



作物生理讲座

发育生理

[日]

戸菊义次 山田 登 林 武主編

作物生理讲座

第 1 卷

发 育 生 理

戸蒯义次 山田 登 林 武主編

第 1 卷执笔人

小河原公司 高杉成道 吉田鎮雄
林 武 村上 浩 志佐 誠

余友浩譯 罗宗洛校

上海科学技术出版社

內 容 提 要

《作物生理讲座》原书共5卷,由日本有关专家30多人分别执笔,内容阐述各种主要农作物特别是水稻的生理问题。第1卷论述发育生理;第2卷论述营养生理;第3卷论述水分生理;第4卷论述细胞生理和酶系统;第5卷论述呼吸作用和光合作用。

译本据原书卷次分卷出版。

第1卷内容主要说明作物的生长和发育,共5章,分别讨论种子萌发、春化作用、光周期现象、植物激素(生长素、赤霉素、激动素)和生殖生理。

本书可供植物生理、农、林、园艺工作者,以及综合大学生物系,农、林院校师生参考。

作物生理讲座(第1卷)

发育生理

戸町义次、山田 登、林 武主編

日本东京 朝仓书店

1962年第2版 (1961年初版)

作物生理讲座 第1卷

发育生理

余友浩译 罗宗洛校

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本850×1168 1/27 印张7 1/27 排版字数182,000

1964年7月第1版 1964年7月第1次印刷

印数1—10,000

统一书号 13119·59 定价(十二) 1.00元

第一章 种子萌发的生理(小河原公司)	I-1
1. 萌发的条件	I-1
(1) 温度	I-1
(2) 气体条件	I-4
(3) 水分	I-6
(4) 光线	I-8
(5) 化学药品	I-12
2. 后熟、休眠及硬实性	I-13
(1) 氧的缺乏与休眠的关系	I-14
(2) 干燥贮藏中的后熟	I-15
(3) 湿润低温砂藏的影响	I-16
(4) 硬实	I-19
(5) 第二次休眠	I-21
3. 萌发过程中的物质变化	I-21
4. 萌发促进剂及抑制剂	I-24
5. 鉴别种子的活力	I-29
第二章 春化作用(高杉成道)	I-33
1. 春化作用的意义	I-33
2. 春化的条件	I-34
(1) 种子的消毒	I-34
(2) 种子吸水量	I-34
(3) 催芽温度	I-34
(4) 处理温度	I-35
(5) 温度处理的期限	I-35
(6) 温度处理的时间	I-36
(7) 氧的存在	I-37
(8) 碳水化合物的存在	I-37
(9) 温度处理与光的关系	I-37
(10) 化学药剂及其他影响	I-38
(11) 播种后的气温	I-38
(12) 与土地肥沃度的关系	I-38
(13) 温度处理后的干燥	I-38

(14) 高温处理对低温处理种子的影响	I-38
(15) 陈旧种子的春化类似现象	I-38
(16) 种子成熟过程中的低温处理	I-39
(17) 品种的影响	I-39
3. 因春化而引起的作物体的变化	I-39
(1) 形态的变化	I-39
(2) 化学变化	I-41
(3) 生理上的变化	I-44
(4) 籽实产量的变化	I-45
4. 春化作用的理论	I-46
(1) 因春化而发生变化的部位	I-46
(2) 春化作用的原因	I-47
(3) 由春化现象诱导出的作物发育阶段学说	I-49
5. 春化的实际应用	I-51
(1) 在作物早熟栽培方面的应用	I-51
(2) 增加产量	I-51
(3) 促进二年生作物的生长发育以实现当年采种	I-51
(4) 在培育杂交品种方面的应用	I-51
(5) 在检定摘蕾性方面的应用	I-52
(6) 在扩大栽培地区方面的应用	I-52

第三章 光周期现象 (吉田鎮雄) I-53

1. 緒言	I-53
2. 光周期现象的发现	I-54
3. 根据光周期效应的植物分类	I-55
(1) 短日性植物	I-55
(2) 长日性植物	I-55
(3) 中间性植物	I-55
(4) 中日性植物	I-56
4. 日长	I-57
(1) 日长对开花及营养生长的影响	I-57
(2) 特殊的光周期	I-59
(3) 連續照光与生长	I-60
5. 光强度及波长	I-61
6. 与光周期效应有关的照光以外的条件	I-63
(1) 温度	I-63

