

棉花栽培生理

金 聿 陈布圣主编



MIANHUA ZAIPEI SHENGLI

农 业 出 版 社

棉花栽培生理

金 丰 陈布圣 主编

农 业 出 版 社

主编

金 韋 陈布圣

编者 (按姓氏笔划为序)

皮美美 余德谦 陈布圣 张传忍 周守祥 金 韋

徐 同 穆舒畅*

注: 编者工作单位为华中农业大学; *为湖北省棉花公司。

棉花栽培生理

金 韋 陈布圣 主编

* * *

责任编辑 范 林

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 14.5印张 348千字

1987年9月第1版 1987年9月北京第1次印刷

印数 1—1,650册

统一书号 16144·3188 定价 3.40元

前 言

农牧渔业部曾委托华中农学院举办了全国中等农业学校作物栽培师资训练班。学员都是大学毕业十五年以上的中年教师，有一定的理论基础和教学经验。他们热切希望在棉花科学的理论和实践上获得补充和提高。为此，我们作了九个专题报告。现将报告加以整理、修改，即成了《棉花栽培生理》。

本书主要论述棉花从种子萌发到器官发育的全过程，阐明光、水、肥三个主要环境因子在棉花生理上的作用及在栽培技术如合理密植和水肥管理上的应用。棉花蕾铃脱落是亘久存在、人皆关注的突出问题；有机养料的运输分配和植物激素是近期内发展较快、在调控棉花生长发育上能起较大作用的两个方面，另立专章，加以讨论。棉花的经济产品是棉纤维，它的产、质量又是取得经济效益的主要来源。所以，棉花的纤维发育和品质检验，应视为重要问题而加以论述。这样看来，这九个专题似乎能把棉花栽培生理的一些主要方面都包括进去了。

本书的取材，着重在近代棉花科学上的新理论和新技术，凡是已见于教科书上的基础理论一般都不重复或仅有少量交叉。立足于本国资料、也适当地采用一些国外的先进理论和科研成果。这本集子的内容是理论结合实际而偏重于基础理论的，也对农业现代化建设中所提出的某些问题和能加以应用的一些技术给以理论上的阐明。但是，我们的理论水平都不高，书中不免会存在错误、疏漏和欠妥之处，希望同行和读者予以批评和指正。

金 丰 陈布圣

1985年

目 录

第一章 棉花种子萌发生理	1
第一节 棉子萌发的内外条件	1
一、萌发与内部生理状态的关系.....	1
二、棉子萌发的外界因素.....	3
三、棉子萌发的过程.....	6
第二节 棉子萌发过程中的生理生化变化	7
一、脂肪的转化.....	7
二、蛋白质的转化.....	11
三、碳水化合物的转化.....	12
四、有机物质代谢的关系.....	12
第三节 种子处理	14
一、精选种子.....	14
二、种子发芽率试验.....	14
三、晒种.....	17
四、种子消毒.....	17
第二章 棉花的生长发育	19
第一节 棉花生长发育的特点	19
一、生育期长，有无限生长习性.....	19
二、再生力强.....	20
三、可塑性强，便于促控.....	20
四、适应性广，自我调节能力强.....	21
五、喜温光，较耐旱，怕荫，怕涝.....	21
六、蕾铃脱落严重.....	21
第二节 棉花的营养生长	21
一、棉花营养生长的生物学表现.....	21
二、棉花的初生生长和次生生长.....	22

三、根系生长	22
四、茎和枝的生长	37
五、叶的生长	48
第三节 棉花的生殖生长	68
一、蕾铃的发育	68
二、棉籽和纤维的发育	94
第四节 高产棉花合理生育进程与环境条件变化的关系	104
一、棉花生育期和各项高产的形态生育指标	105
二、棉花生长发育与环境条件变化的关系	114
第三章 棉花的光能利用和合理密植	125
第一节 棉花光合作用过程	125
一、植物光合作用的总进程	125
二、棉花光合作用的日进程	128
三、棉花光合作用的季节性变化	129
第二节 棉花的光合性能	130
一、光合面积	131
二、光合时间	131
三、光合产物的消耗	133
四、光合产物的分配	135
五、光合能力	135
第三节 棉花群体的光能利用与群体结构	145
一、棉花群体的光能利用率	145
二、棉花群体光强分布	148
三、株型与光能利用	150
四、棉花的群体结构	151
第四节 合理密植	155
一、合理密植的科学依据	155
二、密度与光能利用的关系	157
三、合理密植的原则	165
四、合理密植技术	165
第四章 棉花的水分生理	169
第一节 植物水分代谢的一些新概念及其研究进展	169

