

第二章 作物的生长发育

第一节 作物生长与发育的特点

第二节 作物的温光反应特性

第三节 作物生长的一些相关

第四节 作物的群体特征

第一节 作物生长发育的特点

一、作物生长与发育的概念

生长:是指作物个体、器官、组织和细胞在体积、重量和数量上的增加，是一个不可逆的量变过程。

风干种子吸胀 ≠ 生长，营养器官根、茎、叶的生长等，通常可以用大小、轻重和多少来度量，则是生长。

发育:是指作物细胞、组织和器官的分化形成过程，也就是作物发生形态、结构和功能上质的变化，有时这种过程是可逆的。如幼穗分化、维管束发育、气孔发育等。

❖ 作物的生长和发育是交织在一起进行的，没有生长便没有发育，没有发育也不会有进一步的生长。



二、作物生长的一般进程

(一) S形生长过程

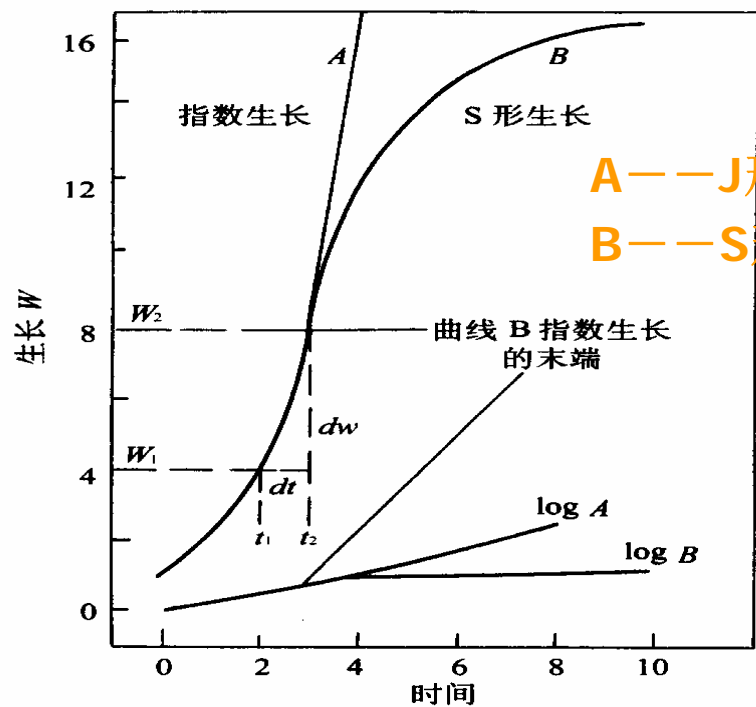


图 2-1 作物生长的“S”形模型

(引自 Leopold 和 Kriedemann, 1975)

W_1 和 W_2 是作物生长的两个相邻时间 t_1 和 t_2 时的干物重

(一) S 形生长过程

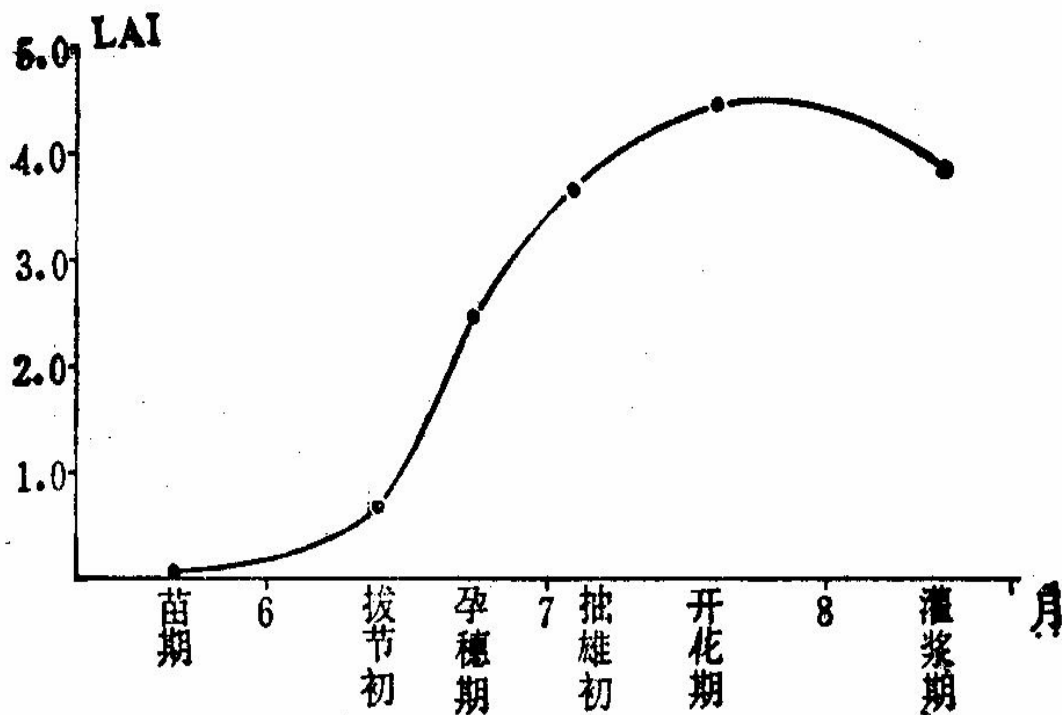


图 4-2 丹玉 13 不同生育时期 LAI 的变化
(据戴俊英等, 1986 年资料绘制)



