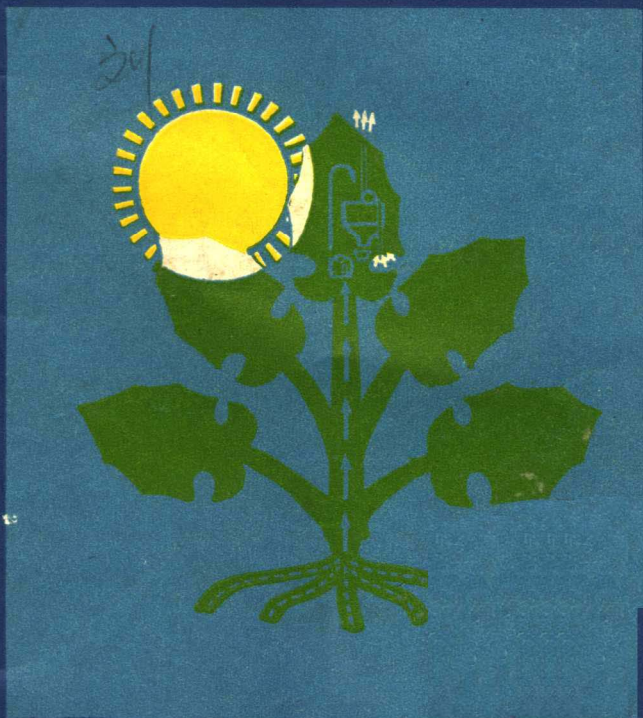


作物生理知识

(第二版) 赵同芳 钱熙 龚兰 编



上海科学技术出版社

76

66.1
01(-2)

作物生理知识

(第二版)

赵同芳 钱 熙 龚 兰 编

上海科学技术出版社

封面设计 郑渭清

作物生理知识

(第二版)

赵同芳 钱熙 龚兰 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

本书在上海发行所发行 松江科技印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.875 字数 106,000

1979年1月第1版 1984年11月第2版 1984年11月第2次印刷
印数: 58,001—68,700

统一书号: 16119·634 定价: 0.47元

前 言

粮、棉、油等各种农作物是在生物进化过程中，在经过自然选择的野生性状基础上，又由人工选择而获得的。它们的产量和质量随着社会的发展和科学技术的进步而不断提高。解放前，我国长江下游地区的水稻，常年亩产仅 300 斤左右；解放后，由五十年代初期单产超千斤，到六十年代后期达到双季超过 2000 斤。与解放前相比，产量增加 5~6 倍。作物生理知识就是总结农业生产丰富经验，加以验证，科学分析，从而掌握作物生长发育规律，为夺取作物高产优质提供理论依据的一门学科。

解放前，我国没有作物生理这一门学科。广大农民在作物栽培中的宝贵经验被湮没无闻。解放后，国家专门设立了作物生理方面的研究机构。现在，作物生理这一门学科在指导农业生产实践、促进农业生产中正日益显示出其重要性。例如应用植物光合作用的知识，可以改进作物的间作、套种方式与茬口安排时间，以找出合理密植程度，提高对日光能的利用，从而提高复种指数与产量。利用作物开花对日照长短的要求，可控制不同花期的作物同时开花，以利于选育品种，也可改善作物经济性状选择合理的播种期。了解作物生长发育所需的矿质元素，以及缺乏某种元素时表现的病症，就为合理施肥创造了条件。掌握作物生长发育过程中对水分的需要，为制订合理灌水提供理论依据。利用不同植物激素的不同生理效应，以防止作物早衰、脱落，形成无子果实，抑制发

芽,延长贮藏期等。

无数事例指明,了解作物内在的生长发育特性和外界环境条件对它们的影响,是十分必要的。农村中栽培的作物,种类繁多,它们的生长发育有共性,也有个性。例如作物对光、温、水、肥、气的要求,共性之处甚多,但品种间的差异也很大。通过对大田和试验田中作物的调查、观察、实践,并加以科学验证和科学分析,所得的知识将为我们夺取农业生产上高产稳产提供依据。

本书第一版于1979年出版。近年来,随着农业生产发展,农村中很需要有关作物生理基础知识方面的普及读物。因此,我们对原书予以重新整理修改,同时又增加了关于植物的呼吸作用与物质代谢的资料,使全书内容更为充实提高。

由于我们生产经验不足,对理论了解的深度有限,因而本书定会存在不少缺点和错误,希望读者批评指正。

编者 1983.12.