一、植物细胞的水分关系	169
二、气孔运动的机制	179
第二节 棉花的水分生理	185
一、水分在棉花生活中的重要意义	185
二、干旱对棉株生长发育的影响	186
三、水分过多对棉花生长发育的影响	187
四、棉花各生育期对水分的需求	187
五、棉花的田间需水量	193
六、棉田的灌溉	195
七、棉田灌溉的生理指标	197
第五章 棉花的矿质营养和施肥	200
第一节 棉花的营养成分	200
一、棉株各器官中营养元素的含量	200
二、形成一定产量所需营养元素的数量	200
第二节 棉花的氮素营养	203
一、氮素对棉花生长发育的影响	203
二、不同态氮源的营养特点	205
三、氮素在棉株体内的分布	208
第三节 棉花的磷素营养	212
一、磷素对棉花生长发育的影响	212
二、磷素在棉株体内的分布	214
第四节 棉花的钾素营养和钙、镁、硫营养	218
一、棉花的钾素营养	218
二、棉花的钙、镁、硫营养	224
第五节 棉花的微量元素营养	226
一、硼	226
二、锌	235
三、锰	236
四、铁	236
五、铜	237
第六节 棉花各生育阶段吸收养分的规律	238
第七节 棉花施肥	240

一、合理施肥的原则	240
二、最适施肥量的确定	246
三、施肥环节和技术	250
第八节 棉花营养诊断	256
一、氮素营养诊断	256
二、磷素营养诊断	260
三、钾素营养诊断	263
第六章 棉花有机养料的运输和分配	268
第一节 植物体内养料运输分配的重要性	268
第二节 有机养料运输的通道	270
一、高等植物体内物质运输与信息传递的两条途径: 质外体与共质体	270
二、胞间连丝及其在物质运输中的作用	272
三、维管束系统和同化物质的长距离运输	276
四、原生质的运动在物质运输中所占的地位	279
五、同化产物的输出和物质运输的形式	283
第三节 棉株内有机养料的运输分配	286
一、叶位对同化物质运输的影响	286
二、叶龄对同化物质运输的影响	288
三、叶序对同化物质运输的影响	289
第四节 棉株器官间有机养料的竞争	291
一、营养生长与生殖生长	291
二、生殖器官与生殖器官	293
三、地上部与地下部	295
第五节 影响有机养料运输分配的因素	296
一、光线	296
二、温度	299
三、营养	300
四、植物激素	302
五、代谢抑制剂	304
六、整枝和其它农业措施	307
第六节 高等植物中同化物的再分配和再利用	308
一、主要无机与有机同化物在植物体内存在的形式及其再分配	308

二、植物生长尖端的发育器官对下部根、叶与茎中细胞内含物的动 员、征调.....	309
三、花器中细胞内含物在受精后的被动员与调离.....	310
四、叶片的衰老与脱落.....	310
五、两种类型同化物的运输.....	312
第七节 有机同化物的运输机理.....	314
一、物质运输的集体流动学说.....	314
二、集流运输中的中间原动力.....	317
三、筛管源库两端溶质的装入和卸出.....	318
第七章 棉花的蕾铃脱落与保蕾保铃.....	324
第一节 蕾铃脱落的生物学规律.....	324
一、落蕾与落铃的比重.....	324
二、蕾铃脱落的日龄.....	325
三、蕾铃脱落的部位.....	326
四、蕾铃脱落的时期.....	327
五、种和品种间蕾铃脱落的差异.....	327
第二节 蕾铃脱落的生理机制.....	328
一、蕾铃脱落的生理原因.....	329
二、病虫危害.....	353
三、机械损伤.....	354
第三节 保蕾保铃的主要途径.....	355
第八章 植物激素及其在棉花上的应用.....	359
第一节 植物激素及其种类.....	359
一、植物激素的概念.....	359
二、植物激素的种类.....	360
第二节 植物激素的生理作用.....	362
一、生长素和人工合成生长调节剂.....	362
二、赤霉素.....	365
三、细胞分裂素.....	369
四、脱落酸.....	376
五、乙烯.....	378
六、植物的生长延缓剂或生长抑制剂.....	383

