积累较多的激素之后，反而对伸长生长有抑制作用，结果是近地面一侧的生长较慢，

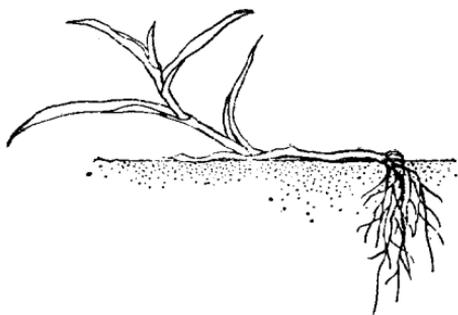


图 35 茎的背地生长与根的向地生长

引起向下弯曲。这种现象可用分离提取不同茎、根部分的激素含量加以证实，也可以用外加激素控制这种变化。例如把吲哚乙酸药粉配成 10 ppm 的羊毛脂油膏，涂在幼嫩茎的一侧，就可引起它发生弯曲。

在生产上用滑石粉配成 50 ppm 吲哚乙酸药粉，粘在插条的茎部可以促进生根，对繁殖木本植物，有提高成苗率的效果。

种烟草主要是收获叶子，当顶端出现花序时，就应去掉，这叫做“打顶”。但摘去顶端以后，叶腋的芽就开始萌发了，这时又要去掉分枝，叫做“打叉”。假如在打顶的同时，涂一点混有吲哚乙酸的油膏，就可以抑制分枝生长。这是什么道理呢？当顶芽存在时，它产生的激素对下部的腋芽有抑制作用，使它们处于休眠状态。去掉顶芽也就去掉了这种抑制作用，腋芽就萌发。顶芽的这种作用叫“顶端优势”。在栽培管理中可以利用这种特性，使分枝生长受到抑制或减弱，也可摘去顶端，使之多生分枝。果树的修剪整枝主要是利用这一特性。

第二节 细胞分裂素(细胞激动素)

细胞分裂素、激动素和“702”等都是核酸类物质，它们对细胞的分裂有促进作用。由树上剪下的带叶枝条，或是一片绿叶，它们即使在有充足的水和无机养料供应下，也不能维持长久，而是逐渐变黄。原因是它们失掉了由根供应的某些物质，其中主要是细胞分裂素。这种物质在根内合成，运输到茎、叶里，促进分生组织的细胞分裂，有助于合成蛋白质、叶绿素等有机物质。这些物质对于幼叶嫩枝的生长是不可缺少的。如把叶柄或枝条浸在含有细胞分裂素(20 ppm)的水溶液内，就可以较长时间地维持鲜艳绿色的生长状态。

许多植物的种实里，含有丰富的细胞分裂素。如椰子液体胚乳(椰子汁)中的激动素，嫩玉米胚乳中的玉米素，它们对细胞分裂、分化都具有极大的生理活性，能促进植物愈伤组织的生长。当然，不同植物的各个器官内所产生的植物激素，其生理活性与形态建成的效应，有很大的不同。

“702”有些地方也叫“701”，是核酸的水解产物，主要成分是单核苷酸。在水稻秧苗移栽前三天喷洒“702”(40 ppm)有促进早发、提高成穗率、增加产量的效果。棉花在花蕾期喷洒“702”，有增加皮棉产量的效果。油菜在移栽时，用 50 ppm “702”沾根，可促进冬壮，有利春发。

植物开花受精后，受精卵发育成胚，这要经过一个细胞分裂与分化过程。其中起主导作用的是激素与营养物质。假若把一个开花后只有五天的胚剥离出来，培养在人工配成的培养基中，这个胚也可以分化完善，并且萌发生长成幼苗。但在人

工配制的培养基中，细胞分裂素和生长素的成分是不可缺少的物质。经过表面灭菌后，在无菌条件下分离出烟草茎的薄壁细胞也能通过人工培养长成一株烟草。用水稻、小麦、烟草等

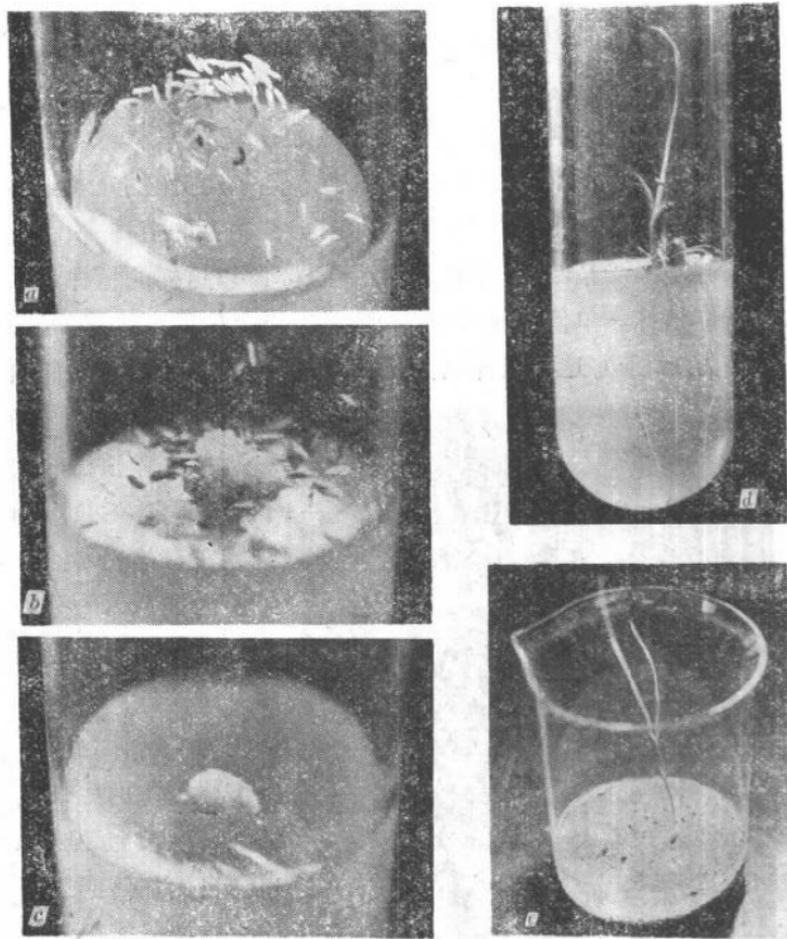


图 36 由水稻花药人工培养长成单倍体幼苗的过程

- a. 水稻花药接种培养 b. 花药经培养长出愈伤组织
c. 愈伤组织移换培养基 d. 开始长出芽和根
e. 用培养液沙培锻炼幼苗健壮

作物的花粉(一般用花药)则可以培养成单倍体植株(图 36)。以上这些办法在选育新的农作物品种方面是有用的。

花粉培养单倍体是怎么一回事? 我们知道, 生物体细胞里的染色体是成对的, 例如水稻是 12 对, 玉米 10 对, 这一般叫二倍体。每对染色体中有一条来自花粉细胞, 另一条来自卵细胞。花粉发育期间, 由于经过减数分裂, 染色体减半成为单倍。把这样的花药采下来作无菌培养, 花药里的花粉经过细胞分裂增殖和细胞分化, 能培养出一株完整的植株。由于花粉细胞不经受精结合, 单性发育成植株, 所以这样的植株只是单倍体植株。单倍体植株的体细胞里, 染色体是不成对的(如水稻为 12 条)。这种植株只能生长, 不能结实。如用秋水仙素

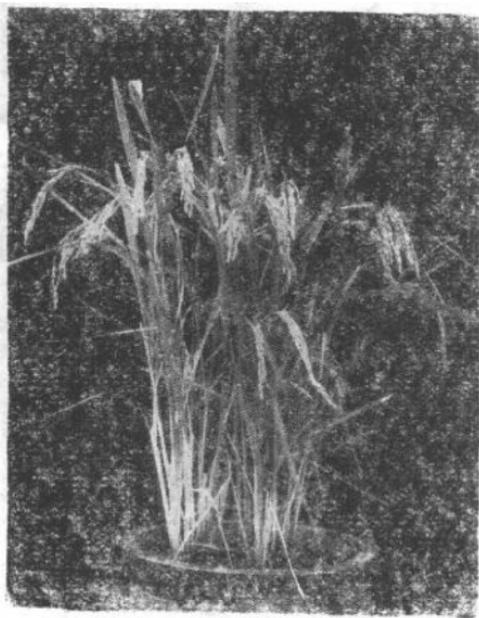


图 37 由花药愈伤组织(农红 73×早丰)长成的水稻植株

(一种生物碱, 剧毒)处理单倍体植株的生长点。那末, 生长点的细胞在有丝分裂时, 细胞内染色体一分为二, 但中间不形成细胞壁。这样, 单倍体恢复为二倍体。此外, 单倍体植株的生长点细胞在生长过程中, 也会自然加倍成二倍体, 植株就能正常开花结实。如用杂交一代或二代的花粉培养单倍体, 然后加倍为