目 录

一、作物的一生	1
(一)种子的萌发	1
(二)影响作物生长的因素	6
(三)根、茎、叶生长的相互关系	9
(四)作物的衰老与成熟	10
二、作物对日光能的利用	12
(一)绿色叶子和叶绿体	12
(二)光合作用的生化过程	17
(三)作物的光能利用效率	21
(四)提高作物对日光能的利用效率	23
三、作物与肥	32
(一)作物体内的矿质元素	32
(二)氮、磷、钾对作物的生理功能	34
(三)绿肥	42
(四)作物从土壤里吸收矿质养料的过程	44
(五)影响根系吸收矿质养料的外因	47
(六)合理施肥的生理基础	50
四、作物与水	53
(一)水对植物生命活动的作用	53
(二)水分的吸收和传导	56
(三)植物体内水分的散失	64
(四)作物的需水量	65
(五)合理灌溉的生理基础	68
五、作物的开花与结实	71

(一)作物开花要求的外界条件·····	73
(二)种子的长大与物质输入及转化·····	80
(三)影响有机物质向子实运输的因素·····	86
六、植物的呼吸作用与物质代谢·····	90
(一)植物呼吸作用的生理意义·····	90
(二)测定呼吸强度的方法·····	91
(三)物质与能量转变过程·····	95
(四)呼吸作用与脂肪、蛋白质代谢的关系·····	96
(五)大田作物的呼吸作用·····	97
(六)果实的呼吸作用及控制·····	98
七、收获与贮藏·····	100
(一)稻、麦的收割时间和产量、质量的关系·····	100
(二)收割前后使籽粒增重的办法·····	102
(三)种子的生理活动与贮藏保管·····	104
(四)甘薯的贮藏·····	111
八、植物激素·····	114
(一)吲哚乙酸(生长素)·····	114
(二)细胞分裂素(细胞激动素)·····	116
(三)赤霉素·····	118
(四)乙烯·····	120
(五)脱落酸与植物的休眠·····	122
(六)人工合成的生长调节剂·····	123
(七)植物激素与化学除草剂·····	125
九、抗性生理·····	131
(一)低温对作物的危害及提高作物的抗寒性·····	131
(二)高温、干旱对作物的危害及提高作物的抗旱性·····	136
(三)水分过多对作物的危害·····	141
(四)盐碱土对作物的危害及提高作物的抗盐性·····	143
(五)环境污染对植物的危害·····	146

一、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,由于达不到苗期春化要求的低温,就不能抽穗结实;东北的粳稻品种在华中地区种植,也因后期光照长度不合要求难以抽穗结实。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。

(一) 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 1、2)。在过分干燥的土壤里，种子是不会萌发的。所

