

# 作物栽培学

## 水稻器官建成

杨连新

2013年3月8日和15日



# 水稻栽培的生物学基础

- 一. 起源与分类
- 二. 发育特性
- 三. 生育过程

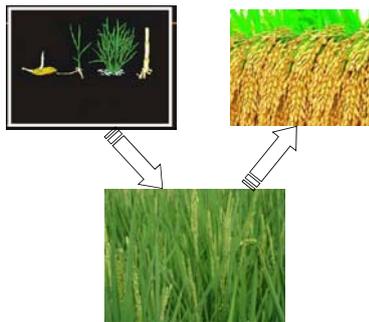


## 四. 器官建成



# 器官建成

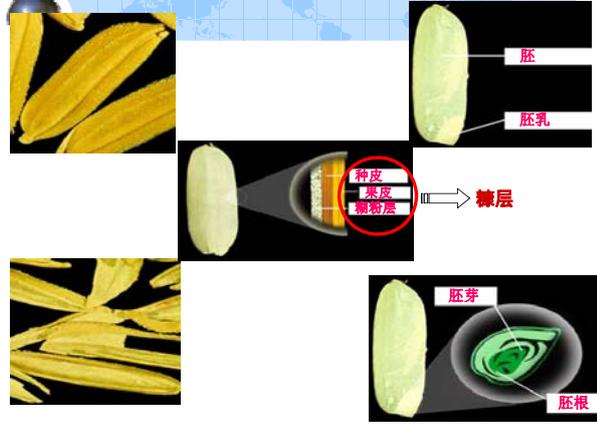
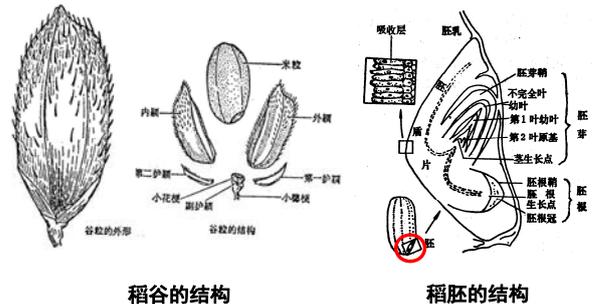
- 种子
- 根系
- 叶片
- 分蘖
- 茎秆
- 稻穗
- 籽粒



-3



# 稻谷结构



# 稻种萌发需要适宜的环境条件

1. **水分**: 其适宜吸水量为本身风干重的25-40%;
2. **温度**: 发芽的最低温度为10(粳)-12℃(籼), 最适温度为28-36℃, 最高温度为40℃。
3. **氧气**: 有氧呼吸时, 胚乳贮藏物质转化速度快, 利用效率高, 有利于幼根、幼叶及生长点进行细胞分裂增殖而促其生长; 而在无氧条件下, 稻种只能进行无氧呼吸, 产生中间产物和能量都很少, 除**胚芽鞘**依靠原有细胞伸长而能生长外, 其他的**器官均缺乏养料不能进行细胞分裂而停止生长。**

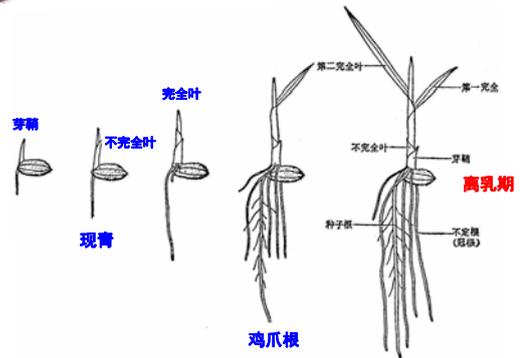
解释“干长根、湿长芽”