二倍体。这在育种工作上能减少杂种后代的分离，植株性状整齐，而且相对稳定，加快了育种程序(图 37)。在接种花粉的培养基里，细胞分裂素是引起细胞分化的不可缺少的成分。

第三节 “920”与赤霉素

“920”与赤霉素都是一种叫赤霉菌的代谢产物，“920”是粗制品，赤霉素是它的有效成分，是经过化学方法提纯的。这种激素的发现是由研究水稻恶苗病开始的。当赤霉菌寄生在稻的幼苗根际的时候，这些稻苗就长得特别快，显著高出一般正常的稻苗(图 38)。经过研究，明确了起促进作用的物质就是赤霉菌的分泌物。用人工方法培养这种赤霉菌，经过提炼就可得到“920”制品。当把这种制品配成水溶液，用来喷洒农作物时，就可以引起作物速生快长。现已证明植物体内普遍含有赤霉素，但其量甚微。

玉米、大麦、小麦、稻谷种子发芽时，胚乳里的淀粉受淀粉酶和麦芽糖酶的催化，水解成葡萄糖，作为幼苗生长的物质基础。淀粉酶是在糊粉层细胞里合成的，由萌动的胚产生的赤霉素，运转到胚乳内，促使糊粉层细胞合成淀粉酶。刚收获的有休眠期的麦种，在适宜的条件下是不发芽的。但在含



图 38 感染水稻恶苗病菌的稻苗与正常稻苗

有赤霉素(100 ppm)的水溶液里则可发芽。当贮藏了几个月以后,麦种已渡过了休眠期,种子可以发芽时,如再浸入含有100 ppm 的赤霉素水溶液时,反而减少发芽率。看来休眠麦种里存在有自发的相互制约的机理,人为措施也要和它们相配合,才有良好的效果。

同一种植物可以有长得高的品种,也有矮生的品种。玉米和豌豆的矮生类型为什么长不高?也是一个激素问题。矮生作物的顶芽里含有吲哚乙酸,但同时有一种活性很强的酶在不断的破坏它,所以植株长不高。假若用赤霉素水溶液喷洒这类作物的叶子或浇到根部土壤里,就可以使它长得高起来。由于“920”促进生长,在一定范围内生长与用量成正比例,所以,用不同浓度的“920”水溶液培养稻苗,从生长高度加以比较,就能知道粗制品“920”的含量(图 39)。

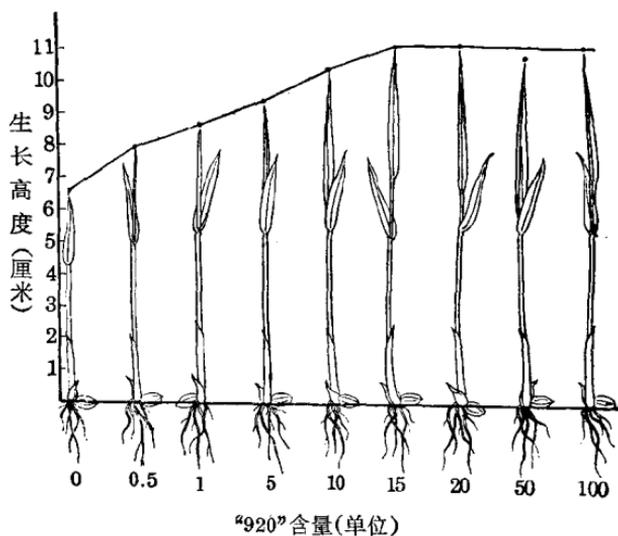


图 39 水稻幼苗的生长曲线

“920”在水稻生产中应用效果较好，主要是防止早衰。在齐穗期喷洒“920”水溶液（早稻 10 ppm，晚稻 20 ppm）可以延迟由于气温高或低，或肥水应用不当等造成的早衰，提高结实率和千粒重。在浙江一般可增产 5~10%。对连作晚稻，在有效分蘖终止时期，喷洒“920”（浓度同上），可以促进发育，减少“迟穗”，用之得当，也可增产 10% 左右。

用“920”药水涂棉铃以防止脱落，是众所周知的，在具体应用方面应该因地制宜。上海市南汇县泥城公社改进了应用“920”的方法，他们只涂下部几只棉铃，促使这些铃在长大成桃的过程中，不断吸取叶子制造的养分，起了控制植株徒长的作用。

第四节 乙 烯

棉花种子也有休眠期，其长短各个品种不同。若把休眠期短、发芽率高的棉籽，同休眠期长、发芽困难的棉籽放在一起催芽，这样，休眠的种子也可以萌发了。经研究得知，解除了休眠的棉籽，在浸种后 5 小时以内开始产生乙烯，到 15 小时以后浓度可达 0.15 ppm。这种剂量足以促使休眠期长的种子萌芽。因此，休眠中的棉籽受到乙烯作用而萌发了。假若把等量的种子分别放在大、中、小三只瓶子里，把瓶口封住，可以看到小瓶里的种子先萌芽。这是因为瓶子小，而产生乙烯的量却与大瓶一样，其相对剂量大，促进作用也就强了。

乙烯是一种气体。香蕉、苹果、梨等果实在成熟的时候也会产生乙烯。乙烯有促进细胞呼吸和加快物质转化的作用。由果实自身产生的乙烯，反过来又加快它们的成熟，使果

实表现出应有的色、香、味。例如将生采的香蕉放在密封的仓库里，用 1/1000 的乙烯(以空间体积计算)熏几天，香蕉就会变得黄软可口。如需延迟香蕉成熟，可在放有香蕉的塑料袋里放上几块经高锰酸钾溶液浸渍过的砖瓦，香蕉放出的乙烯被砖瓦块上的高锰酸钾吸收，可使香蕉多保存 2~3 周。这个办法有利于长途运输。香蕉在装进塑料袋以前，还必须用“多菌灵”药水浸一下，以防腐烂。此外，乙烯在落叶、落果、植株矮化、增加瓜类雌花数等方面均有明显的促进作用。

“事物都是一分为二的。”如果人为地抑制果实产生乙烯，也能够延长它们的贮藏期与供应市场的时间。人工调节气体贮藏就是这样的一种办法。在果实的贮藏库或密封的塑料套中，控制氧气含量在 3%，再配合低温等条件，就可抑制果实的呼吸和乙烯的形成，达到延长贮藏时间的目的。彩色科教影片《隔夜愁变成百日鲜》^①，就是介绍用这种办法保存番茄的科学实验成果。

乙烯是气体，在实际应用时为了携带方便，而生产一种液体叫乙烯利。用 0.1% 的乙烯利水溶液喷在作物上，可进到作物体内，并转变成乙烯发挥作用。如西瓜、甜瓜、番茄、柑桔的青果用上述浓度喷 1~2 次，就可提早成熟，并能促进物质转化增加含糖量。生采的香蕉、柿子在乙烯利(0.1%)溶液中浸一下，取出晾干后，同样有催熟作用。用 10% 乙烯利油剂(与油棕油混合)涂在橡胶树割线下 2 厘米宽的树皮上(事先把涂

① 《隔夜愁变成百日鲜》是一部科教影片，记录北京市商业局菜场职工利用人工调气贮藏法，把容易腐烂的番茄保管了三个多月。这些番茄质量仍然新鲜，供应市场深受广大群众欢迎。它的作用原理就是控制果实的呼吸和乙烯的形成，使其成熟缓慢。