(2) 植物的年龄 (age)	I-65
7. 日长影响在形态上的反应	I-66
(1) 地下贮藏器官的形成	I-66
(2) 在叶子形态上的反应	I-67
(3) 在内部形态上的反应	I-67
8. 光周期效应的局部性	I-67
9. 光周期诱导	I-68
(1) 光周期刺激的感应和刺激花芽的形成	I-68
(2) 光周期刺激的转移及光周期效应的发现	I-69
(3) 光周期处理次数及光周期后效	I-69
10. 光周期与生理化学变化	I-70
11. 光周期现象的机制	I-71
12. 植物的季节分布和地理分布	I-75
13. 光周期现象在农业上的应用	I-76
(1) 品种间的差异及品种的选擇	I-76
(2) 在育种方面的应用	I-80
(3) 促进或抑制开花的实用栽培	I-82
(4) 播种期及其他栽培上的各种问题	I-84
14. 光周期现象与春化作用的关系	I-84
第四章 植物激素	(林 武、村上 浩) I-92
I. 生长素	I-93
1. 生长素的历史	I-93
2. 高等植物的生长素分布及其在活体内的变化	I-96
(1) 生长素的分布	I-96
(2) 生长素的活体内变化	I-100
3. 生长素的作用机制	I-105
(1) 生长素的作用与化学结构的关系	I-105
(2) 生长素的作用机制	I-106
(3) 影响生长素作用的物质	I-108
4. 生长素在农业方面的应用	I-111
(1) 发根与生长素	I-111
(2) 开花与生长素	I-112
(3) 结实与生长素	I-113
(4) 落果与生长素	I-115
(5) 疏果(疏花)与生长素	I-116

(6) 生长素型除莠剂	I-117
II. 赤霉素	I-122
1. 赤霉素的历史	I-122
2. 赤霉素的化学研究	I-124
3. 赤霉素的生理作用	I-126
(1) 促进茎叶的生长	I-126
(2) 促进根的生长	I-127
(3) 增加植株干重	I-128
(4) 对物质代谢的影响	I-128
(5) 对种子萌发的作用	I-129
(6) 对营养器官休眠的作用	I-130
(7) 对开花的影响	I-130
(8) 对结实的作用	I-132
(9) 与生长素的关系	I-132
(10) 赤霉素在植物体内的移动	I-134
(11) 各种赤霉素生理作用的比较	I-134
4. 赤霉素在高等植物中的分布	I-134
5. 赤霉素在农业方面的应用及其将来	I-135
III. 激动素	I-138
第五章 生殖生理	(志佐 誠) I-140
1. 不稔性	I-140
(1) 性的无能所引起的不稔性	I-141
(2) 不受精所引起的不稔性	I-142
(3) 受精后发生退化所引起的不稔性	I-142
(4) 雄性不稔性	I-142
(5) 花粉不稔性	I-143
(6) 花粉不稔性的机制	I-146
(7) 绒毡层花粉不稔	I-147
2. 自交和杂交不亲和性	I-152
3. 单性生殖和单性结实	I-165
(1) 单性生殖	I-166
(2) 单性生殖的人工诱导	I-167
(3) 单性结实	I-169
4. 杂种优势	I-171
索 引	I-179

种子萌发的生理

种子的形成是显花植物的特点之一，种子是这些植物的主要繁殖器官。在植物学上，种子是由胚珠发育的，在实用上，种子通常包括果实。植物在其生活中利用氮及其他成分，而把剩余的部分运输到种子并传递给后代。种子在适当条件下萌发而形成幼苗，这与温度、水分和氧气等外在条件以及种子本身的后熟度等内在条件有关。萌发能力持续的长短因种子种类而异，种子萌发是极为复杂的现象。

1. 萌发的条件

(1) 温度

温度是对种子萌发影响最大的因素之一。如果温度不适当，尽管其他条件适当，种子也不能萌发。

恒温 探讨种子在恒温下的萌发时，首先要叙述萌发的最高、最低和最适温度。萌发最适温度系指能够取得种子最高的萌发速度和萌发率的温度而言。据表1，许多蔬菜种子的萌发适温为 25°C 左右，但莴苣、菠菜、茼蒿等的萌发适温为 20°C 以下；温度高于 25°C 时萌发不良。草本花卉种子如翠雀、罂粟类和三色堇种子萌发的适温低，为 15°C (Harrington, 1921)。