作物群体的建成和物质积累、作物对养分吸收积累的过程等都经历前期较慢、中期加快、后期又减缓以至停滞衰落的过程，其生长曲线均呈S形。

(二) S形生长进程的应用

1. 作物生育是不可逆的。S形曲线可作为检验作物生长发育进程是否正常的依据之一。
2. 各种促进或抑制作物生长的措施，都应该在作物生长发育最快速度到来之前应用。
3. 同一作物的不同器官，通过S形生长周期的步伐不同，生育速度各异，在调控某一器官生育的同时，应注意这项措施对其他器官的影响。





三、作物的生育期和生育时期



(一) 作物的生育期

1、作物生育期的概念：作物从播种到收获的整个生长发育所需时间为作物的大田生育期，以天数表示。

▲作物生育期的准确计算方法应当是从籽实出苗到作物成熟的天数。

(1) 以营养体为收获对象的作物：指播种材料出苗到主产品收获适期的总天数。如麻类、薯类、牧草、绿肥、甜菜、甘蔗等；



(2) 育秧(育苗)移栽的作物：生育期分为秧田(苗床)生育期和大田生育期。如水稻、甘薯、烟草等。



(一) 作物的生育期

2. 作物生育期的长短 是由作物的遗传特性和环境条件决定的。

(1) 不同作物的生育期长短不同。

(2) 同一作物不同品种的生育期长短不同。



(3) 在相同环境条件下，各品种的生育期是相当稳定的。但在不同条件下，同一品种的生育期会发生变化。如引种（纬度；海拔）

(4) 不同栽培措施对作物生育期也有影响。

❖ 同一作物生育期长短的变化，主要是营养生长期长短的变化，而生殖生长期长短变化较小。



(二) 作物的生育时期

概念：在作物的一生中，受遗传因素和环境因素的影响，在外部的形态特征和内部的生理特性上，都会发生一系列变化，根据这些变化，特别是形态特征上的显著变化，可将作物的整个生育期划分为若干个生育时期，或称若干个生育阶段。

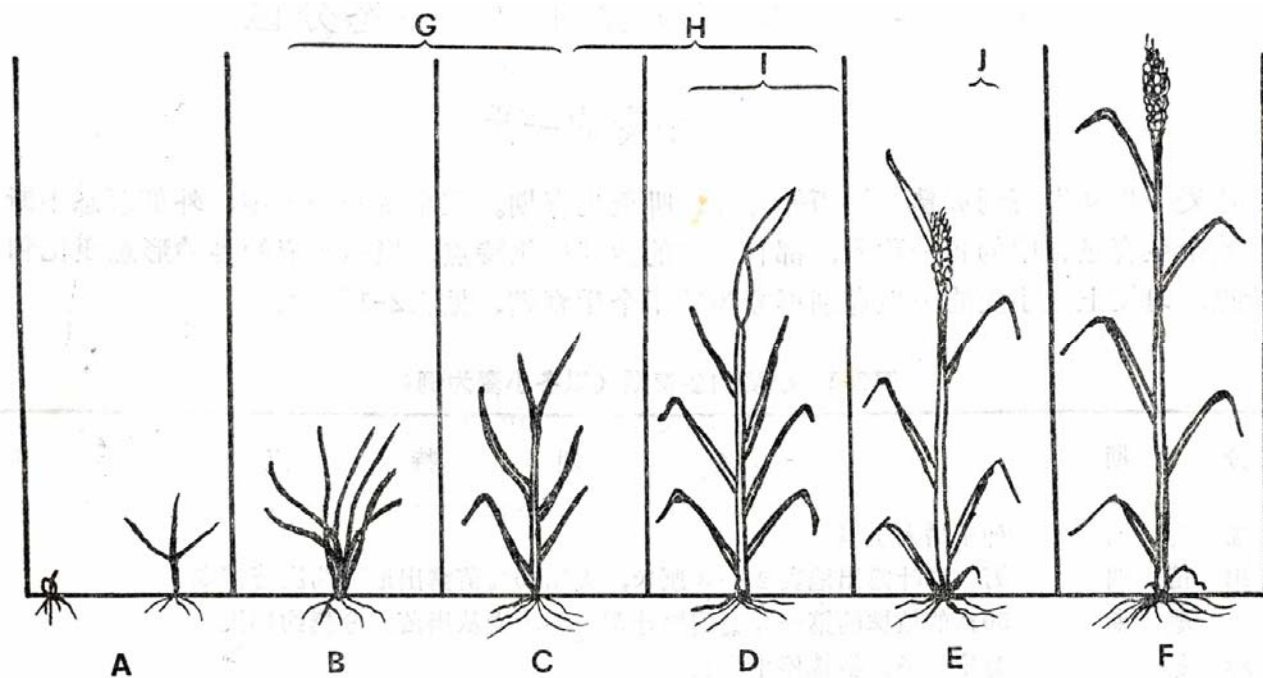
1. **稻、麦类** 一般划分为出苗期、分蘖期、拔节期、孕穗期、抽穗期、开花期、成熟期。
2. **玉米** 一般划分为出苗期、拔节期、大喇叭口期、抽穗期、吐丝期、成熟期。
3. **豆类** 一般划分为出苗期、分枝期、开花期、结荚期、鼓粒期、成熟期。
4. **油菜** 一般划分为出苗期、现蕾抽薹期、开花期、成熟期。

