

水稻重要发育时期表型观察

Phenotypic Observations of Rice Critical Development Stages

都浩, 王磊, 熊立仲*

作物遗传改良国家重点实验室, 华中农业大学, 武汉

*通讯作者邮箱: lizhongx@mail.hzau.edu.cn

引用格式: 都浩, 王磊, 熊立仲. (2018). 水稻重要发育时期表型观察. *Bio-101* e1010178. Doi: 10.21769/BioProtoc.1010178.

How to cite: Du, H., Wang, L. and Xiong, L. Z. (2018). Phenotypic observations of rice critical development stages. *Bio-101* e1010178. Doi: 10.21769/BioProtoc.1010178. (in Chinese)

实验原理: 水稻种子从萌发到植株的生长发育直至结实, 在不同的时期呈现出不同的形态特征。

实验目的: 通过对水稻植株不同发育时期, 重要器官在植株、器官、组织水平上观察, 了解其生长发育的特点, 方便开展生物学实验。

关键词: 水稻, 生长发育, 表型观察

仪器设备

1. 相机
2. 普通体式及卧式光学显微镜
3. 微分干涉显微镜
4. 扫描电子显微镜
5. 组织切片
6. 碘染实验

实验步骤

一、水稻生长发育特征描述

1. 水稻种子的萌发

部分品种的水稻的种子存在一定的休眠期。打破水稻休眠, 可以在非封闭的条件下

用 50 °C 左右温度把种谷加热 4~5

d。种谷直接暴露受热是无害的。但当种谷密闭阻止失水时，受热时间延长便可能死亡。

水稻种子萌发需要以下的条件：

1.1 足够的水分：吸水量为本身风干重的 25%开始萌发，40%正常发芽。

要达到足够的种子含水量，浸种时间因浸种温度不同而异。当水温在 30 °C 时约 35 h，水温 20 °C 时约 60 h 以上，水温 10 °C 时约 70 h，所以早、中稻浸种时气温、水温都低需浸 3 d，迟播的中稻因气温水温升高浸种 2 d 即可，晚稻气温水温都高，浸 1-2 d，但要注意勤换水。

1.2 适宜的温度：发芽的最低温度为 10 °C (粳)，12 °C (籼)，最适温度为 28-35 °C，最高温度为 40 °C。

高温破胸：将吸足水的种子放在 35~38 °C 的温水中持续 20 h 左右，即可破胸(露白)

适温催根：当种谷开始破胸，降到 30 °C 左右进行催根。

保温催芽：当 80%以上的胚根突破种皮时，将温度降至 25 °C 左右并淋透水分进行催芽。当芽长达半粒谷，根长达 1 粒谷长时，即可摊凉冻芽，并保持湿润。

1.3 充足的氧气：稻种萌发和幼苗生长，还要有充足的氧气。

水稻种子萌发时，最先长出的是种子根和胚芽鞘，随着进一步的发育，不定根和真叶分别从地下和地上部分长出。

2. 根

水稻属于须根系类型，其包括种子根，不定根，侧根和根毛。种子根由胚根发育而来，只有一条，后期退化。不定根由茎基部若干不伸长的节上发生，又称节根。最初从芽鞘节上长出的不定根叫芽鞘节根，共 5 条，靠近种根一侧的有 3 条，其对边有 2 条。水稻播种后，其种子根向下生长，当第一片完全叶长出后，开始生长不定根，也称节根，最先从芽鞘节上长出的 5 条不定根称芽鞘节根，即所谓的“鸡爪根”。随后在地表下部各分蘖节即根节，由下向上长出不定根 (节根)。整个根系的生长按照发根节位可分为上位节根和下位节根，它们的发生均遵循与叶龄 N-3 的规律。下位节根是水稻分蘖期功能根系，其根数和根长随分蘖数的增加而增加，并开始向纵深生长。上

位节根发生在拔节期前后，是后三叶决定产量的主要功能根系。整个根系的生长到抽穗期达到高峰。

根毛：着生于不定根之上对于水分和养分的吸收有重要作用。

3. 叶

叶是植物光合作用的主要器官，叶的生长来自于茎的生长点顶端分生组织，在种子萌发过程中按互生的顺序分化出叶原基，随后叶原基逐渐膨大伸长。首先是叶片的伸长，然后是叶鞘的伸长，当叶片伸长达 8-10 mm 时，卷筒状的叶片基部出现缺痕，此后在此缺痕处分化出叶舌和叶耳，叶片和叶鞘的交界处形成叶枕。区别于多数植物的是，包括水稻在内的禾本科作物叶片形成的是平行叶脉，而非网状叶脉。水稻的叶片在幼年期保持有较快的抽出速度，而一旦叶片长出的速度出现明显的减慢，则表明水稻的茎顶端进入生殖生长时期。

水稻叶形态分为 3 种：

- 1) 发芽时最先出现的是无色薄膜状的芽鞘。
- 2) 从芽鞘中长出的第一片绿叶，只有叶鞘，一般称为不完全叶。
- 3) 自第二片绿叶起，叶片、叶鞘清晰可见，习惯上称为完全叶。完全叶包括叶片、叶鞘、叶舌、叶耳和叶枕。

4. 分蘖

分蘖是水稻区别于多数双子叶植物的特殊分枝，粳稻中花 11 的分蘖从 4-5 叶期开始。叶、蘖同伸现象：母茎第 n 叶出现时，正是 $(n-3)$ 叶位的分蘖出现期。从主茎上发生的分蘖为一级分蘖，从一级分蘖上发生的分蘖为二级分蘖，依次类推。