与此相反，玉米和大麻种子在高温下萌发良好。大豆种子也在 34°C 的高温下萌发最好(井上, 1952)。油棕种子的萌发适温也很高，如把摘出的胚置放在滤纸上，胚的伸长在 36°C 为最良好(Hussey, 1958)¹²⁾。

一般地说，在高温下萌发速度快，但萌发率低。较低的温度对完全的

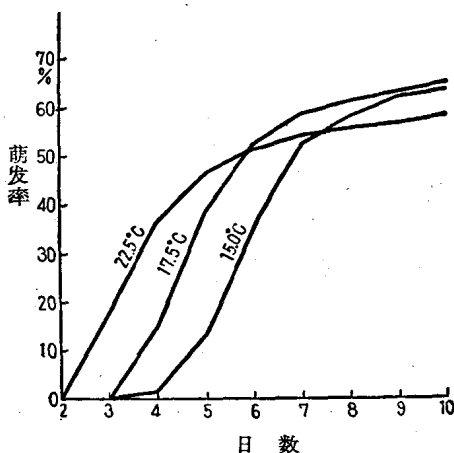


图 1 金魚草种子在不同温度下的萌发
(Harrington, 1921)

萌发有利。例如有些种子(如メタデ种子)在 25°C 以上的高温下,一周内就完成萌发,但萌发率很低。如在 5°C 以下的低温萌发,虽然萌发速度很

表 1 各种作物的最低、最高和最适萌发温度

种	类	最低温 (°C)	最适温 (°C)	最高温 (°C)	研 究 者
小	麦	0~4.8	25~31	31~37	Haberlandt
黑	麦	0~4.8	25~31	31~37	"
大	麦	0~4.8	25~31	31~37	"
豌豆	豆	0~4.8	25~31	31~37	"
玉	米	4.8~10.5	37~44	44~50	"
大	麻	0~4.8	37~44	44~50	"
荞	麦	0~4.8	25~31	37~44	"
紫	花 苜 蓿	0~4.8	31~37	37~44	"
西	葫 芦	15	25~30	35	稻 川 和 宫 瀬
黄	瓜	15	25~35	40	"
西	瓜	20	25~35	40以上	"
甜	瓜	15	25~40	40以上	"
番	茄	15	25~30	35	"
辣	椒	15	25	35	"
菜	豆	15	20~30	35	"
蘿	卜	10以下	15~35	35	"
牛	蒡	20	25~30	35	"
胡	蘿 卜	10以下	15~25	30	"

(續表)

种	类	最低温 (°C)	最适温 (°C)	最高温 (°C)	研 究 者
蕪	菁	10以下	15~25	40	稻 川 和 宮 瀨
白	菜	10以下	15~35	40	"
甘	藍	10以下	15~30	35	"
高	苣	10以下	15~20	30	"
蔞	菜	10以下	15~20	35	"
蔞	蒿	10	15~20	35	"
	葱	10以下	15~30	40	"
凤	仙	—	20	—	Harrington
花	菱	—	20	—	"
蜂	室	—	20	—	"
大	波 斯	—	20	—	"
絲		—	20	—	"
翠		—	15	—	"
万	寿	—	20	—	"
石		—	20	—	"
蕹		—	17.5	—	"
三	色	—	17.5	—	"
鼎	粟	—	15	—	"
遭	羽 牵	—	20~30	—	"
馬	齿	—	22.5	—	"
金	魚	—	20	—	"
香	豌豆	—	17.5	—	"
黑	莎 草	—	22.5	—	"
		—	20~40	—	"
		—	20	—	"

慢,但却能几乎完全萌发。

收获后进入休眠的种子,貯藏日期越长,后熟度越大,萌发温度范围也越宽。这种趋势在温度较高时更为显著。

变温 本来萌发困难的种子,如果每天給予变温处理,也能使它萌发良好。有关变温的研究,最初使用了水柳仔(*Homonoia*)科植物的需光种子。这种种子受到变温处理后,在暗处也萌发良好。

进行变温試驗时,最常用的温度是15~30°C、20~30°C或15~25°C。低温处理的长短和高温处理的长短不同,普通一昼夜內在低温的发芽床放置約16小时,在高温下再放置約8小时。Gassner(1930)用早熟禾属(*Poa*)种子作試驗,关于变温有下列的几点原則:

(a) 每昼夜內低温处理的时间要比高温处理的时间长一些。

1. 萌发的条件]

(b) 低温和高温之間要保持相当大的温差。

关于变温促进萌发的原因,有各种不同的看法。Vafiha (1898)指出变温可能有促进种子气体交换的作用。

变温处理对許多种子的萌发有效,例如芹菜、鴨茅、早熟禾、百慕大狗牙根、苏丹草、小糠草、荷兰防风草、撞羽牵牛 (Harrington, 1923); 烟草 (近藤等, 1937); 蓖麻 (Heit, 1949); 薄荷 (池田及中村, 1956)。但对小洋葱卜、荷兰芹和猫尾草等,变温并看不到效果 (Harrington, 1923)。普通的变温处理是把种子不連續地从某一种温度下轉移到另一种温度下,其性质与表示圓滑曲綫的昼夜温度变化有所不同。为了了解种子在接近自然的昼夜温度变化的条件下的萌发情况,矢吹和宮川(1957)就水稻、黑麦、洋葱、黄瓜、番茄、芹菜和メタデ种子的萌发与温度变化的关系作了試驗。据这种試驗結果,这些种子置于萌发适温附近时,則在常温下萌发較好,置于更低的温度时,則在昼夜温差較大的条件下萌发較好。

冷处理 如把种子置放于5°C左右的低温,給予大約一周的冷处理之后再轉移到高温下,萌发受到显著的促进。Shuck (1934)指出,未后熟莴苣种子的萌发需要光,在高温黑暗下不能萌发,但事先給予冷处理5~6天之后,尽管放置于30°C的高温下,也能萌发得很好。此外,冷处理促进种子萌发的例子是很多的。各种草本花卉种子,在收获后不久萌发不良,但給予冷处理就能显著促进萌发。

(2) 气体条件

干燥种子所吸收的氧量极少,但种子吸水而开始萌发后,所需氧量則急剧增加。在完全缺氧的条件下,种子不能进行正常的萌发。許多学者就不同氧分压对种子萌发的影响作了試驗,这些試驗也考虑到温度关系。Hussey (1958)¹²⁾ 用油棕种子进行研究,在不同氧分压和不同温度下的2个月之間的萌发情况如表2所示。从表2可以看出,在純氧中温度为40°C

表2 温度及氧气浓度对油棕种子萌发的影响
(Hussey, 1958)

萌发温度 氧气浓度	30°C	34°C	36°C	38°C	40°C	42°C
20%	0%	0%	1%	3%	2%	2%
50	0	0	4	36	37	7
75	0	0	11	38	48	10
100	0	5	17	56	65	10

时,萌发最为良好。也就是說,高温和氧分压的增加对油棕种子的萌发起促进作用。为了明确是否必須同时給予这些条件,Hussey 在最初的 4 星期間,把种子置放于 40°C 和 30°C 的空气中和純氧中;在第二个 4 星期間,把这些种子移向不同条件下而測定其萌发率。这种試驗結果說明,只有在氧处理之前施以高温处理,或同时施以这两种处理,氧浓度的增加才能促进萌发。从 40°C 的高温轉移到 30°C 的較低温时,萌发率急剧增长,但轉移到 30°C 的氧气中时,萌发率更高。在 40°C 的温度下,从空气中轉移到氧气中时,萌发在长時間內徐徐增加。他认为氧气对高温下的反应产物起作用,

表 3 高温和氧对油棕种子萌发的影响
(Hussey, 1958)

最 初 的 4 星 期		第 二 个 4 星 期	
处 理	萌 发 率 (%)	处 理	萌 发 率 (%)
40°C 氧气	34	40°C 氧气	75
		40°C 空气	40
		30°C 空气	49
		30°C 氧气	48
40°C 空气	2	40°C 空气	12
		40°C 氧气	75
		30°C 空气	21
		30°C 氧气	41
30°C 氧气	1	30°C 氧气	1
		30°C 空气	1
		40°C 空气	3
		40°C 氧气	12
30°C 空气	0	30°C 空气	0
		30°C 氧气	0
		40°C 空气	0
		40°C 氧气	9