作物的生育时期是指某一形态特征出现变化后持续的一段时间，并以该时期始期至下一时期始期的天数计。

(三) 作物的物候期



概念：所谓物候期是指作物生长发育在一定外界条件下所表现出的形态特征，**人为地**制定一个具体标准，以便科学地把握作物的生育进程。



群体物候期的判断标准是：当10%左右的植株达到某一物候期的标准时称为这一物候期的始期，50%以上植株达到标准时称为这一物候期的盛期。

第二节 作物的温光反应特性

❖ 同一作物不同品种其生育期长短不同。同一作物品种在不同季节、不同纬度和不同海拔地区种植，其生长期的长短也不同，有的甚至影响正常开花和成熟。

❖ 作物的温光反应特性：是指作物必须经历一定的温度和光周期诱导后，才能从营养生长转为生殖生长，进行花芽分化或幼穗分化，进而才能开花结实。作物对温度和光周期诱导反应的特性，称为作物的温光反应特性。



一、作物的感温性

❖ **作物的感温性**：某些作物，如冬小麦、冬黑麦、冬油菜等，在其营养生长期必须经过一段较低温度诱导，才能转为生殖生长。这段低温诱导也称为**春化阶段**。

❖ **1. 冬性类型** 这类作物品种春化必须经历低温，春化时间也较长，如果没有经过低温条件则作物不能花芽分化和抽穗开花。

❖ **2. 春性类型** 这类作物品种春化对低温的要求不严格，春化时间也较短。

❖ **3. 半冬性类型** 这类作物品种春化对低温的要求介于冬性类型和春性类型之间，春化的时间相对较短，如果没有经过低温条件则花芽分化、抽穗开花大大推迟。



一、作物的感温性

表2~1 小麦、油菜通过春化所需的温度和天数

(分别引自潘瑞炽等《植物生理学》，高等教育出版社，1995；官春云，《作物栽培学》，中国农业出版社，1997)

作物	类型	春化温度范围 (°C)	春化时间 (d)
小麦	冬性	0~3	40~45
	半冬性	3~6	10~15
	春性	8~15	5~8
油菜	冬性	0~5	20~40
	半冬性	5~15	20~30
	春性	15~20	15~20

- ❖ 小麦感温阶段在生长锥伸长期结束，而感光阶段在雌雄蕊分化期结束。甘蓝型油菜感温敏感期为9~10叶期，而感光敏感期为11~12叶期。

二、作物的感光性



❖ **作物的感光性**：作物花器分化和形成除需要一定温度诱导外，还必需一定的光周期诱导，不同作物品种需要一定光周期诱导的特性称为感光性。

❖ **1. 短日照作物** 日照长度短于一定的临界日长时，才能开花。属于这类作物的有玉米、大豆、晚稻、黄麻、大麻、烟草等。

❖ **2. 长日照作物** 日照长度长于一定的临界日长时，才能开花。属于这类作物的有小麦、燕麦、油菜等。

❖ **3. 日中性作物** 开花之前并不要求一定的昼夜长短，只需达到一定基本营养生长期，在自然条件下四季均可开花，如**荞麦**等。

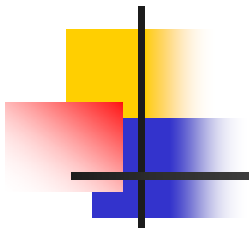


二、作物的感光性

表 2~2 一些短日照作物和长日照作物的临界日长
(引自潘瑞炽等《植物生理学》，高等教育出版社，1995)

类 型	作 物	24h 周期中的临界日长 (h)
短日照作物	大 豆	15
	稻	12~15
长日照作物	大 麦	10~14
	小 麦	12 以上
	甜 菜	13~14

- ❖ 临界暗期比临界日长对开花更重要。短日照作物实际是长夜作物，长日照作物实际是短夜作物。
- ❖ 短日照作物和长日照作物在北半球的分布特点：
- ❖ 作物接受光周期诱导的部位是叶片，而花的形成却在茎的顶端，



三、作物的基本营养生长性

❖ **基本营养生长期**：在作物进入生殖生长前，不受温度和光周期诱导影响而缩短的营养生长期，称为基本营养生长期。

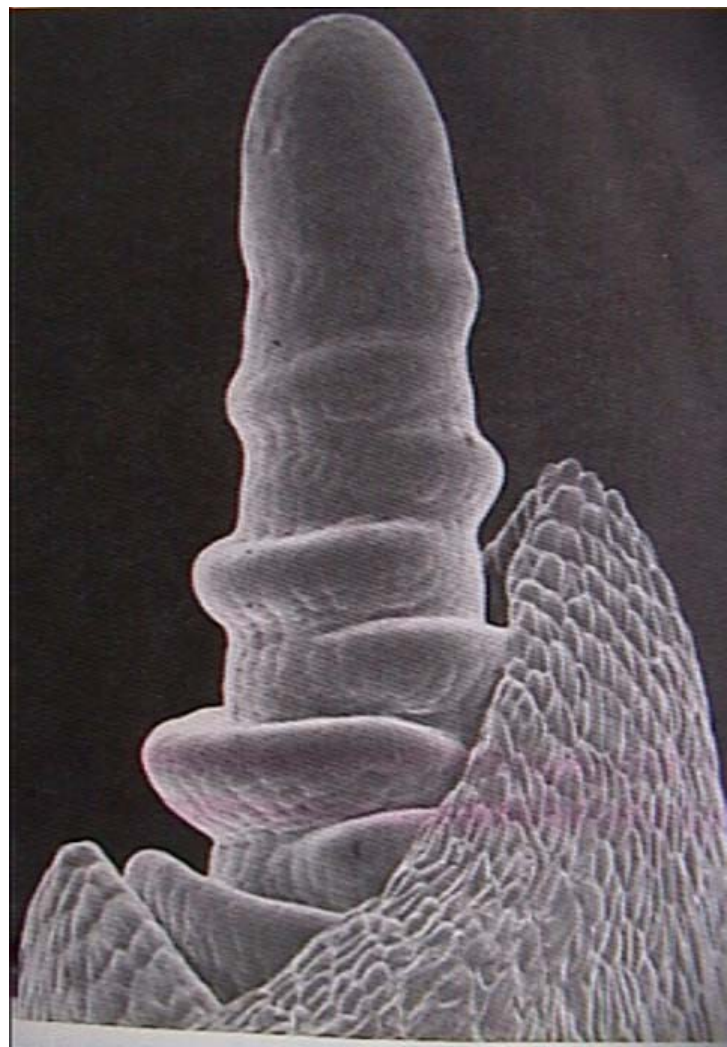
如：不同水稻品种基本营养生长期的变化幅度为15~60d；不同春播甘蓝型油菜品种基本营养生长期的变化幅度为24~27d。