药部位的树皮浅浅地刮去一层,以露出青皮为宜),处理后一天,胶乳排出量即有显著增加(图40)。



图 40 割橡胶(割胶口下方涂以稀利能增产 2~10 倍,已在生产中)

第五节 脱落酸与植物的休眠

每当夏去秋来,日照时间逐渐变短,气候渐渐变冷的时候,在落叶树的树叶里开始产生一种叫脱落酸的物质。这种物质运送到芽里,可以抑制它的生长,使芽进入休眠。经过寒冷的冬季到春天,休眠芽里的脱落酸开始逐渐转化,含量显著减少。与此同时,吲哚乙酸的含量却逐渐增多了。这种随

着气温的升高，叶芽萌发成绿叶新枝的现象是生物与环境统一的表现，也是植物对自然界的适应。由于脱落酸的发现，现在可以初步用人工来促进植物休眠。植物休眠和它的耐寒性有直接关系，所以在这方面值得进一步深入研究。

温带的落叶树木，它们的种子都有休眠期，而且要求一个低温潮湿的条件才能解除，正和它们在自然界里，种子成熟后落到地面上，被落叶覆盖，越过冬天到第二年春天萌发情况相似。有些种子需要经过两个冬季才萌发。在长期的生产斗争中，人们发现了低温湿砂埋藏能满足这类种子的特性。例如把桃、杏、梨或白蜡树的种子埋在潮湿的沙堆里，在冷凉的地方（5°C左右）贮放一个时期（1~3个月），再播种就会发芽。研究发现，新收的种子因含有大量脱落酸而抑制发芽；在湿冷条件下，这些脱落酸经过转化减少了含量，同时，赤霉素的含量却相应增加，种子就能萌发了。看来，种子内脱落酸的存在有妨碍赤霉素产生的作用，因之对于一些需要低温处理方能萌芽的种子，赤霉素有解除休眠的作用。

第六节 人工合成的生长调节剂

在发现了吲哚乙酸和查明了它的化学分子结构以后，人们进行了许多模拟性质的化学合成，生产了一系列新的药品。人们用生物测定方法（如促进芽鞘伸长、种子发芽等）比较它们的作用，从中选出了一些对作物生长有促进或抑制作用的物质。如萘乙酸、2,4-D、三碘苯甲酸、抑芽丹（青鲜素）、矮壮素等，对农业生产起了有益的作用。

在番茄刚开花尚未受精时，如用 2,4-D(10 ppm)水溶液

点花,可以防止落花,并可结成大的无子果实,这已是很普遍的事情了。但 2,4-D 以 500~1000 ppm 剂量的水溶液喷洒在植物上,就会使它们受害死亡,特别是阔叶植物最敏感。因此,在玉米、稻、麦等禾本科作物田间,选择适当时期,喷洒高浓度的 2,4-D 水溶液,就可以灭除阔叶杂草,这在生产上也早已推广应用了。2,4-D(20 ppm)在收割前五天的喷洒大白菜,还可以防止在窖藏时期的脱叶(也叫脱帮)。

萘乙酸的用途也比较广,它可以促使插枝生根。幼树移栽时,用萘乙酸(50~100 ppm)水溶液浸根,栽后容易成活,发根多且长得快(吲哚丁酸对处理插条生根也有良好作用)。萘乙酸也可以产生无子果实。苹果在采摘前的自然落果,如用萘乙酸处理,可以防止,因为它有防止果柄产生离层的作用。

2,3,5-三碘苯甲酸和 4-碘苯甲酸是一种性质比较和缓的抑制生长的药剂。用它们的水溶液(20 ppm)在大豆开花前喷洒植株,可以抑制徒长,多生分枝,节间短,株型矮,开花结荚多,增加产量,比一般早熟 5~7 天,因此又叫它“增产灵”。

矮壮素是另一种生长抑制剂。在小麦拔节前后,用 0.2% 的水溶液喷洒叶子,可以抑制节间徒长,有防止倒伏的效果,一般每亩小麦可增产 5% 以上,在华北、西北各省已推广应用。在阴雨连绵的天气里,用 20~40 ppm 的矮壮素水溶液喷洒棉花叶子,可以抑制枝梢徒长。据北京农大试验指出:在棉株每日株高增长 2.8 厘米的棉田中,喷矮壮素后,可降为 1.44 厘米,并且增加铃重。北京密云县塘子公社调查结果为:处理后单株脱落率减少 10%,每亩成铃率增加 21%,亩产量比对照田增加 10~40%。冬天玻璃温室里的番茄、黄瓜,用了矮壮素可使节间短,结果多。

抑芽丹又叫青鲜素。马铃薯、红葱、大蒜在收获前 2~3 周，用 0.25% 浓度的抑芽丹作田间喷洒，收获后贮藏期中不再抽芽(图 41)，作为商品蔬菜可以延长供应时间半年以上。但用药以后，由于它们的芽分化不好，长不起来，因此不能做种用。



图 41 红葱用不同浓度的抑芽丹处理，贮藏到春节作萌芽比较：不用药的萌芽多(左)，0.05% 效果差，0.15% 较好，0.25% 抑芽效果最好(右)

第七节 植物激素与化学除草剂

人工合成的对植物有调节生长作用的物质例如 2, 4-D, 当低浓度小剂量 (10 ppm) 使用时可以促进生长，如产生无子番茄，而其高浓度大剂量 (500 ppm 大田喷洒) 则可以杀死阔叶类杂草，而对禾谷类作物为害很小，因而被利用作为麦田、稻田中的除草剂。在除草剂中，有些除草剂只能杀死某些植物，而对另一些植物较为安全，称为选择性除草剂，如 2, 4-D、敌稗等。有些除草剂则无选择地杀死生长着的植物，只能在作物播种之前或刚播种后施用，以杀死杂草。这类除草剂也叫灭生性除草剂，如五氯酚钠。

目前在我国广泛应用的除草剂有几十种，根据杀草的途径不同，可分为：内吸传导性和触杀性。除草剂杀草而不伤禾苗的原理，主要是利用作物与杂草体内对药剂抵抗力的大小；外部形态、结构的区别；根系和茎叶分布的差异；苗、草发生时间的不一；及施药方法的科学处理等。不同的除草剂对不同杂草具有不同的生理破坏作用，有抑制光合作用，有干扰呼吸作用，有影响细胞分裂、伸长、分化等等。例如“敌稗”在水稻秧田喷洒时，稻苗和稗草茎叶上都被洒上了药水，这些药水通过皮层或气孔进到它们的体内。在稻苗中有一种酶能分解“敌稗”，把“敌稗”分解成没有毒性的物质，而稗草却没有这种能力，所以稗草就受毒害死亡，而稻苗仍然健壮的成长。

茅草是为害果园、茶园、桑园、橡胶园的主要杂草。它根深叶多、繁殖力特强，用一般方法很难灭掉。自从发明了“茅草枯”以后，它们就比较容易消灭了。这种药喷在茅草的叶子上以后，不但被叶子吸收而且可传到根里，破坏它们的生理机能，使茅草逐渐连根枯死(图 42)。这种除草剂的特点是内吸



图 42 用“茅草枯”消灭茅草

传导性的,对灭除有地下根、茎的杂草十分有用。

“敌草隆”和“灭草隆”是棉田中常用的除草剂,它们可以杀死多种一年生杂草。在棉籽播种后,立即把药剂喷在土壤表面,由于这类药水溶性小,雨水只能把它们分散在土壤表层,形成一个有药的薄土层。杂草种子小,耕田时翻在土表多,杂草种子萌发后根部接触到药剂,吸收传导到茎叶各部,阻碍杂草养料的制造,引起杂草饥饿。棉籽在下种时开沟覆土较深,在药