而把萌发温度从 40°C 降低到 30°C 时,胚組織內的氧利用率有所增加。

堀和杉山 (1953) 研究了各种蔬菜种子在不同氧分压下的萌发情况,根据这种試驗,蔬菜种子的萌发通常需要 10% 以上的氧气浓度,至少也需要 5% 的氧气浓度。黄瓜、白瓜 (*Cucumis melo* var. *Conomon*) 和葱在較低的氧分压下也能萌发,但芹菜和蘿卜对氧分压的降低特別敏感,在

5%的氧气浓度下几乎不能萌发。

此外，他们还研究了二氧化碳的抑制作用，即氧气浓度为15%时，二氧化碳浓度在40%以上时才能抑制萌发；但氧气浓度降低到5%时，氧气越少，萌发率降低越显著。葱和白菜对二氧化碳的抑制作用较强，而胡蘿卜和南瓜较弱。但这种顺序不一定与在較低的氧分压下能够萌发的顺序一致。

Kidd 及 West (1917) 指出，对白芥菜 (*Brassica alba*) 种子施予 CO_2 处理，就能誘导第二次休眠；与此相反，Thornton (1936) 指出，需光性的莴苣种子在 $35^{\circ}C$ 的高温下，尽管放置于高浓度的二氧化碳中也萌发得很好。

(3) 水分

种子在萌发之前必須吸收水分。种子吸水而增加体积称为膨潤。

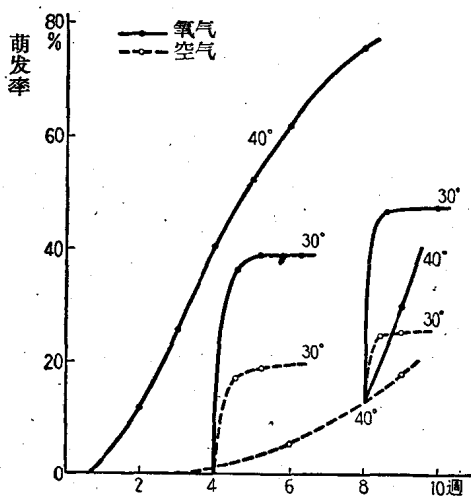


图2 高温和氧气对油棕种子萌发的影响
(Hussey, 1958)

从下边的虚线(40°C 空气)分出来的曲线表示4或8星期后给予其他处理的种子的萌发

种子吸水后才能萌发，但所吸收的水分也有适量，水分的最适量因种子种类而异。菠菜种子过度吸水时不能萌发，这是因为果皮吸水过多时，由于通气不良，内部缺乏氧气所致。草本花卉种子之中，羽衣甘蓝、鸡冠花和鬼灯檠种子在水分含量較少的土壤中也能萌发，而在潮湿土壤中萌

发相当良好的只有向日葵种子一种(川合,1957)。

澳大利亚产的滨藜属(*Atriplex*)植物的果实为苞片所包围,苞片中含有氯化物,这种氯化物的存在,既是推迟萌发的原因之一,又是吸湿性较高的原因。如把果实浸泡在水中,降低氯离子浓度,然后再除去过多的水分,就能显著促进萌发。如果水分去得不干净,则形成所谓“淹水”状态,萌发受到显著的抑制(Beadle, 1952)。

水稻种子在水中也能萌发。山田(1954)和 Sircar 等(1955)作了这方面的研究,这些研究的主要目的是查明为什么胚芽鞘的生长在水中比在空气中为快。山田认为可能是在水中胚芽鞘组织的生长素破坏能力有所降低。Sircar 等认为胚乳中生长素浓度对胚的生长初期是过高的,必须进一步研究不同条件下生长素从胚乳向胚的转移。

关于种子的水分吸收过程,乡(1956)用松树种子,太田(1958)用豇豆胚轴作了研究。据这些研究,种子的水分吸收过程可分三个阶段:在第一个阶段有急剧的水分吸收;在第二个阶段有缓慢的吸收;在第三个阶段又有急剧的吸收。第一和第二个吸收阶段,在枯死种子中也可以看到,但第三个阶段,在枯死种子中或无氧条件下是看不到的。

作为播种的预先措施,要浸泡种子。但这种效果有必要进一步探讨。Chippindale (1933)指出,浸泡种子对萌发有利。他把鸭茅(*Dactylis glomerata*)的有稃种子放在 20°C 的水中浸泡 17 小时,其后放在 14°C 的空气中干燥 24 小时,这种处理显著促进了种子的萌发。但除去稃时,不论浸泡与否,萌发良好,看不到处理的效果。据 Borthwick (1925)的研究,石刁柏种子在 30~35°C 的温水中浸泡 3~5 天时,可提前萌发。