❖ **基本营养生长性**：不同作物品种的基本营养生长期的长短各异，这种基本营养生长期长短的差异特性，称为作物品种的基本营养生长性。

四、作物在温度和光周期诱导下植株形态和生理上的变化

(一) 在形态和结构上的变化

- ❖ 1. **形态上**：如主茎略有伸长，叶片由匍匐变为直立或半直立，叶色略变淡等。
- ❖ 2. **从解剖结构看**：稻麦生长锥表面一层或数层细胞分裂加速，细胞小而细胞质变浓，而中部的一些细胞则分裂减慢，细胞变大，细胞质稀薄，有的出现了液泡。此后，由于表层分生细胞的迅速分裂，使生长锥表面出现皱折，在原来形成叶原基的地方形成花原基，在花原基上再分化出花的各部分原基。





(二) 在生理生化上的变化

1. 二年生作物在春化过程中体内核酸和蛋白质代谢有很大变化。如核酸含量(特别是RNA含量)增加, 代谢加速, 而且RNA性质也有所变化, 出现大分子量信使核糖核酸(mRNA)的合成。
 2. 冬小麦种子经低温处理, 其中可溶性蛋白及游离氨基酸含量增加, 有新的蛋白质合成。
 3. 小麦、油菜、燕麦等多种作物经过春化处理后, 体内赤霉素含量增加。
- ❖ 这些现象都被认为是作物由营养生长转入生殖生长所必须具备的生化条件。

五、作物温光反应特性在生产上的应用

(一) 在引种上的应用

- ❖ 不同地区的温光生态条件不同，在相互引种时必须考虑品种的温光反应特性。
- ❖ 凡从相同纬度或温光生态条件相近的地区引种易于成功。

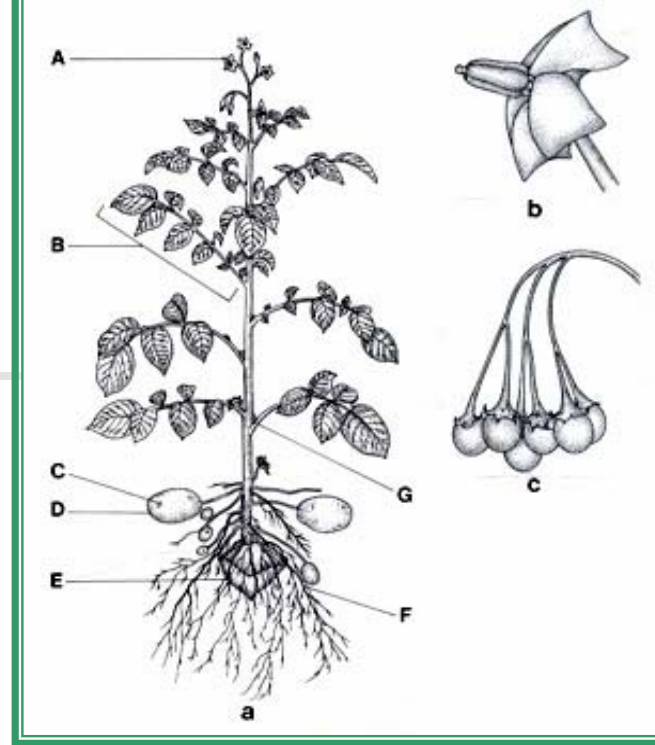
(二) 在栽培上的应用

- ❖ 作物的品种搭配、播种期的安排等，均需考虑作物品种的温光反应特性。

(三) 在育种上的应用

- ❖ 为了使两亲本花期相遇，可根据亲本的温光反应特性调节播种期。
- ❖ 为了缩短育种进程或加速种子繁殖，育种工作者应根据育种材料的温光反应特性决定其是否进行冬繁或夏繁。

第三节 作物生长的一些相关



一、营养生长与生殖生长的关系

- ❖ **营养生长**: 作物营养器官根、茎、叶的生长;
- ❖ **生殖生长**: 生殖器官花、果实、种子的生长。

通常以**花芽分化(幼穗分化)**为界限,把生长过程大致分为两段,前段为营养生长期,后段为生殖生长期。

1. 营养生长期是生殖生长期的基础

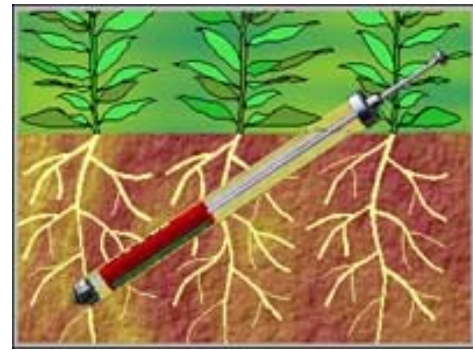
营养生长期生长的优劣,直接影响到生殖生长期生长的优劣,最后影响到作物产量的高低。