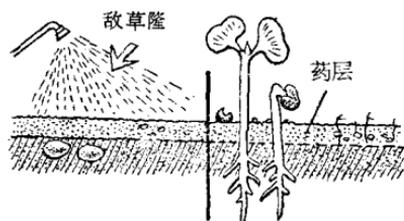


图 43 “敌草隆”对棉田除草的应用

层影响范围之下萌发,根向下层伸长不受影响,苗向上长通过表土时,因有种壳与子叶保护也不易受到伤害,能够长成植株(图 43)。这是利用作物与杂草间萌发与生长的差

异,而达到选择灭草的目的。

化学除草的增产效果一般都比较显著,特别在人力不足和草荒严重的情况下更为显著。例如上海市青浦县徐泾公社用“绿麦隆”做麦田除草,对三麦产量的增产幅度在 7.3% 到 50.08% 之间。其中 6 亩小麦田在收获时检查,用药的麦田每平方市尺内有繁缕草 7 株,不用药的对照麦田每平方尺内有杂草 75.5 株,其中 66.5 株是繁缕草,共计鲜重 428 克。这块用药的田多生产小麦 300 斤。增产的主要原因是由于除草彻底,排除了杂草对日光、肥料与水分的竞争,从而改善了麦子的营养条件,增加了有效穗数、每穗粒数和千粒重。

表 6 除草剂用法简表

药剂名称	防除对象	使用方 法 (商品量/亩)	说 明
除草醚 25%可 湿性粉剂	能杀死由种子萌发的草芽;对牛毛毡、稗有特效。	1. 水稻播前,芽前,2~3叶期至拔节前都可使用,单用6两~1斤,与五氯酚钠等混用3~5两,浅水层毒土处理,施药后保水3~5天。 2. 棉花、大豆等旱地作物,播后芽前与敌草隆、扑草净等混用4~8两。	1. 对人、畜低毒。 2. 施药后7~14天药效最明显,有效期20~30天左右,有效期内不要翻动毒土层。 3. 可与硝酸铵、硫酸、碳酸氢铵、尿素、钙镁磷肥等混用。
五氯酚钠 65~70%湿剂	防除由种子萌发的草芽,对牛毛毡仅有杀伤作用;兼除钉螺、蚂蝗等水生动物。	1. 水稻:播前5~7天,水直播田4~5叶期,插秧后稻苗已返青直至拔节前均可使用1~2斤。与其它药剂混用时,用量减半。浅水层毒土处理。保水5~7天。 2. 棉花、大豆等旱地,宜与扑草净、敌草隆等混用,每亩5两~1斤。播后芽前使用。	1. 对人、畜毒性中等,对鱼类剧毒。 2. 作水稻播前处理的要有5~7天间隔期,播种时要换水洗田。 3. 施药后5~10天药效最明显,有效期15天左右,有效期内不要翻动毒土层。 4. 可与硝酸铵、硫酸、碳酸氢铵、尿素、钙镁磷肥混用。 5. 阳光直接照射易分解。
敌稗 20%乳 油	防治稗草及多种一年生杂草幼苗对莎草科的一年生杂草和牛毛毡也有一定效果。	水稻扎根后,大部分稗草不超过二叶期,用1~2斤,排水喷雾,二天后正常排灌。	1. 对人、畜、鱼类低毒。 2. 晴暖天喷药6小时后下雨对药效影响不大。 3. 易挥发燃烧,用后盖紧。在土壤中易分解,不宜作土壤处理。 4. 不要与有机磷混用。
灭草灵 25%可 湿性粉剂	防除多种一年生杂草。	水稻秧田和直播田:随播随用,或播后3~4天,2.5~3斤,浅水层毒土处理,保水2~3天。稗草2~3叶期,1.5~2斤,排水后喷雾,当天不进水。水稻插秧本田:插秧后4~5天返青时,2.5~3斤,浅水层毒土处理,5~7天内不排水。	1. 对人、畜、鱼类低毒。 2. 对水稻幼芽安全。药效表现较迟,施药后7~10天药效最明显。有效期约20天。

续上表

药剂名称	防除对象	使用方 法 (商品量/亩)	说 明
2,4-D 钠盐80%粉剂	防除莎草科和阔叶杂草,与除草醚、五氯酚钠混用对眼子菜等有效。	1. 水稻: 整地前 7~10 天, 用 1.5~3 两喷雾处理。插秧后返青时或第一次中耕后, 不超过 1 两与除草醚、五氯酚钠混用, 浅水层毒土处理。无效分蘖期, 用 1.5~2 两, 毒土或喷雾处理。 2. 小麦: 4~5 叶到拔节前可用 2~2.5 两喷雾。玉米、高粱: 播后芽前用 1.5~2 两, 土壤处理。	1. 对人、畜安全。 2. 施药后 10~20 天药效最明显。 3. 水稻三叶期前或拔节后使用, 会使水稻受害。 4. 对棉花、豆类、瓜类、番茄等作物, 敏感, 严禁与这些敏感作物种子混放, 用时要与敏感作物有 50~100 公尺隔离区。用过的器械要彻底洗干净。 5. 可与硫酸、乐果、二二三、六六六等混用。
2,4-D 丁酯72%乳油	同 2,4-D 钠盐	1. 使用方法基本上与 2,4-D 钠盐相同, 但用量比 2,4-D 钠盐少 1/3~1/2。 2. 水稻无效分蘖期, 小麦 4~5 叶至拔节前, 用 5 钱~1 两喷雾处理。 3. 玉米、高粱每亩用 1~1.5 两, 播后芽前土壤处理。	1. 极易挥发, 在棉粮夹种区严禁喷雾。 2. 其它与 2,4-D 钠盐同。
二甲四氯 70% 粉剂	同 2,4-D 钠盐	水稻 2~3 叶期用 2~3 钱, 4~5 叶期用 6 钱~1 两, 无效分蘖期用 1~2 两, 都是浅水层毒土或喷雾处理。	1. 对水稻比 2,4-D 钠盐较安全, 而且在 20°C 以下使用, 有较好效果。 2. 其它与 2,4-D 钠盐同。
扑草净 50% 可湿性粉剂	防除多种一年生杂草和牛毛毡, 对多年生杂草如眼子菜等也有一定效果。	1. 水稻秧田和水直播田播前或芽前 3~5 天, 或插秧本田稻苗返青后, 毒土处理, 单用 4~8 钱。与除草醚、五氯酚钠混用, 用量减半。 2. 可在多种旱地播后芽前使用, 棉花、甘蔗单用 4~6 两, 大豆、花生不超过 3 两。	1. 对人、畜、鱼类毒性较低。 2. 施药后水田 14~20 天, 旱地 30~50 天效果最明显, 有效期 20~70 天。 3. 可与六六六混用。
西玛津、阿特拉津都是 50% 可湿性粉剂	对大部分一年生杂草有杀除作用。对野燕麦有一定效果。	一般旱地如玉米等作物田, 播后芽前用 3~4 两, 土壤处理。 茶园、果园在杂草萌动期或中耕后, 用 3 两。	1. 对人、畜低毒。 2. 有效期 2~3 月。 3. 有些后茬作物如黄豆、油菜等, 易受药害。 4. 阿特拉津尚能杀除深根性杂草。

续上表

药剂名称	防除对象	使用方 法 (商品量/亩)	说 明
茅草枯 87%粉 剂	防除茅草等多年生及一年生禾本科杂草有特效。	橡胶园、果园等在杂草生育期用1~2斤,茎叶喷雾。用3~5两与其它药剂混用,可用于茶园、棉花(播后芽前处理)。	1.对人、畜低毒。 2.有效期20~60天。 3.喷雾处理避免药液沾到茶树等作物上。
敌草隆 灭草隆 非草隆 除草剂一 号 后者为 50%粉 剂,其它 均为25% 可湿性粉 剂	防除多种一年生杂草。灭草隆、非草隆还对深根性多年生杂草和灌木有防除作用。	棉田: 敌草隆、灭草隆用4~6两,除草剂一号用6两~1斤,均播后芽前使用。也可与其它药剂混用。 大豆、花生、茶园及果园可用混合配方。 非草隆2~8斤可用于非耕地作灭生性除草。	1.对人、畜安全。 2.有效期2个月以上。
甲基砷酸 二钠 20%可 湿性粉剂	防除多种一年生杂草,对多年生杂草如香附子等也有抑制作用。	茶园: 在杂草1~3叶期,用1.5~3斤喷雾。 棉田: 播后芽前2~4斤作土壤处理。	有效期1个半月。