第三节 棉花生育中的激素动态	387
一、生长抑制物质在棉花代谢上的影响.....	387
二、种子形成和发芽时的激素变化.....	389
三、幼铃发育时的激素动态.....	390
四、幼铃脱落的激素生理.....	392
五、棉铃开裂时的乙烯释放.....	394
第四节 植物激素的作用机理	395
一、植物激素的受体.....	395
二、生长素的作用方式.....	398
三、赤霉素的作用方式.....	401
四、细胞分裂素的作用方式.....	402
五、脱落酸的作用方式.....	403
六、乙烯的作用方式.....	403
第五节 植物激素在棉花上的应用	404
一、种子萌芽.....	404
二、调节棉株的生长.....	404
三、器官衰老和脱落的防止.....	409
四、应用乙烯利催熟棉铃.....	412
五、其它应用.....	417
第九章 棉花坐桃、纤维发育和质量检验	421
第一节 棉花开花坐桃及产质量变化	421
一、不同开花坐桃期的产质量变化.....	421
二、不同开花坐桃期产质量变化的曲线特点.....	424
三、不同开花坐桃期产质量间的相互关系.....	424
四、不同部位的籽棉产质量关系.....	427
第二节 棉纤维的生育变化及对管理的要求	428
一、棉纤维的发生.....	428
二、棉纤维的伸长期.....	430
三、棉纤维的加厚期.....	430
四、棉纤维的干涸成形期.....	432
第三节 棉纤维的性状、结构和理化性质	433
一、外观形态和一般性状.....	433
二、多层性的组织结构.....	434

三、化学成分和纤维素分子结构.....	435
四、物理性能和化学性质.....	436
第四节 棉花质量标准 and 检验	438
一、棉花质量概念.....	438
二、原棉质量与纺纱生产和纱布质量的关系.....	440
三、中国、苏联、美国棉花质量标准和检验.....	443

第一章 棉花种子萌发生理

棉花的播种是棉花生产的第一个环节，这一环抓得好坏，直接影响着棉花生产的全局。生产上要求在适时早播的基础上，做到一次播种，一次全苗。同时要求做到苗齐、苗匀、苗壮。为此，棉花萌发的好坏是能否获得高产的一个重要关键。

第一节 棉子萌发的内外条件

棉子要萌发，必须具备内在和外在条件。内在条件，就是种子本身要充分成熟，有健强的生活力，不成熟的种子以及因病虫为害、贮藏不善或贮藏时间过久而生活力衰退的种子，不容易萌发，甚至不能萌发。外在条件，主要是适宜的温度、足够的水分和充足的空气三个因素，三者缺一不可。

一、萌发与内部生理状态的关系

(一) 种子的成熟度 一般来说，棉子愈成熟，则发芽率愈高。这是因为种子内部的形态结构已建立，在子叶中已积累了丰富的贮藏物质，并且一切生化反应均已完成。未成熟的种子尽管具有发芽的能力，但所需要的发芽时间长，霉烂的机会多，而且幼苗生长纤弱。例如：陆地棉的种子在刚吐絮时就有发芽能力，但发芽率很低，经过晒干贮藏，发芽率逐渐提高，贮藏2—4个月后，种子内部后熟作用已经完成，种皮内的木质素增加，有利通气，发芽率、发芽势才能达到正常状况。而海岛棉的种子在棉铃刚吐絮时，

即有较高的发芽率。这说明发芽率和成熟度之间的关系因品种类型而有差异。这是因为不同棉种种子完成后熟作用所需时间不一致，因而在不同时期收获的种子其发芽率就不相同（表 1—1）。

表 1—1 不同棉种种子的后熟作用（各时期的发芽率%）〔2〕

棉 种	刚收获的种子	贮藏二个月后	贮藏七个月后
陆 地 棉	14—18	71—97	94—96
海 岛 棉	92—93	94—96	97
中 棉	98	98	99
草 棉	97	99	97

（二）棉子的贮藏与棉子的寿命 棉子的寿命就是棉子生活力能够维持的年限，也就是种子保持发芽力的年限。它和棉种的种类、子粒的成熟度、贮藏条件有关。如贮藏在低温、干燥条件下，棉子的生活力可维持 3—4 年以上，而贮藏在湿度大、温度高的条件下，种子很快就会丧失发芽的能力。其原因是：当子粒中的水分是在安全含水量之内时，子粒中水分的状态为胶体结合水，这种水与种子中的蛋白质、糖类等亲水胶体结合在一起，性质稳定，不能作为溶剂，而且即使在 0℃ 以下也不结冰，常温下不散失，所以也叫“束缚水”。它是维持棉子生命活动不可缺少的组成部分。但是，当贮藏不当，湿度较大时，棉子中含水量超过 8—10% 时，种子内有“自由水”出现，这种水可作为溶剂，随着自由水的增加，酶的活性，尤其是水解酶的活性加大，一切生化反应加速，子粒内的代谢作用就大大加强，同时子粒内贮藏的大量有机物质被分解，游离脂肪酸及游离氨的含量增多。游离脂肪酸及游离氨在正常时会很快转化，但是在细胞内水分未达到正常含水量时是不易转化的，因而积累在子粒内，对种子的生命活动不利。再则，子粒内的水分超过临界含水量时，呼吸作用增强，有热量放出，这样易使堆积的种子