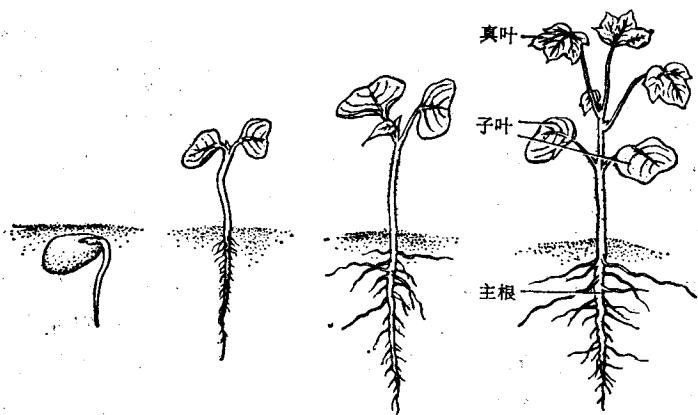


图 1 棉花种子萌发成幼苗的过程

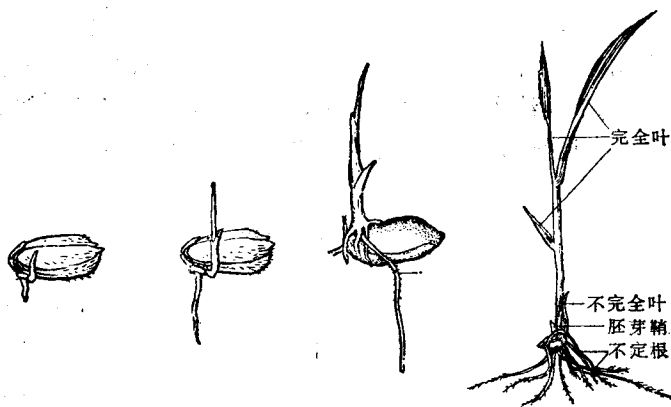


图 2 水稻种子萌发成幼苗的过程

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3)。

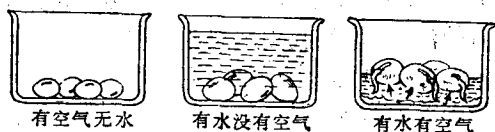


图3 适当温度下种子萌发的条件

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* 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 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

* 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。

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 $25\sim 35^{\circ}\text{C}$,玉米为 $32\sim 35^{\circ}\text{C}$,大、小麦为 $25\sim 31^{\circ}\text{C}$ 。它们发芽所要求的最低温度也有很大差别,小麦可以在 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 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、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有破坏作用。实验证明,作物幼苗在 $40\sim 45^{\circ}\text{C}$ 中存放3小时会严重受害,所以长途运送幼苗或放置过夜时切忌堆积,不通风会引起呼吸热的积累,影响质量和产量。因此,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，要开沟作畦以利排水，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4)，利



图4 早稻催芽

用种子的呼吸热*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，可利用淋水(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。在催芽过程中，温度过高会烧芽，缺乏氧气则只使芽鞘伸长而不长

* 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。

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。也可采用温室水培无土育秧法,以节省土地与劳力。

(二) 影响作物生长的因素

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。

1. 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苏生长的现象叫休眠。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。香榧种子刚采收时,胚的分化尚未完善,需在 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 湿沙中,混藏二个月后才能分辨胚与子叶等部分,体积也比开始时大10倍。

在一、二年生的农作物中,一般为种子休眠。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。我国的籼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5)。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

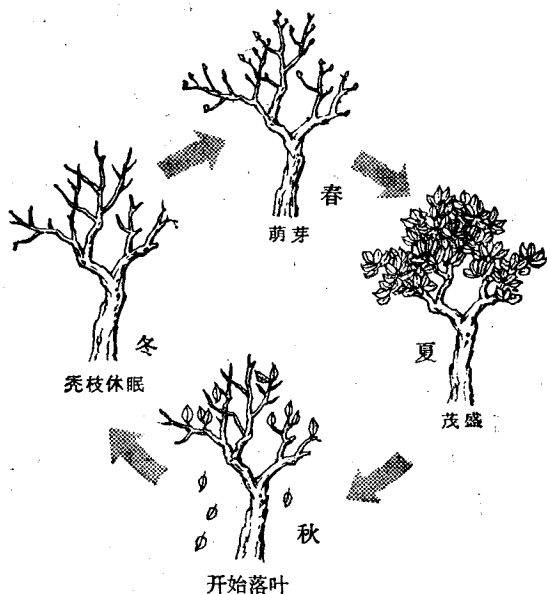


图5 落叶树木生长的周期性

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,例如移到暖房中也不生长。经过一个冬天,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。

2. 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，太阳光强度约有 10 万米烛光。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*，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，反而有利于通风透光。

不同质的光**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两种不同质的光，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。一般夏季作物要求高的温度，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

* 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。

** 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，可用呋烛光或米烛光表示。

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,有利于积累养分。

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。

(三) 根、茎、叶生长的相互关系

“根深叶茂”是人们对植物生长规律的一种概括,说明植物各器官之间是相互促进相互制约的。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着呼吸作用,而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 B_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 B_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 B_1 的水溶液浸一下,以利发根。根除了给茎、叶供水与肥之外,还供应部分氨基酸、核酸和激动素等。有些作物的根还能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。假如把烟草嫁接在番茄根上,烟叶里就没有尼古丁了。

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。

(四) 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,一旦开花结实后,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,一般认为与卵细胞受精发育成为胚的过程中所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