第八章 提高作物对不良环境的抵抗力

要获得作物高产稳产，并不是一帆风顺的。因为作物在生育过程中，天气变化比较复杂，常因遇到各种不良的气候条件，引起生理上的失调，影响高产稳产。如早春晚秋发生的低温、霜冻和连绵阴雨；夏季的高温、台风和暴雨；以及有些年份，由于雨水不调，而发生旱、涝等情况。此外，在内地和沿海，部分土地盐碱性较重，不利于作物生长。

但是，作物对于环境有一定的适应能力。在环境条件变化的同时，作物体内也往往随之发生相应的生理变化，以适应变化了的新环境。如果不利因素的影响超出了作物本身的适应范围，作物的正常生长就会受妨碍，导致产量上不同程度的下降。

自然界异常的天气和不良的环境是客观存在的。因此，异常气候对作物的有害影响也是经常发生的。问题在于：是人定胜天，还是靠天吃饭。这也反映了两种截然不同的世界观。我们要善于掌握各种自然灾害发生、发展的规律，认真对待并战胜它。

毛主席号召“农业学大寨”，大寨贫下中农在毛泽东思想指引下，发挥冲天革命干劲，誓做大自然的主人。大寨是高寒地区，无霜期很短，“七沟八梁一面坡”，不同程度的自然灾害，

每年都有发生。但二十多年来，大寨的粮食产量增长了将近10倍。我们要学习大寨贫下中农与天斗、与地斗、与阶级敌人斗的大无畏革命精神，战胜不良环境，夺取农业高产更高产。

第一节 低温、霜冻对作物的影响 及提高作物的抗寒性

(一) 低温、霜冻对作物的影响

低温对作物的危害，按低温程度与受害情况，可分为冻害和寒害两类。

1. 冻害：气温下降至冰点以下，植物内部发生结冰而受害的现象，称冻害。

当气温缓慢下降至冰点以下时，由于细胞间隙内的溶液浓度低于细胞液浓度，因此在细胞间隙内往往先形成冰晶体，而使细胞间隙中未冰冻的溶液浓度变得高于细胞液。结果引起细胞内的水分外渗，并在细胞间隙部分继续形成冰晶体。这样就使细胞液浓度因不断失水而增高，结果导致原生质胶体因严重脱水而变性。同时细胞间隙内冰晶体的形成和体积增大，又会使细胞原生质受到机械损伤。

植物组织在发生细胞间隙结冰后，是否死亡，还要看结冰的程度、解冻的速度以及植物抗寒能力的强弱而定。如果气温缓慢升高，则解冻也慢，能使原生质吸回细胞间隙解冻后的水分，而恢复生命活动；如果升温和解冻太快，细胞来不及吸回所失的水分，而这些水分又很快蒸发散失，植物组织便脱水

干枯，不易恢复生机。

当寒潮来临，气温骤然降到冰点以下时，便发生细胞内结冰的现象。这时原生质内的水分也会形成冰晶体，它们会直接破坏原生质的结构，对作物危害更大。所以在寒潮来临之前，做好作物的防冻工作，十分重要。

2. 寒害：对于喜温作物，如气温降低到 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，即使不低于 0°C 时也可以引起种种生理上的机能障碍，因而遭受损伤，这称为寒害。

在低温程度较轻，且为期较短的情况下，只发生原生质活力降低而使作物生长阻滞，这种情况，只要在恢复常温之后，抓紧管理，往往可使植株迅速恢复正常生长，几乎不发生受害的现象。如果低温时间持续过长，则使作物生理机能衰弱，生长发育延迟，就要影响产量。

此外，低温会引起根的吸收机能衰退。在低温下，根的伸长变慢，细胞原生质粘度增大，生命活动能力减弱。低温直接抑制根的呼吸作用。由于上述生理机能的衰退，必然阻碍根系对水分和养料的吸收，引起元素缺乏症或生理干旱。

在春季低温的同时，往往伴随长期阴雨天气，减弱了作物光合作用，使作物体内有机物质积累不多，对不良环境的抵抗力减弱，所以往往湿冷比干冷危害更重。

大田作物中，早稻秧苗期、晚稻抽穗开花期和越冬作物的生育前期，都易受低温危害。

早稻秧苗期受低温、霜冻危害后，容易烂秧。烂秧是烂种、烂芽、死苗的总称。烂种、烂芽主要由于种子质量不高或管理不当造成的。死苗有青枯、黄枯两种现象。

青枯死苗是秧苗遭受的寒害较重，且都在低温过后的大

晴天发生。因为土温还较低，根系吸水困难，而气温增高，空气相对湿度减小，引起苗叶蒸腾加强，失水较多。由于幼嫩叶片细胞含水量高，细胞液浓度较低，组织幼嫩，保水力差，所以心叶等幼嫩部位先开始失水干瘪，发生卷心枯死，最后整株秧苗干瘪死亡。

黄枯死苗是由于秧苗受寒害较轻，田间湿度较大，秧苗代谢活动虽也遭到不同程度的破坏，但是被酶分解的物质能从老叶转运到心叶进行再利用。于是叶片由外至内，从老到嫩逐渐变黄枯死。如果秧苗生长健壮或品种耐寒，管理及时也可免于死亡。若管理不及时，在叶片变黄后，往往由于伴随病菌侵入，而加速死亡。

连作晚稻的空秕粒、翘稻头影响产量较大。产生空秕粒、翘稻头的原因很多，有因本身未完成授粉作用而引起的；也有因穗部营养不良而造成的。这些都与气候关系十分密切。水稻在穗粒发育期间，需较高的温度，一般在 25~35°C 较为适宜，特别是生理活动旺盛的花粉母细胞减数分裂期和抽穗开花期，如果遇到日平均温度在 20°C 以下，最低温度不到 15~17°C 的情况，就会影响花粉粒发育和开花受粉过程，而产生空秕粒，甚至翘稻头，颗粒无收。连作晚稻齐穗期气温与空秕率的关系，见表 7。

表 7 连作晚稻齐穗期气温与空秕率的关系
(1971 年, 江苏吴县)

齐 穗 日 期	日平均气温 (°C)	最低气温 (°C)	空秕率 (%)
9 月 20 日~9 月 25 日	21.6	19.0	18
9 月底~10 月初	19.3	17.5	33

表7说明,连作晚稻凡抽穗早的,当时气温较高,有利开花受粉,灌浆充实,空秕率就较低。如抽穗延迟,遇气温较低,不利开花受粉;同时,稻株内的养料向谷粒运输减慢,空秕率就高。

棉花生育后期,若遇秋季低温,也会影响棉铃充实和纤维发育。因为温度低,减慢了有机养料运往棉铃的速度,夜间温度在 20°C 以下,纤维的发育就会停滞。1971年9月中、下旬,江浙一带出现低温,据肖山县气象资料:9月19日至21日,日平均气温降为 $17.1\sim 19.2^{\circ}\text{C}$ (上年同期为 $19.6\sim 25^{\circ}\text{C}$),结果普遍出现大批瘪铃,明显影响产量和品质。

大小麦、油菜等越冬作物,在一般情况下,由于长期适应了冬季寒冷的天气,对低温有一定的抵抗力,在冬天也能缓慢地生长。但若遇上非常寒冷的天气,超出了它所能适应的低温范围,或由于栽培管理不当,这些越冬作物也同样会遭受冻害。例如油菜,如果越冬前气温较高,肥水过多,叶片生长较柔嫩,就易受冻。按油菜的冻害轻重可分成三种情况:(1)叶片僵化,呈油绿色,坚脆易断,这是由于叶片内结冰引起的。到中午气温上升后,这些叶片又渐渐萎垂,这类植株若冻害不重,或品种抗寒力强,有时能随气温逐渐回升而复原。(2)叶片皱缩,严重的表皮破裂,这是由于在低温下,叶片各部分的细胞生长速度不一致而引起的,一般不能复原。(3)叶片黄枯,这是遭受严重冻害的结果,叶组织失水多,细胞原生质结构破坏,这类植株都不能复原。另外,有些迟播油菜,根系发育差,随着土壤的冰冻和融化的交替进行,容易产生抬根,使根系露出表土,直接受冷空气影响,危害就更严重,往往引起死亡。