2. 营养生长和生殖生长并进阶段两者矛盾大,要促使其协调发展

3. 在生殖生长期,作物营养生长还在进行,要掌握得当

营养生长过旺——贪青倒伏; 营养生长太差——作物早衰

二、地上部生长与地下部生长的关系



作物的地上部分(也称冠部)包括茎、叶、花、果实、种子;地下部分主要是指根,也包括块茎、鳞茎等。

1. 地上部与地下部物质的相互交换

(1) 地下部的根是吸收水分和矿质营养的器官,地上部是作物有机营养物质的主要来源。

(2) 根与地上部分还进行着微量活性物质的交换。(维生素、生长素↓; CTK、GA、ABA↑)。

2. 地上部与地下部重量保持一定比例

根冠比(根/冠): 根系重与冠重之比。

❖ 不同作物、不同品种的根本冠比是不同的,同一作物、同一品种不同生育时期的根本冠比也不一致。

二、地上部生长与地下部生长的关系

3. 环境条件和栽培技术措施对地下部和地上部生长的影响不一致

(1) 水分：“干长根，水长苗”。为了培育壮苗，前期土壤水分不宜过多。

(2) 矿质元素：

A 氮素对地上茎叶生长有利。

B 磷素对根系生长是有利的，磷素丰富，根系发达，根冠比增大。

C 钾素对块根、块茎作物的地下器官生长起促进作用。

(3) 温度：根系生长所要求的地温条件比地上部分低。



三、作物器官的同伸关系

器官的同伸关系：在同一时间内某些器官呈有规律的生长或伸长。

同伸器官：在同一时间内同时生长(或伸长)的器官。

- ❖ 同伸关系既表现在同名器官之间，也表现在异名器官之间。
- ❖ 一般说来，环境条件和栽培措施对同伸器官有同时促进或抑制的作用。

(一) 禾谷类作物营养器官间的同伸关系

1. 主茎和分蘖的关系： $N-3$

2. 叶片、叶鞘和节间的关系：

异名器官： N 叶叶片 \approx $(N-1)$ 叶叶鞘 \approx $(N-2)$ 叶至 $(N-3)$ 叶节间

同名器官： N 叶展开 \approx $(N+1)$ 叶迅速伸长 \approx $(N+2)$ 叶开始伸长 \approx $(N+3)$ 叶等待伸长。

3. 地上部器官与根的关系：出叶与出根的同伸关系也是 $N-3$

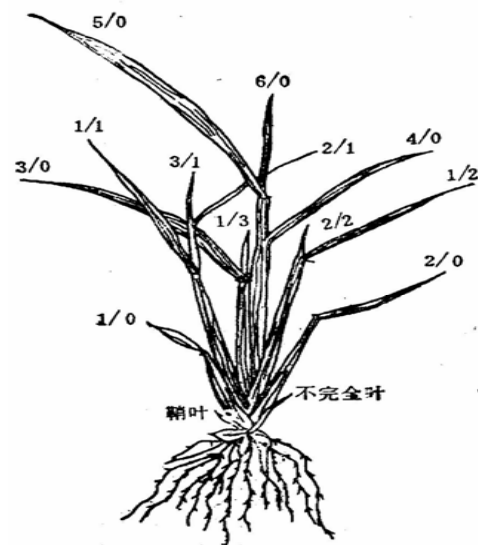


图2-1 稻苗叶片的着生位置
分子表示叶片的叶位。分母0表示主茎，
1表示第一分蘖，2表示第二分蘖，3表示第三分蘖。

三、作物器官的同伸关系

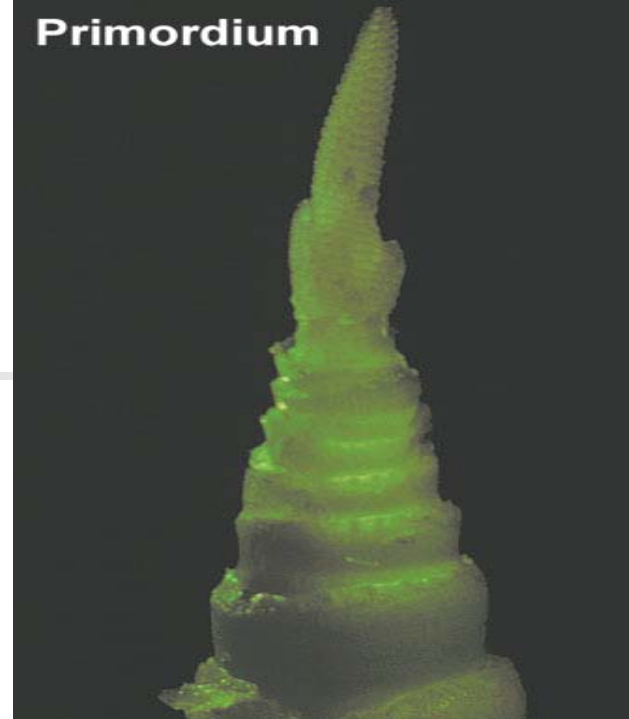
(二) 禾谷类作物幼穗与营养器官的同伸关系

利用器官间的同伸关系则可推定幼穗发育进程。目前常用的方法有：

1. **叶龄法** 即直接以叶片数为指标。
2. **叶龄余数法** 作物某一品种一生的总叶数减去已抽出的叶数，即为叶龄余数。
3. **叶龄指数法** 作物某一时期已抽出(或已展开)叶数占总叶数的百分数，即为叶龄指数。