与此相反,浸泡种子有时也对萌发不利。小麦、菜豆、玉米、向日葵和苍耳就是这种例子。Barton (1954)¹⁾指出,如向浸泡种子的水中通氧,浸泡的为害将加甚。用空气或氮气处理时虽能减少浸泡的不利影响,但仍然不能进行正常的萌发。用 CO₂ 处理时对于除去这种不利影响有效。因此,不可把浸泡的为害象过去那样单单归为无氧呼吸和 CO₂ 的累积。作为浸泡种子的为害的原因之一, Barton 和 MacNab (1956)测验了贮藏养分的溶出。据这种试验,菜豆的浸泡种子虽有大量天冬氨酸的消失,但这种物质的消失与浸泡的为害并没有关系。山本(1957)用菜豆种子作试验,看到浸泡的为害取决于浸泡之前的种子含水量。即干种子尽管浸泡短时间也受到显著的为害;但预先放置在潮湿处而增加含水量的种子,

則受浸泡的为害較少。如果浸泡時間长，含水量高的种子也会受害。他认为浸泡的为害，在含水量高的种子中是由于氧的缺乏，但在干种子并不是由于氧的缺乏。

(4) 光綫

許多种子的萌发决定于光綫。由光綫促进萌发的种子叫做需光性种子 (Lichtkeimer, light germinater), 为光綫所抑制的种子叫做嫌光性 (需暗性) 种子 (Dunkelkeimer, dark germinater)。目前，已知道的需光性种子和嫌光性种子有下列几种。需光和嫌光程度，尽管是同一品种，也因后熟度和萌发条件而异，不能一概而論。其中烟草(品种：国分、达摩、水府等)种子尽管是后熟度高的，在常温黑暗下也几乎不能萌发。今后，随着这方面研究工作的进展，这种需光性种子的种类将会增加。

表 4 需光性种子和嫌光性种子

需 光 性 种 子			嫌 光 性 种 子		
烟 草	莖 芎	錦 紫 苏	黑 种 草	荷 兰 芹	
高 牛 蒡	羽 牽	捕 虫 瞿	番 茄	茄 子	
撞 紫 鴨	几	蛇 目 海	瓜 莧	类 菜	
芥 儿	苏 芹	秋 屈	花 菱	草 草	
金 魚	属 草	千 早 熟 禾 属 植 物	黑 莎		
报 地	春 黄	日 本 扁			
洋		大 岩 鈴			
		风 鈴 草			
		琉 璃 菊			

对光綫的反应 关于需光性种子的萌发所需照光時間有許多研究报告。一般地說，很多的需光性种子，受到极短時間的照光后，萌发就会得到显著的促进。但照光效应因照光前处在黑暗中的膨潤時間而异。据 Tilly (1934) 用于屈菜种子所作的試驗，种子的感光性随着黑暗中的膨潤時間的延长而加强，但达到最大值之后再次下降。嫌光性的南瓜种子和黑种草种子，在置于苗床的初期，光綫促进萌发，但經過一定時間以后，光綫就起着抑制作用，光綫对萌发的影响因光綫波长而异，680 毫微米的紅光有最显著的促进萌发的作用。

光綫促进萌发的机制 目前，这种机制还不大清楚。作为这方面最重要問題之一，必須明确种子感受光綫的部位。中村及堀 (1955)¹⁸⁾ 指

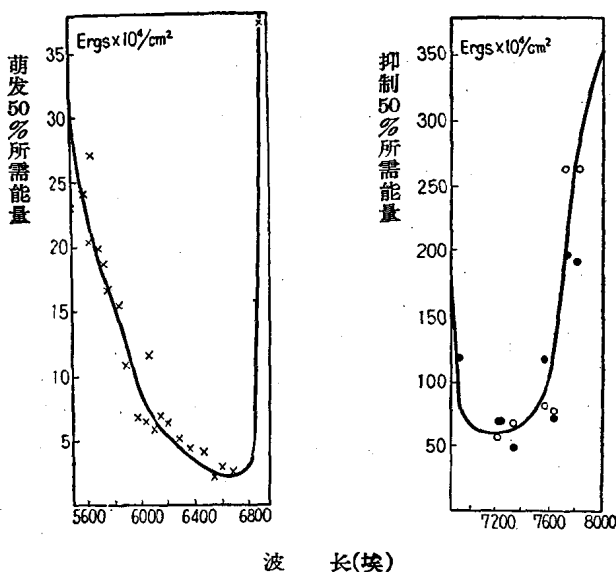


图3 对莠苣种子萌发的促进作用和抑制作用的光谱
(Toole, 1953)