表 1—2 棉子内水分含量与物质代谢的关系

棉子含水量 (%)	呼吸强度CO ₂ ml/(g)干重/天	193天内折合葡 萄糖消耗量(g)	籽粒内脂肪酸 含 量 (%)	消耗量占种 子重量的%
10	0.0082	0.002	<1% (200天)	0.2
16.8	1.42	0.404	15%	40.46

发热，霉菌蔓延，种子因而变质，丧失生活力（表 1—2）〔2〕。

由此可知，控制好棉子安全贮藏水分是延长种子寿命的必要条件。通常要求棉子在贮藏前必须充分干燥，使其含水量在临界含水量以下，如果超过了，就应立即翻晒。

二、棉子萌发的外界因素

棉子播种后，能否萌发，能否全苗，不仅取决于棉子本身内部的结构是否健全，以及生活力的强弱，而且与萌发的环境条件密切相关。构造健全而具有生活力的种子，萌发时还需要适宜的水分、温度和氧气三个条件，缺少其中任何一个条件，棉子都不能萌发。

（一）水分 棉子内的水分在临界含水量以下时，细胞内原生质呈凝胶状态，一切生理活动都很微弱，种子处于休眠状态。种子内所贮藏的脂肪、糖类、蛋白质等营养物质也都呈不溶状态，这些物质不能为胚直接利用。棉子吸水膨胀，首先使凝胶状态的原生质转变为溶胶状态，因而生理活性大大加强。其次，随着棉子吸水量的增加，细胞内的酶也积极开始活动，在酶的催化作用下，子粒内贮藏物质很快从不溶态变为可溶态，这样的养料可运至胚芽、胚根和胚茎，供其吸收和利用。同时，种子吸水膨胀后，种皮软化破裂，有利于胚根突破种皮，有利于种子内外气体的交换。因此，棉子萌发，必须保证足够的水分，这是棉子萌发最基本的条件。

棉子要吸收多少水分后才能发芽呢？一般来说，至少要吸收相当于风干种子重量的 50—60% 的水分才能萌发。种子吸水的速度

与温度成正比，当温度高时，吸水速度快，使种子吸水达到临近萌发所需水分的时间缩短，即浸种时间可短，反之，则浸种时间要长些（表 1—3）〔2〕。

表 1—3 温度与棉子吸水速度的关系

温 度 (°C)	浸 种 时 间 (小时)
13—15	24—36
23—25	12—14
55—60	0.5 小时后在 25—27°C 浸 6—8 小时

适于棉子萌发的土壤水分田间持水量的 70—80%。如果土壤干旱，即使播种的棉子已充分吸水，但播种后棉子中的水分还会被干燥的土壤吸收，发生反渗透现象，使开始萌动的种子丧失生活力而死亡，造成严重的缺苗。

(二) 温度 棉子只能在一定的温度范围内才能萌发，萌发所需的最低温度为 12°C，最适温度为 20—30°C，最高温度为 40°C。温度低，发芽所需的时间长，反之则短。华东农科院〔1〕的研究指出：岱字棉 15，从置床到发芽所需天数，在 12°C 时为 11 天，16°C 时为 5 天，22—30°C 为 2 天，35—40°C 时只需经过 8 小时即可发芽。棉子发芽时至少须有 12—14°C，这时胚根的维管束才开始分化；16—18°C 幼茎内才开始形成维管束。为什么棉子萌发要求一定的温度范围？温度在萌发过程中究竟起着怎样的作用？棉子萌发时，内部发生着各种复杂的化学变化，这些变化都是由各种相应的酶来催化的。温度主要是通过影响酶的活性来影响棉子萌发。棉子萌发所要求的温度范围，也正是内部各种酶促反应所需温度的综合反应。因而棉子萌发也有温度的三基点。在低温下酶促反应弱，贮藏在子叶中的有机物质分解缓慢，需要较长时间才能使棉子发芽，这样容易遭到病菌的为害。但是棉子在过高的温度条件下，由于各