## 发芽与幼苗的生长



## 水稻幼苗期发根出叶过程



## 器官建成

- 种子
- ⇒ ● 根系
- 叶片
- 分蘖
- 茎秆
- 稻穗
- 籽粒



- 吸收
- 固定
- 支持
- 合成

9

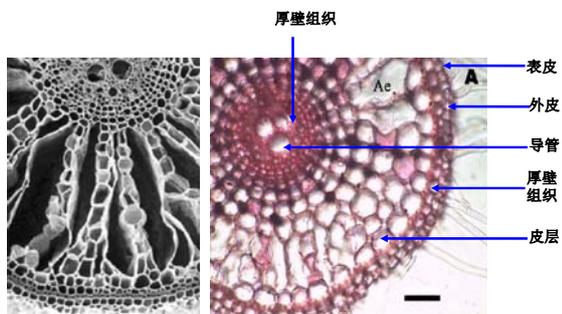


## 根的类型

- 种子根：源于胚根
- 不定根：从分蘖节由下而上逐步发生
- 分枝根：最多可发生5、6级分枝



## 根的解剖结构



## 根的分布

水稻根系主要分布在离土表0-10 cm的土层中(约占80%)，特别是0-5 cm的表土层分布最多，耕作层以下分布很少。动态：扁圆形→倒卵形。

## 器官建成

- 种子
- 根系
- ⇒ ● 叶片
- 分蘖
- 茎秆
- 稻穗
- 籽粒

叶片、叶鞘、叶枕、叶耳、叶舌

13

## 水稻和稗草的区别

RICE GRASSY WEED

## 叶片

- 功能：光合主要器官
- 叶数：与生育期有关
- 类型
  - 形态：芽鞘、不完全叶及完全叶
  - 着生部位：近根叶和抱茎叶
- 出叶间隔：幼苗期2-4 d；近根叶4-6 d；抱茎叶7-9 d
- 叶片长度：由短变长，由长变短。
- 表示方法：常以1/0、2/0、3/0.....表示；栽培上常用叶龄、叶龄余数或叶龄指数表示生育进程

类型	生育期 (d)	主茎总叶片数
早稻	95-120	10-13
中稻	120-150	14-16
晚稻	>150	>16

## 叶鞘

- 形态
  - 三角形：着生在分蘖节。
  - 圆形：着生在茎秆节，无明显鞘脊。蓄积淀粉能力强。
- 作用
  - 坚固茎秆：中央厚，两缘渐薄，卷抱着其内的叶或茎。叶节：组织致密，细胞角质化程度高，机械强度高，弹性好。
  - 贮藏养分：叶鞘薄壁细胞有贮藏淀粉的功能，最上位3—4个叶鞘抽穗前蓄积的淀粉是籽粒灌浆物质来源一部分。

- 为什么水稻倒伏后能重新竖起？
- 鞘重/叶重比或叶鞘淀粉含量亦可作为高产诊断指标？

## 叶枕

- 位置
- 作用：叶枕的形状、质地、植物激素含量与叶片的伸展角度有关---叶枕宽而厚实，赤霉素低的品种叶片多上举。

## 器官建成

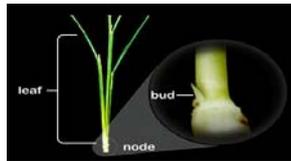
- 种子
- 根系
- 叶片
- ⇒ ● 分蘖
- 茎秆
- 稻穗
- 籽粒

18

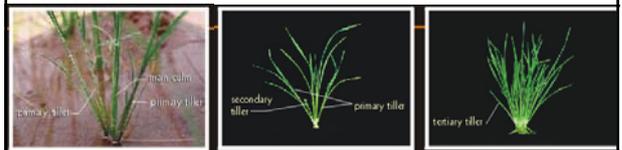
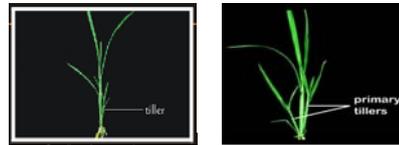


## 分蘖发生位置

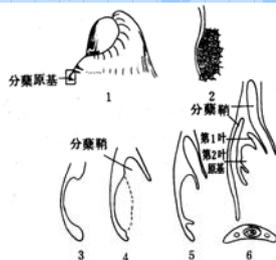
- 水稻茎秆通常有10-18个节，每个节上生1叶，每1叶腋间都有一个腋芽（分蘖芽），**在适宜的条件下**，腋芽可以发育成为侧芽，称作为分蘖；分蘖位。
- 伸长节间的叶腋一般形成休眠的潜伏芽。但再生稻？