(二)作物抗寒性的生理基础

在正常的冬季，越冬作物能够缓慢又较稳健地生长。这是因为作物在秋季阳光充足的情况下，积累较多的光合产物；同时，由于秋季气温逐渐下降，昼夜温差大，作物呼吸作用和生长速度都减慢，用于呼吸、生长的消耗减少，这样糖分就可以积累起来。当冬季低温来临时，作物体内的淀粉在酶的作用之下，水解成可溶性糖。这也是作物长期适应自然环境，保存自己的一种生理现象。因为糖对原生质有保护作用，它增加了细胞液的浓度，使细胞不易结冰，有利于增强抗寒力。下霜后的青菜、萝卜等味道变甜，就是这个道理。我们也可以做个小试验：在寒冷的天气里，当温度降到 0°C 时，在一个杯子里盛上清水，另一个杯子里盛糖水，均放在室外。不久，就可看到，盛清水的杯子里出现了冰块，而另一杯照样还是糖水，没有结冰(图44)。糖溶液浓度越高，越不易结冰。此试验说明了在低温下细胞内含糖量高，不易结冰的道理。

此外，由于气温渐渐降低，根系生命活动减弱，吸水较慢，而此时茎叶的蒸腾作用却相对较强，这就使作物体内自由水含量减少，相应地增高了细胞液的浓度，也减少了结冰的可能。通过以上一系列生理上的变化，就增强了越冬作物对寒冷的抵抗力。因此，秋季多晴天，对提高作物的抗寒性是有利的。

第二年开春后，气温逐渐升高，作物的生理活动开始活

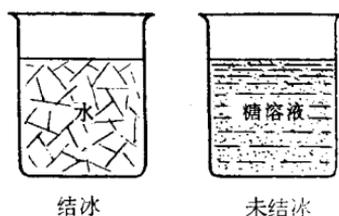


图44 水与糖溶液在 0°C 气温下的比较

跃，生长加快，体内积累的糖分用于呼吸和其他各种生命活动，使细胞内含糖量减少。而且，随着土温的回升，根系吸水力渐渐增强，作物的含水量就相应增多，因此抵抗低温的能力就随之减弱。若春暖后再受强大冷空气影响或出现晚霜，这时对作物的危害就较严重。

(三)提高作物的抗寒性

防止早稻死苗，首先应做好保温工作，如采用塑料薄膜育秧，秧田盖灰吸热增温，有寒潮时灌水护苗等措施，可以防止低温的直接危害。特别在秧苗二、三叶期，抗寒力差，应灌好“拦腰水”护苗，以提高土温，维持根系正常的生命活动。若遇晚霜，则在夜间深灌，使秧苗没顶，清早排浅，也可达到护苗的目的。其次要经常注意气温剧变，如冷后暴晴或霜后晴天，遇到这种情况，应在太阳出来前，排去秧田内的冷水或霜水，换上“薄皮”新鲜水护苗，以增强根系生命活动，使到太阳出来稻苗蒸腾量大时，由于根系能正常吸水，可以保持稻苗水分平衡，不至于发生青枯死苗。

对连作晚稻，要根据不同品种特性和当地安全齐穗期来推算适宜的播种期，适时移栽，确保在安全期内正常抽穗。在苏南、浙北和上海一带，应在9月25日前达到齐穗，因为抽穗开花期，如遇到日平均温度在 20°C 以下的低温和阴雨天，就易影响开花受粉，致使空秕粒增加，减低产量。而这一带9月下旬至10月上旬，正是夏、秋过渡季节，常有冷空气影响，温度下降快。根据近二十多年来上海地区平均温度的资料，9月25日前降温机会较少，9月26日后降温机会增多，愈往后，降温机会就愈多。所以，9月25日前齐穗的晚稻，产量就不

易受低温影响。此外，要防止插秧过深，以免迟发；防止过迟或过多的施氮肥，以引起贪青迟穗，遭受低温的危害。对有可能迟穗的连作稻，若抽穗期遇低温，应立即灌水护根，发挥以水增温的作用，效果也较良好。

适时播种越冬作物，有利于提高抗寒性。越冬前增施有机肥料，有防冻保暖作用，因有机肥料经土壤微生物分解，可放出热量，有提高土温的作用。此外，进行薄片培土，增加空气层，使太阳光的热量可以贮存在薄片之间，也可起良好的防冻作用，就象棉被晒过太阳，特别松暖一样。

北方冬小麦是秋天播种的作物，在冬天它要渡过零下几度，甚至零下20多度的严寒。群众对冬小麦有浇冻水的经验，由于水的热容量大，土壤水分增加，可稳定地温，减少冻害。据试验，适时浇冻水可增产10~20%，关键是掌握灌水时间。过早，由于水分大量蒸发，起不到应有的作用；过晚，由于温度降低，水渗不下去，而在地面形成冰层，盖住麦苗，使麦苗不透气而闷死。群众的经验是：“不冻不消灌水太早，只冻不消灌水迟了，夜冻昼消灌水正好。”在干旱年分，浇冻水不仅有利于小麦越冬，而且有利于次春根系的发育及增加分蘖。

第二节 高温、干旱对作物的影响及提高作物的抗旱耐热性

(一) 高温对作物的影响

一般说，在作物生长过程中，较高的温度对作物是有利的，但温度过高也有害。在高温下，会使作物细胞内蛋白质结

构破坏而凝聚变性，叶绿体也被破坏，叶绿素失去活性，减弱作物的光合作用。温度过高，又会引起呼吸作用增强，养料消耗增加。如果在作物开花期遇高温，则降低花粉生活力，影响受粉，造成稻、麦的空壳和一些作物花蕾、幼果的脱落。所以过高的温度对作物影响是很大的。

在连作晚稻育秧期间，若气温过高，易发生烂秧。芽谷落田后，如果灌薄水上秧板，会烫死种芽。据测定，中午气温在 37°C 以上时，薄水层温度就达 43°C 以上，不但烫死种芽，连二、三叶期的幼苗也会烫伤。

(二)作物抗热性的生理基础

有些作物如甘薯、南瓜等比较耐热，在较高温度下仍能维持正常的代谢活动。其主要原因在于：在高温条件下，它们的呼吸作用增长较慢，而光合作用强度可以超过呼吸强度，所以植株内仍有一定数量的有机物质积累。此外，抗热性强的作物，它们细胞内的蛋白质比较稳定，不致因热而发生凝聚变性。

(三)干旱对作物的影响

作物常遇到的干旱，有土壤干旱和大气干旱两种。土壤干旱是土壤中缺乏作物可利用的水；大气干旱是土壤中虽有作物可利用的水，但因气温高，空气相对湿度低，风速大，作物蒸腾失去的水大于根系吸收的水，引起水分代谢失调。后一种情况若持续时间长，土壤水分也会缺乏，而变成土壤干旱。除了环境引起干旱外，有时因土温过低、土壤通气不良或盐碱土壤，都会使根系生命活动受阻，吸水能力减弱，而造成作物

缺水,这种干旱称生理干旱。

作物遭严重干旱时,细胞原生质的正常结构受到破坏,直接影响生命活动的正常进行。同时,蛋白质和淀粉等贮藏物质大量分解,妨碍作物生长。此外,植株缺水时,使有机养料运输受阻,运往花果种子等部分的养料减少。干旱还会引起作物体内水分的重新分配,幼叶、生长点和花蕾等幼嫩部位,其细胞液浓度较低,吸水力也较小,因此容易失水而干枯或脱落。

水稻是沼泽作物,比旱作物易受干旱的影响。当土壤含水量减少到田间持水量的60%以下时,产量就有影响。当减少到40%以下时,产量就剧减。但水稻不同生育期的抗旱能力也是有差异的,如孕穗期代谢旺盛,是一生中对缺水反应最敏感的时期。在此时期,原生质的粘性和弹性都明显降低,细胞失水后不易恢复原状,所以抗旱力减弱;同时,因生殖器官的形成,必须有足够的水分才能顺利进行各种生命活动,如果受旱,影响产量最大。据前中国农科院江苏分院1961年在江苏溧阳县调查:水稻孕穗期受旱比未受旱的大田减产达47%左右,抽穗期受旱减产14~33%,灌浆期如果受旱严重且连续14天以上,影响养料运输,也要减产23%。