种酶系遭到了不同程度的破坏，使分解过程与合成过程失去协调，因而种子萌发非常困难。在最适温度条件下，种子萌发最快，但长出的苗子不一定健壮。因为在这种温度下虽然萌发最快，但由于呼吸消耗的有机物质较多，提供幼胚生长的物质较少，结果苗子长得细长柔弱，抗逆性差。因此，种子健壮萌发所需的温度应低于萌发的最适温度，称为协调最适温度。

但必须指出，在田间条件下，昼夜温度经常变动着，不存在恒温，如在昼夜平均温度相同的条件下，变温比恒温更有利于萌发。在变温的条件下，虽然平均温度只有 10.64°C ，只要一天中有 6 小时以上的适宜温度，就可以顺利萌发，而且在一定范围内，变温的幅度愈大，萌发愈快。变温之所以能促进种子萌发，其原因有二：①在室温时酶活性大，酶促反应快，可溶性物质产生多，而由于接着处在交替的低温条件下，呼吸强度减弱，有机物质消耗少，这样就有较多的可溶性物质输送到胚，供其生活所需。②变温使种皮收缩不一致，透性增强，气体交换较易，促使代谢活跃。

(三) 氧气 当棉子得到适宜温度和充分的水分以后，还必须有充足的氧气才能萌发。种子得到氧气，可使生物氧化过程加快，将子叶内贮藏的有机物质逐步分解氧化，在生物氧化过程中伴随着氧化磷酸化，产生 ATP。ATP 在分解时放出的能量可供一切生理活动之需。对棉子来说，在其萌发过程中需氧量比一般谷物更大。这是因为棉子的贮藏物中有大量的蛋白质及脂肪，而这两类化合物成分中，所含的 C 和 H 较多，O 较少，因此，在氧化时，需要吸收较多的 O_2 ，才能使贮藏于子叶中的蛋白质及脂肪分解。棉子在萌发时，呼吸强度急剧增加：发芽的第一天，呼吸强度为 $30\text{mg CO}_2/100\text{g (干重)}/\text{小时}$ ，第二天为 150mg 以上，第三天成倍增加〔2〕。如供氧不足，酶的活性受阻，就会妨碍发芽。另外，棉子在萌发时，胚根首先伸入土中，形成主根，接着下胚轴伸长，将子叶及胚芽送出土面，在此过程中，需要大量的能量，而有机物质

只有在充分氧化过程中，才能不断产生 ATP。不然，子叶不易出土，造成种子的霉烂。因此，棉子在萌发过程中必须有良好的通气条件。如果棉田渍水或土壤板结，或因盖子肥过厚，会造成土壤通气不良，使生物氧化进程缓慢，这样，就不利于棉子的萌发和幼苗的生长。

总之，要获得“一播全苗”，必须具备两大条件：一是健全而且有生活力的种子，二是适宜的外界环境条件——水分、温度和空气。

三、棉子萌发的过程

健全的棉子，播种以后，如果条件适宜，就会吸水膨胀，通过内部一系列的酶促变化，逐渐恢复旺盛的生命活动，开始进行胚细胞的分裂、伸长及分化，从形态上看见有胚根的生长及胚芽的伸长，这个过程叫萌发。一般要经历三个阶段。

(一) 吸胀阶段 吸胀是棉子萌发的第一阶段。棉子萌发初期的吸水作用是水分首先通过合点（棉子大的一头的基部）及珠孔（棉子小的一头的顶部）进入种子。由于水分的进入，使原来干燥坚硬的种皮，逐渐软化，同时水分经种皮继续向胚组织渗入，使整个种子吸水膨胀。吸水后膨胀即吸胀纯粹是一种物理现象，而不是生理作用。这种吸水的力量主要是靠细胞胶体物质的吸附与水合作用。通常棉子细胞中细胞质成分如蛋白质、核酸和细胞壁中的纤维素、半纤维素和果胶等物质都是一些亲水性的胶体物质。这些物质分子上具有亲水基（ $-\text{NH}_2$ ， $-\text{COOH}$ ， $-\text{OH}$ ， $>\text{C}=\text{O}$ 等），能够吸附和吸引水分子。被吸收的水分、充塞于物质分子之间，从而增大了分子间的距离，使处于凝胶状态的细胞原生质逐渐转变成溶胶状态。这时，整个种子也随之膨胀起来。种子吸水膨胀达到一定程度时，酶的活力显著增加，种子便开始萌动。当细胞出现液泡后，主要以渗透方式吸水了。

(二) 萌动阶段 种子吸胀后，最显著的一个变化是种子内酶