(三) 双子叶作物器官间的同伸关系

双子叶作物的器官的同伸关系没有禾谷类作物那么明显。





四、个体与群体的关系



1. 作物个体和群体之间互相联系又互相制约

- ❖ 单独生长个体的生长状况和产量高低，绝不与群体中生长的个体相对应。
- ❖ 群体的产量虽然取决于每个个体的产量，但也绝不是每个个体产量充分增长的总和。
- ❖ **反馈**: 在群体中个体生长发育的变化，引起了群体内部环境的改变，改变了的环境又反过来影响个体生长发育的反复过程，叫做“反馈”。由于反馈的作用，使作物群体在动态发展过程中普遍存在着“**自动调节**”现象。
- ❖ 自动调节能力是相对的、有一定范围的。

四、个体与群体的关系

2. 合理的种植密度有利于个体与群体的协调发展

种植密度的差异除影响个体的生长外，还会影响到群体的透光性和通风性，使作物的光合作用效能受到影响。

3. 利用作物群体自动调节原理采取栽培技术措施提高作物产量

品种的选择：随着施肥水平的提高，一般应选择比较耐肥、中偏矮秆或半矮秆、具有倾斜的叶层配置的品种。

肥料的施用：对作物群体影响很大，因此施肥时期和施用量必须适时适量。

植物生长调节剂：调节植株高度和叶面积大小，对合理群体的形成十分有利。

第四节 作物的群体特征

一、作物群体的层次结构和光强分布

殷宏章(1959)把整个作物群体分作三个层次:

- A. 光合层(叶、穗层): 包括所有的绿色叶片, 穗和茎的一部分。这一层的主要功能是吸收日光能和 CO_2 , 进行光合作用, 蒸发水分等。
- B. 支架层(茎层): 在光合层之下, 一方面支持光合层, 另一方面又在叶、根间起运输传导作用。
- C. 吸收层(根层): 这一层的主要功能在于吸收水分和营养物质, 并进行一些代谢与合成作用。

优良群体结构的主要特征:

群体内植株地上部各个器官(主要是叶片)的数量、空间排列有利于最有效地利用太阳辐射能,根系的数量和分布,有利于最有效地吸收土壤水分和养分,最终有利于同化物的积累和经济产量的形成。



(一) 作物群体的层次结构

1953年日本学者门司正三和佐伯敏郎第一次提出用层切法(或称大田切片法)研究群体的生产结构。

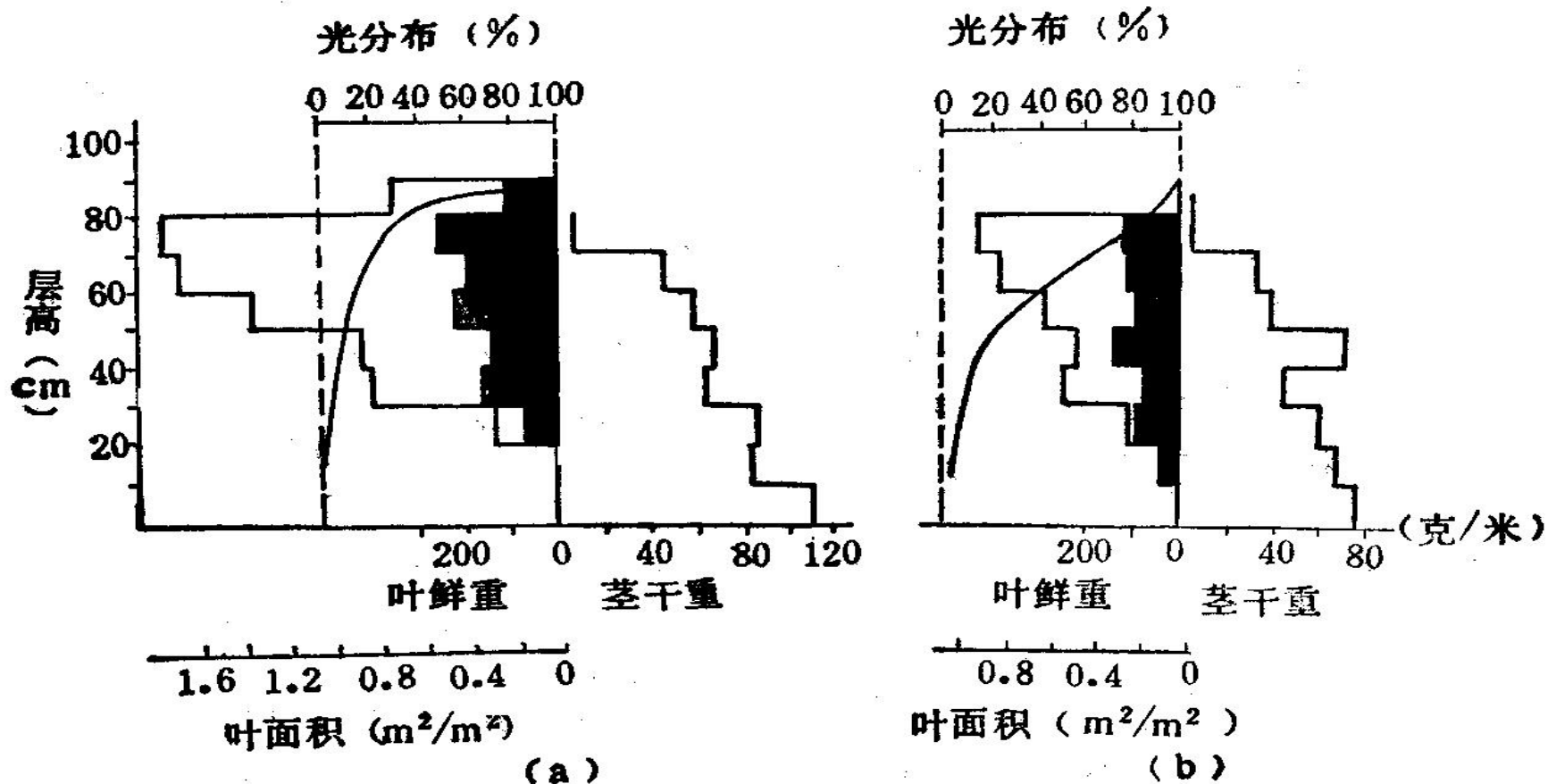


图 4-6 小麦群体结构图 (殷宏章等, 1959)