出,种子的感光部位因种子种类而异,牛蒡和莠苣的感光部位为种皮,瓜类和茄子为胚。*Colligonum comosum* 瘦果的萌发为光所抑制,这是由于光线从珠孔的细孔入射而达到胚,在这里表现抑制的效果(Koller, 1956)¹⁸⁾。Ikuma 及 Thimann (1958) 看到,莠苣种子除去外种皮和内种皮,才能在黑暗处诱导萌发,如果只除去外种皮,就不会有这种效果。而且遮蔽暴露在外面的胚的不同部分作试验,就能知道莠苣种子的感光部位是胚轴。种皮最内层机械地抑制胚根的伸长,这种机械的限制为胚轴所分泌的酶所除去,光线促进这种酶的分泌。

关于种子中感受光线的色素,我们知道的很少。Borthwick 学派的学者们看到,莠苣种子在受到红光照射(680 毫微米)时所得到的刺激,在受到红外线(730 毫微米)照射后就会失效,这种现象在同一种子中可以反复数次^{3,4)}。这就是所谓可逆的光反应 (reversible photoreaction)。需光性的美国独行菜 (*Lepidium virginicum*)²⁰⁾、烟草和撞羽牵牛种子以及嫌光性的宝盖草 (*Lamium amplexicaule*) 种子也有同样的现象。但照射红光和红外线之间的黑暗期延长时,红外线的效果就会降低。但可逆的光反应的产生,不一定要从一边照射红光和红外线;从红光的背光一

表 5. 紅光和紅外綫的反复照射对蒿苳种子萌发的影响

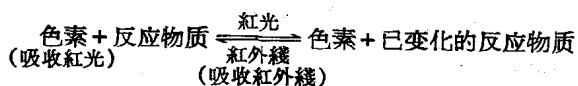
(Toole, 1953)

照	射	萌 发 率 (%)
未照射	黑暗	14
R		70
R + I		6
R + I + R		74
R + I + R + I		6
R + I + R + I + R		76
R + I + R + I + R + I		7
R + I + R + I + R + I + R		81
R + I + R + I + R + I + R + I		7

R……照射紅光 1 分钟

I……照射紅外綫 4 分钟

边照射紅外綫时,也对萌发刺激的除去有同样的效果。Borthwick 根据可逆的光反应推测,吸收光綫的物质可能有两种,即某一种物质吸收紅光,另一种物质吸收紅外綫,吸光后这些物质可互相轉化。



此外,在蓝光和紅外綫之間也可以看到同样的光反应。Todd 及 Galston (1954)认为吸光物质可能是嗜焦素 (pyropheophorbide)。

照射光綫时,虽然有上述色素类型的轉变,但此外种子中还可能有什么生物化学变化。小河原(1954)指出,烟草种子中可能有决定于温度的暗反应;小河原及小野(1956)看到,如把烟草种子放在 CO_2 中照射光綫,并在照光后除去氧,則对萌发有利;根据这一点他們設想种子中的某种物质可能与 CO_2 結合。最近还有利用同位素就蒿苳种子的萌发所作的研究。Haber 及 Tolbert (1958) 使蒿苳种子(品种: Grand Rapids)在 C^{14} -碳酸氢盐、 P^{32} -磷酸盐或 S^{35} -硫酸盐的存在下萌发,用层析法分析了萌发过程中的种子提取液。 C^{14} 在种子开始膨潤 1 小时以內被固定于可溶性化合物之中,在 3 小时以內,在苹果酸中可以看到被固定的总活性的 $1/3$ 左右,在谷酰胺、天冬氨酸、檸檬酸和谷氨酸中可以看到 $12 \sim 15\%$ 。在其他各种氨基酸和三羧酸循环的各种酸中也可以看到这种活性。这种情况,不論在白光下或在紅外綫之下都沒有差异。 S^{35} -硫酸盐