## 分蘖的生长



## 分蘖原基的形成和分化发育



分蘖原基的形成和分化发育  
1. 叶原基边缘基部分化分蘖原基 2-5. 从分蘖原基分化成分蘖芽的过程 6. 一个分蘖芽的纵切面和横切面  
(星川, 1975)

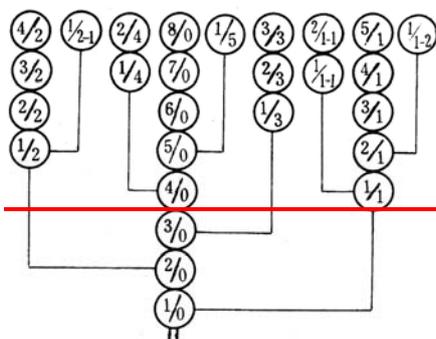


## 叶蘖同伸规则

1.  $n$ 叶抽出 =  $(n-3)$ 号分蘖第1叶抽出 ( $n$ 对 $n-3$ 的同伸关系)
2. 分蘖第1叶抽出后，其出叶速度大体与母茎相同
3. 分蘖上可再发生分蘖，其抽出与母茎出叶的关系，也同于主茎和分蘖（一次分蘖）的关系



## 叶蘖同伸规则



生产上可据此对分蘖期间田间管理好坏和禾苗生长状况进行**诊断**。



## 分蘖类型

1. **有效分蘖**：主茎拔节时，4叶期或更大的分蘖
2. **无效分蘖**：不到3叶期的分蘖
3. **动摇分蘖**：3叶期的分蘖



**有效分蘖临界叶龄期**：指主茎开始拔节时具3叶1心的分蘖初抽出时的叶龄期  
**相对性**：与群体大小，中后期营养有关



## 为什么?

- **分蘖独立生活条件:** 分蘖3叶前, 没有自生根系, 叶面积小, 营养主要靠母茎供应。自3叶期开始发根, 叶面积也逐渐扩大, 约至4叶期分蘖具有独立营养生活能力。
- **拔节前后, 主茎和分蘖间营养关系剧变:** ① 拔节前: 主茎光合产物约1/3给幼小的分蘖; ② 拔节后: 急剧减少。



## 器官建成



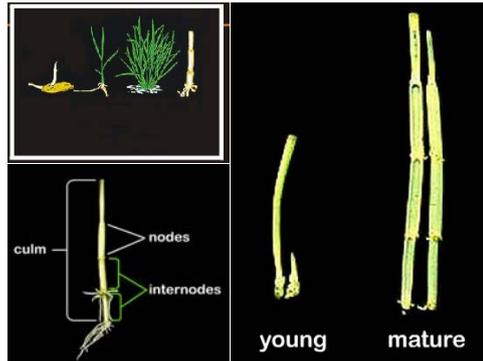
26



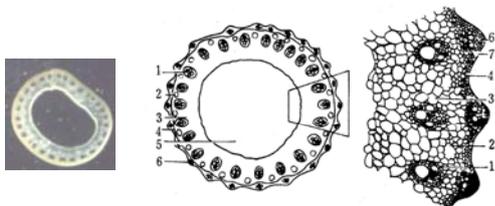
## 茎的功能和形态



- 茎的功能:** 着生叶片、分蘖和不定根, 具有支持、输导和贮藏等功能。
- 茎的形态:** 稻茎一般中空呈圆筒形。
  - **节** (着生叶的部位)、**节间**
  - **不伸长节间:** 基部各节密集, 节上发生根和分蘖, 称它为分蘖节或根节;
  - **伸长节间:** 形成茎秆;
  - **主茎节数:** 9-20个。



## 茎的结构



水稻茎秆节间横切面

1. 大维管束 2. 通气腔 3. 薄壁组织 4. 机械组织 5. 髓腔 6. 小维管束 7. 表皮



## 茎的分化和生长



- 节和节间分化期**
- 节间伸长期**
  - **拔节期:** 生物学上, 基部第1伸长节间伸长1-2 cm 即称为拔节。田间50%植株主茎拔节。
- 节间充实期:** 主要是细胞壁增厚, 木质素 (机械组织)、硅质 (表皮)、淀粉 (薄壁组织)
- 节间物质输出期:** 抽穗-抽穗后21 d。