盛夏季节,日照强,空气湿度低,土壤中水分蒸发快,只要半个月左右不下透雨或不灌溉,就有干旱可能。此时正是棉花现蕾开花结铃时期,需水量大,据测定,1亩棉田每天由棉株蒸腾的水分,可达5000斤以上,如果土壤干旱,由于生理上的不协调,会造成蕾铃大量脱落。上海植物生理研究所试验指出,土壤含水量少,蕾铃脱落率就高,土壤含水量适中(占土壤干重的20~30%),脱落最少(表8)。

表 8 土壤含水量与蕾铃脱落关系

土壤含水量 (%)	蕾铃脱落率 (%) (10株平均)
15 以下	41.9
20~25	35.9
30 以上	37.6

(四)作物抗旱性的生理基础

作物中以高粱、玉米、小米最抗旱，人们称高粱为“植物界的骆驼”。抗旱作物有发达的根系，叶片细胞较小，角质层厚，气孔小，叶脉密，这些构造便于水分的贮藏与供应。此外，抗旱作物单位叶面积上气孔数目多，有利光合作用，而且可以散发热量，避免因热害而使原生质、叶绿体变性。

除上述抗旱特征外，作物抗旱性强弱最根本的内在生理因素是原生质的保水能力。当作物组织失水时，原生质仍能保持一定的水分，就可避免因脱水而凝聚变性。再从整个生理活动看，抗旱作物在组织失水时，一般仍能保持一定的合成能力。但抗旱性弱的作物，当组织失水时，水解作用就占优势，这是很重要的特征。

(五)提高作物抗旱性

1. 选用抗旱力强的品种。

2. 人工抗旱锻炼 生产上常采用的甘薯饿苗等方法，在干旱条件下，增产显著。

甘薯剪苗，一般在下午进行较好，此时组织含水量少，通

过将近一天的光合作用, 有较多的有机物质积累, 容易发根成活。剪后饿苗 1~3 天 (放在阴凉处进行抗旱锻炼), 待切口愈合、节部有发根倾向时, 就可扦插。经过饿苗后, 含水量减少, 组织老化, 抗旱力增强, 能促使发根成活(表 9)。福建普江农民的经验, 认为早藤饿苗时间宜长, 晚藤宜短。

表 9 甘薯饿苗对根系生长的作用

扦插条件	藤苗种类	发根数	发大根长度 (厘米)
干燥土壤	当天藤苗	14	4.8
干燥土壤	饿苗	26	8.8
湿润土壤	当天藤苗	29	0.9
湿润土壤	饿苗	30	0.9

3. 增施钾肥及有机肥料 钾能增强原生质的保水能力, 对抗旱有一定作用。有机肥料可以改良土壤结构, 提高土壤蓄水能力。

4. 加强计划用水 作物一生中对缺水反应最敏感的时期, 一般在营养生长转入生殖生长的阶段, 在这个时期就需充分灌水, 以满足作物生长发育的需要。对比较耐旱的生育阶段, 在缺水的情况下, 可以适当节约用水。

5. 抓紧中耕除草 干旱开始, 当土壤还未完全干燥时, 就抓紧进行中耕除草, 使土壤疏松, 切断土壤毛细管, 以减少水分蒸发。这样既有利于根系的生长, 增强吸水能力, 又可防止田间杂草与作物争夺水分和养料。

炎夏季节, 高温、干旱常同时发生, 这对作物非常不利。

广大贫下中农有战胜自然灾害的丰富经验，常采用以水降温，以水增湿等办法来战胜高温干旱。如棉花开花结铃盛期，常遇上高温干旱天气，若采用夜晚沟间灌水、早晨排除等措施，既满足棉花对水分的需要，同时又降低了土温和株间的气温，可减少蕾铃脱落。

著名的红旗渠灌溉着全县五十二万亩小麦。林县山高坡陡，太行山的五月，干旱炎热，但这里是天旱地不早，全长3000多公里的渠道清水奔流，450座中、小型水库同时开闸，1000多眼机井一齐动用灌溉，保证了年年丰收。所以开辟水源，兴修水利是非常重要的。

第三节 水分过多对作物的影响及提高作物的抗涝性

(一)水分过多对作物的影响

作物长期淹水引起危害的主要原因是：在淹水的土壤中，氧气不足，根系缺乏生命活动必须的氧气，不能呼吸，阻碍了它对肥水的吸收。所以长期淹水的作物因干旱、窒息而死亡。

土壤水分过多，旱作物的根系在形态上会发生变异，形成浅根、细根，根毛显著减少。播种后一直淹水的小麦，10天后在根系分布上就与不积水的有显著差别(图45)。反之，旱地作物的根系，又会因地下水位低而深入下层。凡地下水位高的，根系大多分布在上层，发育不良，影响了植株地上部分的生长。

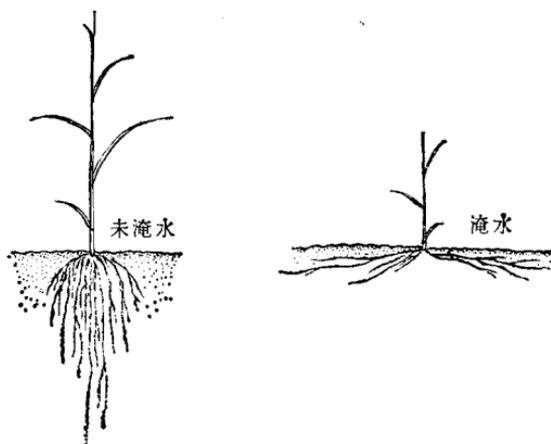


图 45 小麦幼苗淹水和未淹水的根系分布比较

作物茎叶如果淹水，光合作用停止，无氧呼吸增加，消耗大量贮藏物质，使生命活动陷于紊乱甚至停顿状态，各种组织变得软弱无力，很快发粘变黑，腐烂或脱落。

不同作物以及同一作物不同的生育阶段，对涝害反应不一样。小麦幼苗水淹 5~10 天，便会死亡。棉花、大豆也很忌涝，淹水 1~2 天，叶片就自下而上地脱落。因为老叶受涝时间较长，危害较重；加上因土壤通透性差而造成作物生理干旱时，受害较重的老叶最容易失水而脱落。水稻虽比较耐涝，能在水田生活，但也不能长时间灌深水或受淹，特别在孕穗期，对水分的多少反应最灵敏，这时如受淹，减产最多，抽穗开花期受害次之，苗期受害反应较轻。1962 年 9 月，浙江省宁波、台州、加兴等地，遭受特大洪涝灾害，全省受涝面积达 802 万亩，据加兴农科所调查，晚稻以孕穗期受涝产量损失最大，轻的损失 20% 左右，重的损失 80% 以上。

根据淹水会伤害植物的原理，广大贫下中农变害为利，采

用秧田淹水灭稗。由于稗草种子小，养料少，到幼苗二叶末期，养料已消耗完，此时抗涝力最弱。而二叶期的水稻幼苗，种子内养料仅消耗一半左右，而且稻苗不定根陆续长出，抗涝力较强，故淹水灭稗不会伤秧。

棉花苗期常因春雨和霉雨过多，田间湿度大，甚至积水，影响根系生命活动。根系生长差，容易遭受病菌侵入，造成烂根死苗。秋季常因阴雨连绵，阳光不足，田间湿度大，使中下部棉铃不能正常吐絮而造成烂铃，严重影响产量和品质。

(二)作物抗涝性的生理基础

作物由地上部分向根系供应氧气能力的大小是抗涝性不同的主要原因。水生植物如藕深埋在池塘中。池塘中空气不流通，而藕里有大小不等的孔，这孔与叶柄的孔相通，叶内也有许多间隙，与叶的气孔相通。因此，深埋在淤泥中的藕，能通过叶面呼吸新鲜空气，而正常地生活。水稻根系和茎叶都有通气组织，空气从茎叶进入，经过通气组织到达根系，所以它的根系较能忍耐低氧环境，能在水田生活。但在水稻栽培上，也要适时进行烤田，增加土壤通气性，促使根系生长。