(二) 作物群体内的消光系数

作物群体由于叶层的重复遮光，越是群体的深层，光强削弱越严重。叶片直立的作物群体，光照削弱轻，叶片平展的作物群体，光照削弱重。

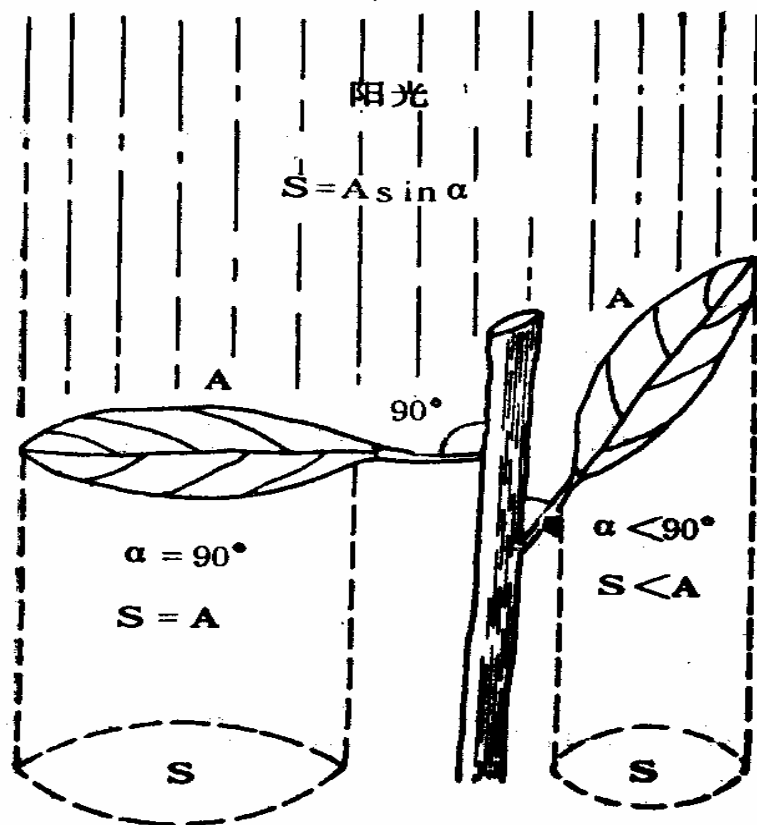


图 4-4 叶角度与遮荫面积的关系

A为叶面积，S为遮荫面积， α 为着生角。

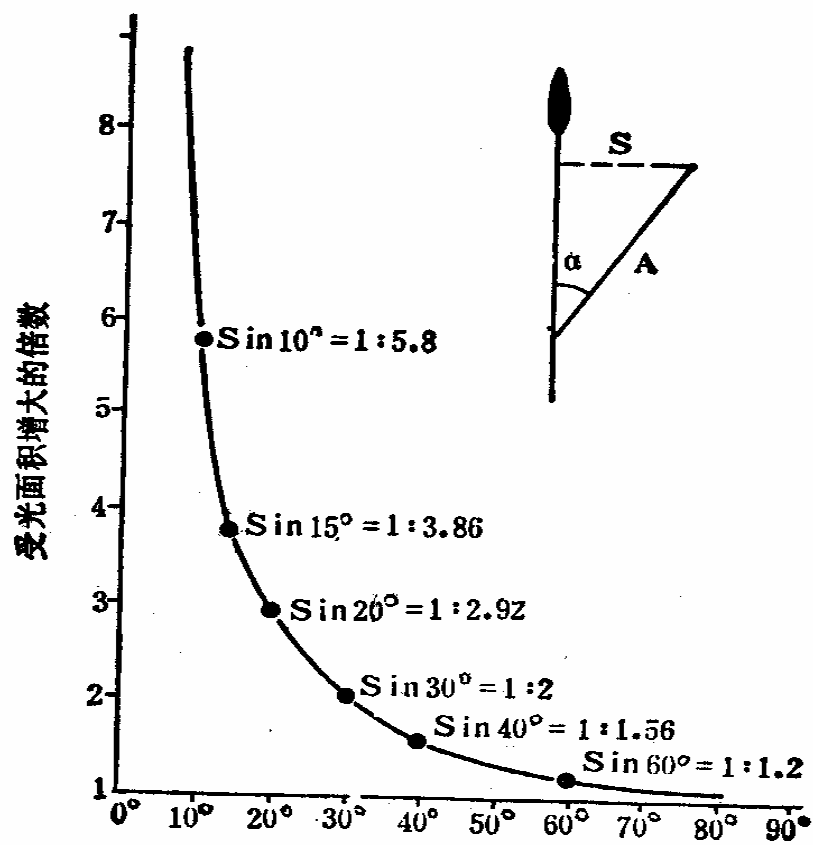


图 4-5 着生角和叶片受光面积的关系



(二) 作物群体内的消光系数

❖ 作物群体中光强的削弱对叶片层数的依赖关系可以用比耳~兰伯特(Beer~Lambert)定律,即群体内总光强度的负对数与叶面积成正比,其方程式为:

$$I = I_0 e^{-KF} \quad K = \frac{2.3}{F} (\text{Log} I_0 - \text{Log} I)$$

消光系数

- K为消光系数: 不同叶面积指数对光能吸收量, 反映遮光程度。
- 叶片直立的作物群体(如小麦、水稻、玉米)的K值多在0.3~0.7左右, 而叶片平展的作物群体(如大豆)则达到0.7~1.5。
- 消光系数K是不同作物、不同品种的一种特征值。K越大, 群体内部的透光状况越差, 反之亦然。K值过大, 群体郁闭, K值过小, 群体内可能漏光, 均不适宜。

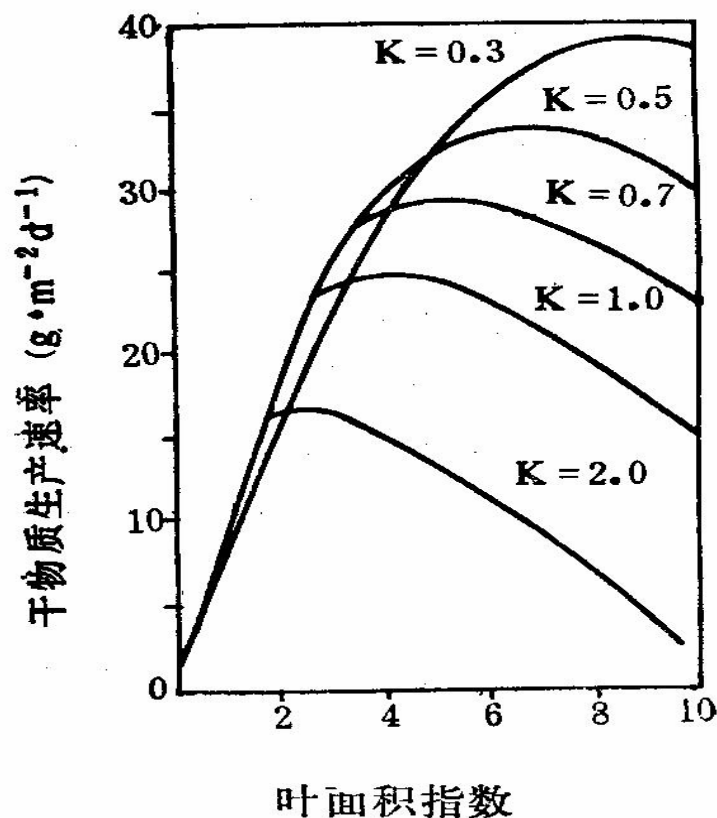


图 4-8 消光系数不同的群体叶面积指数与干物质生产速度的关系 (Saeki, 1960)

二、影响作物群体结构的因素

(一) 株型

- “株型”：是作物植株的综合性状，不仅包括形态特征，而且包括生理特性。良好的株型是建立作物高产群体结构的“基本材料”。
- “株型”的概念，是1923年由Engledow提出来的。
- 作物的理想株型应当具有适于密植且不倒伏、群体的生物产量高、经济系数大等形态特征和生理特性。能够满足上述三个要求的正是中偏矮秆，特别是半矮秆株型的品种。

(二) 种植密度的配置方式

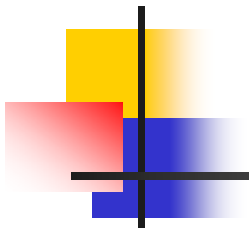
作物群体结构的状态在很大程度上与作物的种植密度和田间配置方式有关!

- 种植密度实质上是指作物群体中每一个体平均占有多大的营养面积，而植株的田间配置方式则是指每一个体所占有的营养面积的形状，即行、株距的宽窄。
- 要建立良好的群体结构，需要根据品种、株型、肥水条件等确定适宜的种植密度。
- 某些独秆型作物如玉米、高粱，可通过种植密度来左右群体结构。但是更多的作物如水稻、小麦、大豆等则具有高度的自动调节能力。

(二) 种植密度的配置方式

在种植密度相同时，作物植株的行、株距、行向对群体结构有较大影响！

- 就对光照的截获而论，行距大于株距(长方形配置)比株行距一致(方形配置)透光好，漏光也多。就种、管、收等农田作业而言，行距又必须比株距大。良好的作物群体结构，要求植株的上、中下层均匀受光，却又不能使光漏在田面上，即“透而不漏”。
- 一般宽窄行种植比等行距种植好，利于加大密度，较好地利用生长后期光能，提高产量。
- 畦行向的效应随纬度而不同，纬度越低，东西向种植越有利，纬度越高，南北向种植越有利，中午前后总能接受全日照。但是，在间、套作情况下，对矮作物来讲，东西向比南北向接受日光的时间就要长的多。



本章学习重点

- **基本概念**：生长、发育、生育期、生育时期、物候期、作物的感温性、作物的感光性、基本营养生长性、基本营养生长期、营养生长、生殖生长、根冠比、器官的同伸关系、同伸器官、叶龄余数、叶龄指数。☆☆☆
- **S形生长进程的应用** ☆
- **作物温光反应特性在生产上的应用** ☆☆☆
- **营养生长与生殖生长的关系** ☆☆
- **作物器官的同伸关系** ☆☆
- **个体与群体的关系及其调控** ☆☆