## 水稻倒伏导致产量下降品质变劣



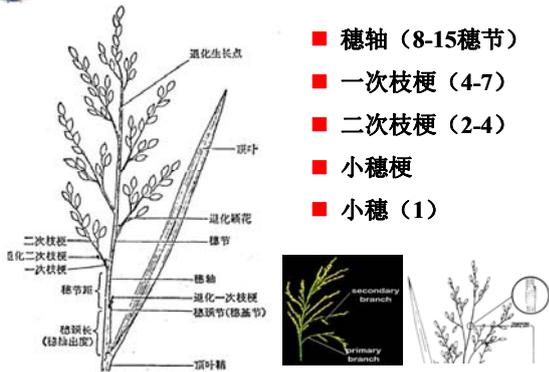
## 器官建成

- 种子
- 根系
- 叶片
- 分蘖
- 茎秆
- ➔ 稻穗
- 籽粒



32

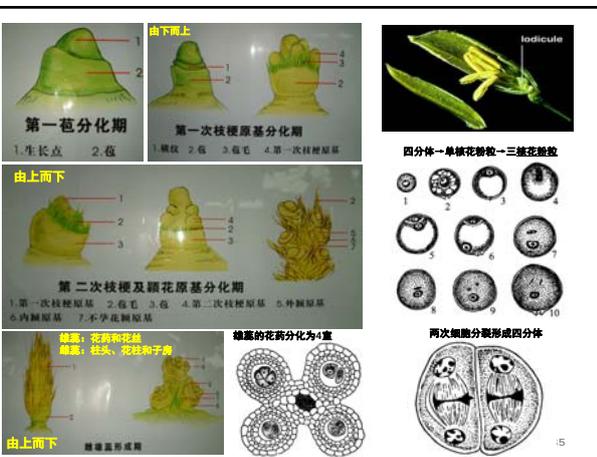
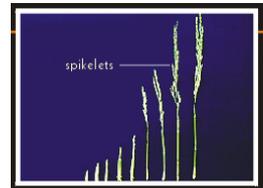
## 稻穗的形态：圆锥花序



- 穗轴 (8-15穗节)
- 一次枝梗 (4-7)
- 二次枝梗 (2-4)
- 小穗梗
- 小穗 (1)

## 穗分化

1. 第一苞分化期
2. 一次枝梗原基分化期
3. 二次枝梗原基及颖花原基分化期
4. 雌雄蕊形成期
5. 花粉母细胞形成期
6. 花粉母细胞减数分裂期
7. 花粉内容充实期
8. 花粉完成期



## 颖花消长及其栽培意义

- **颖花分化与退化**：二次枝梗原基及颖花原基分化后期起颖花原基数不断增加，至雌雄蕊形成中期前后达最大值；**减数分裂期间**，因部分颖花原基停止发育而退化，分化发育颖花数减少；约至出穗前7—10 d，退化颖花数不再增加，发育颖花数稳定。
- **栽培意义**：在栽培技术上，促进分化颖花数增加的措施，必须在**二次枝梗及颖花原基分化期**起作用，防止颖花退化的措施，必须在**减数分裂期**起作用。

### 器官建成

- 种子
- 根系
- 叶片
- 分蘖
- 茎秆
- 稻穗
- 籽粒



37

### 抽穗：开花、受粉与结实



穗上部颖花的花粉和胚囊成熟后的1-2 d，穗顶即露出剑叶鞘，即为抽穗。从穗顶露出到全穗抽出约需5 d左右（单穗）。对全田，还有始穗、抽穗、齐穗的概念。

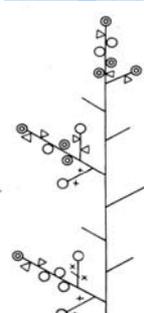
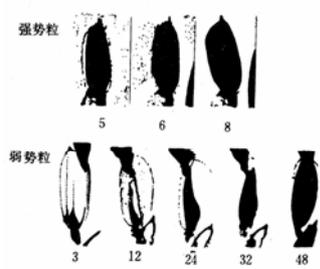
### 开花时间