(三)抗涝措施

抗涝工作中，除修建防涝水利工程外，对受涝作物应及时排水抢救，争取顶部及早露出水面，使作物不致窒息而死，同时又可进行一定的光合作用，以减轻损失。但对涝害重的作物，若涝后又遇猛太阳，就不能将水一次排干。一定要使作物有个逐渐恢复的过程，否则容易因地上部分水分蒸发快，根系吸水困难而造成缺水枯萎，反而加重损失。受涝退水后，要冲

洗去沾污在茎叶上的泥沙,保证叶片顺利进行光合作用,减轻机械损伤,及早恢复正常生长。

根据受涝后作物的生长情况,适当追施速效肥料,或根外追肥,对恢复生长和增强抵抗力均有促进作用。此外,由于作物受涝后抵抗力减弱或叶片受损伤等原因,会增加感染病菌的机会,所以还应及时做好防病工作。

第四节 盐碱土对作物的影响及提高作物的抗盐性

(一)盐碱土对作物生长的影响

我国沿海和内地有部分土地含盐分较高,不利于作物生长。尤其在干旱年分,灌溉水不足时,盐碱危害更加严重。

作物受盐碱危害后,表现最明显的是抑制了根系生长。由于土壤溶液的浓度往往大于根细胞液的浓度,造成细胞水分外渗,使根尖及新根呈黑褐色。严重时整个根系发黑腐烂,失去生活力,造成死苗。

作物受盐碱危害后,氮素代谢破坏,叶绿体内蛋白质合成也受到破坏,水分状况恶化,新陈代谢减弱,加上根系生长受到抑制,致使整个植株矮小,叶子不能充分展开,缺绿,叶尖枯黄卷缩。受害严重的植株,叶片都会枯死。

盐碱对作物的间接危害是使土壤通透性变差。土壤出现“湿时一团糟,干时象把刀”的状态,不仅耕作困难,而且严重妨碍作物生长。

一般认为土壤含盐量在 0.2~0.3% 以上时,对作物就有

不良影响,尤其在幼苗期,对盐分最敏感,随着幼苗的成长,抗盐性逐渐增强。当土壤含盐量大于 0.25% 时,棉籽会因吸不到水分而不能出苗。棉花生长期,含盐量若高于 0.4%,就影响生长,使现蕾延迟,蕾少,产量低,纤维短,品质差。

(二)作物抗盐的生理基础

较能适应在盐碱土上生长的作物,一般细胞液的浓度较高,有利于从盐土中吸收水分和养料。此外,细胞原生质中蛋白质能和盐类离子结合,在盐类离子的影响下,增加了原生质的含水量。这样,使作物在盐碱土上仍能生长。

(三)提高作物抗盐性

我国盐碱土大约有 4 亿亩,其中耕地约 1 亿亩。由于盐碱对作物有很大的危害性,所以,改良盐碱地非常重要。总结广大贫下中农的经验,主要有以下几方面的措施:

1. 平整土地,合理排灌 地面应平整,否则影响洗盐质量,导致局部地段因盐分积累而造成死苗。灌溉水源需充足,每块田必须有单独的进出水口。

2. 泡田洗盐,淡化耕作层 新垦盐土田,表土含盐量常在 1% 以上,须通过灌水泡田,洗去表土中大部分盐分后,再种作物。如浙江肖山新围海涂种稻,在育秧或移栽前,先耕田灌淡水浸泡 1~2 天,排干咸水,进行第二次耕耙,再灌淡水 1~2 天,排干咸水,这样连续 4~5 次,就可使土壤耕作层的含盐量下降到 0.2% 以下。据试验观察,泡田 10 天,换水 5 次的,土壤耕作层可脱盐 90% 以上,无论育秧或大田插秧均获得全苗。而未泡田的盐土,插秧后 16 天,苗全部死亡。

盐土种稻是改良和利用盐土的有效方法。因为稻田经常灌一层水，表土中盐分首先溶解在水中，并逐渐向下渗漏和淋洗，使表土渐渐脱盐；而且种稻还要经常换水排水，盐分还能从排水中除掉一部分，所以种稻可以逐渐降低土壤含盐量（图 46）。

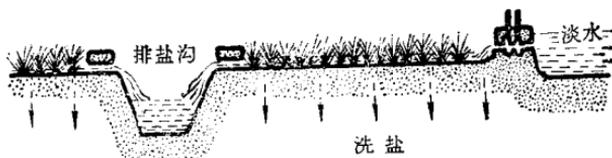


图 46 种稻改良盐碱地

肖山围垦区种了一年水稻后，第二年种棉花，能全苗，每亩收皮棉 120 斤，种糖蔗能收 8000 多斤。这些例子都是种稻能迅速改良盐碱土的最好说明。

3. 利用“盐往高处走”的特性，改进栽培技术 由于降水少，蒸发量大，地下水含盐分高，含盐的地下水通过毛细管作用，不断上达表层，水分在土表蒸发之后，盐分就积聚下来，这就是“盐往高处走”的道理。北方广大贫下中农利用这一特性，在盐碱地上作垅，使垅上积聚较多的盐分，这样沟里盐分就少了，而且湿度也较大，种上小麦后，生长良好。

4. 种植绿肥作物 盐碱土地区，可以发展田菁、苕子、柽麻等绿肥作物。绿肥施入田间后，可以改良土壤，提高土壤肥力。种植绿肥又能增加地面复盖，减少土壤水分蒸发，减慢地下水中盐分上升的速度，防止表土聚盐而死苗。绿肥等有机肥料在分解时，会产生各种有机酸，不仅可以增加土壤中盐类的溶解度，提高洗盐效果，而且还可中和土壤的碱性。这对防止红苗、死苗和促进作物生长，均有良好效果。根据安徽农

04461

Q41

学院 1971 年试验, 在盐碱土上种中秈稻, 施重基肥(每亩人粪干和鲜苕子各 2000 斤), 死苗很轻, 亩产 825 斤。若施轻基肥(每亩鲜苕子 1000 斤和饼肥 80 斤), 则死苗就较重, 经追肥挽救, 亩产 690 斤。而未施基肥的, 则死苗发生严重, 经追肥也无效。可见在盐碱土上扩种绿肥和增施有机肥料, 对提高作物产量有显著效果。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 作物生理知识

作者 = 浙江农业大学《作物生理知识》编写组

页数 = 142

SS号 = 10912742

出版日期 = 1975年05月第1版

封面页
书名页
版权页
前言页
目录页
前言

第一章

作物的一生

第一节 种子的萌发

第二节 作物生长的内因与外因

第三节 根、茎、叶生长的相互关系

第四节 作物的衰老与成熟

第二章

作物对日光能的利用

第一节 绿色叶子和叶绿体

第二节 光合作用的生化过程

第三节 作物的光能利用效率

第四节 提高作物对日光能的利用效率

第三章

作物与肥

第一节 作物体内的矿质元素

第二节 氮、磷、钾对作物的生理功能

第三节 “5 4 0 6” 菌肥

第四节 绿肥

第五节 作物怎样从土壤里吸收矿质养

料

第六节 影响根系吸收矿质养料的外因

第七节 合理施肥的生理基础

第四章

作物与水

第一节 水对植物生活的重要性

第二节 水分的吸收和传导

第三节 植物体内水分的散失

第四节 作物的“需水量”

第五节 合理排灌的生理基础

第五章

作物的开花与结实

	第一节	作物开花要求的外界条件
	第二节	种子的长大与物质输入及转化
	第三节	影响有机物质向子实运输的因素
第六章	收获与贮藏	
	第一节	稻、麦的收割时间和产量、质量的关系
	第二节	收割前后使籽粒增重的办法
	第三节	种子的生理活动与贮藏保管
	第四节	甘薯的贮藏
第七章	植物激素	
	第一节	吲哚乙酸（生长素）
	第二节	细胞分裂素（细胞激动素）
	第三节	“920”与赤霉素
	第四节	乙烯
	第五节	脱落酸与植物的休眠
	第六节	人工合成的生长调节剂
	第七节	植物激素与化学除草剂
第八章	提高作物对不良环境的低抗力	
	第一节	低温、霜冻对作物的影响及提高作物的抗寒性
	第二节	高温、干旱对作物的影响及提高作物的抗旱耐热性
	第三节	水分过多对作物的影响及提高作物的抗涝性
	第四节	盐碱土对作物的影响及提高作物的抗盐性
	附录页	