- 从整穗看：**在一般情d，而第3 d前后开花最盛。温度对开花受精的影响最大(23-35℃)。穗顶端的颖花露出剑叶鞘的当天或后1-2 d即开始开花，全穗开花过程约需5-7。
- 从一朵颖花看：**始开到盛开约需10-20 min，盛开后经20-30 min开始关闭，始开到闭合的全过程约需1-2.5 h，受温度控制。
- 以水稻一天中的开花时间：**在南京，早、中稻一般盛花期在上午10时左右（AM8-PM1）；晚稻盛花期一般在中午12时左右（AM9-PM3）。在同样条件下，籼稻的花时约比粳稻早1小时。

### 开花顺序

- 不同品种：**一般籼稻开花早，粳稻开花较迟。
- 同品种主茎与分蘖：**主茎→低位→高位分蘖，有例外。
- 同一稻穗的不同部位：**
  - 上部枝梗颖花→下部枝梗颖花
  - 一次枝梗→二次枝梗
  - 同一枝梗上，顶端→最下部→顺序继续完成开花。

### 开花顺序：花势

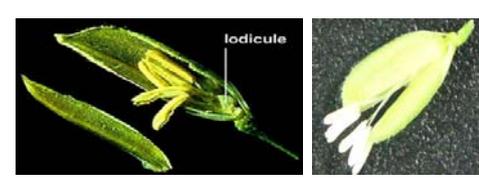
最强势粒 5 6 8  
弱势粒 3 12 21 32 48

籽粒发育动态  
(南优3号，软X射线活体摄片。图中数字为开花后的日数，是穗上第一朵颖花开花之日起算的日顺序)

◎ 最强势花 ○ 较强势花  
△ 较弱势花 × 最弱勢花

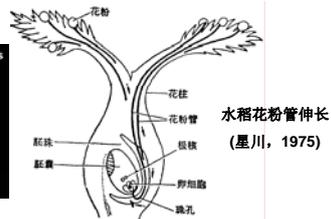
### 开颖机理和开颖角度

- 开颖机理：**花丝伸长，浆片由于CO<sub>2</sub>作用形成酸性环境，吸水膨胀（可为原大小的3倍），推开内外颖。因此，CO<sub>2</sub>是水稻开颖机制的“扳机”（>5%）。
- 开颖角度：**水稻开颖的角度一般在25-30℃之间。





## 双受精



水稻花粉管伸长 (星川, 1975)

- **双受精**: 开花时颖壳张开, 花丝迅速伸长, 花药开裂, 花粉散向同粒颖花的柱头, 经2-3 min便发芽伸出花粉管, 花粉3个核进入花粉管先端部, 经0.5-1 h进入子房珠孔, 通过助细胞后, 释放出两个精核和1个营养核, 其中1个精核与卵细胞结合成为受精卵, 另1个精核与胚囊中极核结合成为胚乳原核, 完成双受精, 前后历时5-6 h。

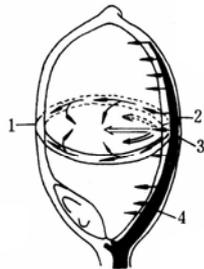


## 灌浆结实4个时期

- **乳熟期**: 在开花后3-7 d (晚稻为5-9 d), 其米粒中充满白色淀粉浆乳, 随时间推移, 浆乳由稀变稠, 颖壳变绿
- **蜡熟期**: 胚乳由乳状变硬, 但手压变形, 颖壳绿色→黄色; 历时7-11 d
- **完熟期**: 穗轴与谷壳全部变黄, 米质坚硬, 收获适期
- **枯熟期**: 颖壳及枝梗多枯死, 谷粒易脱落, 易断穗、折秆, 色泽灰暗



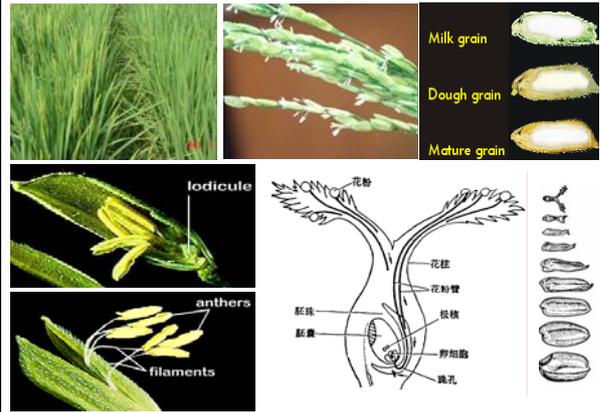
## 灌浆路径



米粒灌浆路径  
1. 腹 2. 背 3. 珠心突起组织  
4. 维管束群

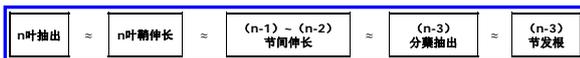
- 米粒灌浆的初期路径
- ⇄ 米粒灌浆的中、后期路径

## 总结: 抽穗、开花、灌浆、成熟

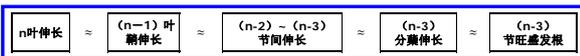


## 营养器官同伸同步关系

### ● n叶抽出



### ● n叶伸长



## 营养器官与生殖器官之间

1. **倒4叶抽出的后半期**: 苞分化期;
2. **倒3叶抽出期**: 约为枝梗分化期;
3. **倒2叶抽出期**: 约为颖花分化期;
4. **顶叶抽出期**: 为生殖细胞形成期;
5. **顶叶抽出后**: 为花粉充实完成期。



## 生育进程叶龄模式

以叶龄为主线，简明反映了水稻不同器官间主要生育进程和相互关系。对于制订栽培措施有重要参考价值。

1. 水稻品种生育进程类型
2. 生育进程叶龄模式
3. 几个关键的叶龄期



## 品种分类：N, n

类型	主茎总叶片数	伸长节间数
特早熟早稻组	9-10	3-4
早稻组	11-13 (12)	4
中稻组	14-16 (15)	5
单季晚稻组	17-19 (18)	6
特晚熟组	20	7
特殊类型组*	15-18	5

\*：主要是由国际水稻研究所引入的品种及其杂种一代。

凌启鸿等



## 水稻生育进程叶龄模式

中稻组	以15叶、5个伸长节间的作代表	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	孕穗	抽穗
表注	<input checked="" type="checkbox"/> 开始分蘖的最低叶龄期为4叶期(分蘖始期) <input type="checkbox"/> 群体有效分蘖临界叶龄期 <input type="checkbox"/> 茎秆基部第1节间伸长期(拔节始期) 12、13、14、15孕穗：表示主茎15叶、5个节间品种最上3个发根节的发根期(其余各类品种的符号均同上表示)																	

1. 分蘖始期叶龄期：第4叶期
2. 有效分蘖临界叶龄期 =  $N - n$  叶龄期?
3. 拔节叶龄期：n-2的倒数叶龄期?
4. 最上3个节位发根期
5. 穗分化叶龄：苞分化、枝梗分化、颖花分化、生殖细胞形成、花粉充实完成

## 试分析水稻叶龄余数3.5追施速效N肥对器官建成的影响。



52



## 举例

早稻组	以12叶、4个伸长节间的作代表	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	孕穗	抽穗	
中稻组	以15叶、5个伸长节间的作代表															
晚稻组	以18叶、6个伸长节间的作代表															
特晚组	以20叶、7个伸长节间的作代表															
特殊型	以17叶、5个伸长节间的作代表															
表注	<input checked="" type="checkbox"/> 开始分蘖的最低叶龄期为4叶期(分蘖始期) <input type="checkbox"/> 群体有效分蘖临界叶龄期 <input type="checkbox"/> 茎秆基部第1节间伸长期(拔节始期) 12、13、14、15孕穗：表示主茎15叶、5个节间品种最上3个发根节的发根期(其余各类品种的符号均同上表示)															



## 思考题：试分析水稻叶龄余数1.5追施速效N肥对器官建成的影响。

54

产量怎样形成？如何实现高产？

请听下节



**Any Questions?**

**Phone:** 0514-87979276

**Email:** lxyang@yzu.edu.cn