- 1) 有效分蘖：在拔节时 ≥ 4 叶期 (3 叶 1 心) 的分蘖。
- 2) 无效分蘖：在拔节时 < 3 叶期 (2 叶 1 心) 的分蘖。

在苗期的时候水稻的分蘖会快速的长出，而进入生殖生长后，分蘖则停止发育。但是在种子成熟后，如果营养和气候条件许可的话，水稻会继续长出新的分蘖，包括抽出的高节位节上分蘖芽也会在一定的程度上长出，但是往往不能正常的开会结实。

5. 茎

茎有支持、输导和贮藏的功能。稻茎一般中空呈圆筒形，着生叶的部位是节，上下两节之间为节间。稻茎由节和节间两部分组成。茎秆：茎上部有若干伸长的节间形成茎秆。

茎的初期生长则由于顶端分生组织的活动形成新的茎节和叶子。从穗分化开始到结束，茎顶端分生组织退化。则后期的生长靠居间分生组织，当茎的各个节间进行居间生长，开始伸长达 1-2 cm 时，称为拔节，是节间基部的分生组织细胞增殖与纵向伸长引起的。所以水稻茎的生长是由顶端生长开始经居间生长结束的。

- 1) 节间伸长初期，生产上称为拔节。
- 2) 节间充实：伸长期后，节与节间物质不断充实，硬度增加，单位体积重量达到最大值。
- 3) 物质输出：抽穗后，茎秆中贮藏的淀粉经水解后向谷粒转移，一般抽穗后 21d 左右，茎秆的重量下降到最低水平。
- 4) 分蘖节或根节：稻茎基部的节间不伸长，各节密集，节上发生根和分蘖，习惯上称它为分蘖节或根节。
- 5) 水稻的节数与叶片数等同，但是能拔节形成正常节间的，往往只有 4-7 个节，大部分节间是无法延伸的，水稻的拔节时间往往和进入生殖生长时间的高度重叠。

6. 穗

稻穗为特殊的有限花序类型，其由穗轴、一次枝梗、二次枝梗、小穗梗、小穗 (小花) 组成。当水稻进入生殖生长后，在茎顶端形成花序分生组织，在其侧边，分化出一次枝梗原基，并在一次枝梗原基上依次分化出二次枝梗原基、小穗原基、小花原基，并且最终按照 ABC 的模型，发育出水稻的花器官。在形成一定数量的枝梗和小穗 (小花) 后，花序分生组织也转变为小穗分生组织，最终形成顶花，从而使得水稻的穗成为有限花序。小穗是禾本科作为特有的组织，一个水稻的小穗，形成 3 朵小花，其中有两朵最终分别退化为护颖和副护颖，从而使得小花和小穗的数目相等。水稻花器官由一枚内颖，一枚外颖，两枚浆片，6 个雄蕊和 1 个雌蕊组成，有证据表明浆片发育起源上等同于花瓣。

丁颖将稻穗的发育划分为八个时期，其中前四期为幼穗形成期 (生殖器官形成期)，后四期为孕穗期 (生殖细胞发育期) (表 1)。

结实期从出穗开花到谷粒成熟，又可分为开花期、乳熟期、蜡熟期 (黄熟期) 和完熟期，大约 30d 左右。稻穗发育时期的几种鉴定方法见表 2。

表 1. 稻穗分化发育时期的主要特征

	稻穗发育期	各期主要特征
幼穗形成期	第一苞分化期	出现第一苞原基，第一苞分化穗颈节，其上部就是穗轴，所以第一苞分化期又称穗颈节分化期，是生殖生长的起点。
	一次枝梗原基分化期	一次枝梗原基在生长锥基部出现并由下而上依次产生
	二次枝梗原基分化期	二次枝梗原基在顶端一次枝梗基部开始由下而上产生，肉眼可见大量苞毛和小花分化期；顶小穗出现颖片和稃原基，幼穗长约 1mm
	雌雄蕊形成期	顶小穗出现外稃和内稃原基后出现雄蕊原基和雌蕊原基；雄蕊分化花药和花丝；内外稃逐渐闭合；幼穗长 0.5-1cm
孕穗期	花粉母细胞形成期	花粉母细胞形成；内外稃长度约为退化花外稃长度的 1 倍。小穗长 1-3mm，幼穗长 1.5-4cm,1/4 长，柱头突起
	花粉母细胞减数分裂期	花粉母细胞减数分裂前期二至四分体形成 (1 减数+1 有丝)，小穗长 3-5mm，幼穗长 5-10cm，颖花发育关键时期。
	花粉内容物充实期	花粉单核，外壁形成，萌发孔出现，花药未转黄，进一步形成二核花粉粒 (生殖核+营养核)；小穗达全长的 85%左右，稃壳叶绿素增加，幼穗接近全长，柱头羽状。
	花粉完熟期	花粉三核 (2 精核+营养核)，内含物充实至完全成熟；花药变黄，小穗定形，叶绿素大量增加。

表 2. 稻穗发育时期的几种鉴定方法

	一期	二期	三期	四期	五期	六期	七期	八期
叶龄指数(%)	76±	82±	85±	92±	95±	97±	100±	
叶龄余数(%)	3.0±	2.5±	2.0±	1.2±	0.6±	0.5±	0	
幼穗长度(mm)	<0.1	0.1-1	1-2	4	25	60	90	
经历天数	2-3	4-5	6-7	4-5	2-3	2	7-8	2-3
目测法	看不见	毛出现	毛丛丛	粒粒显	颖壳包	粒半长	穗绿色	快出穗

二、图解水稻生长发育特征

以粳稻品种“中花 11 号”简称 ZH11 为例 (图 1-5)。

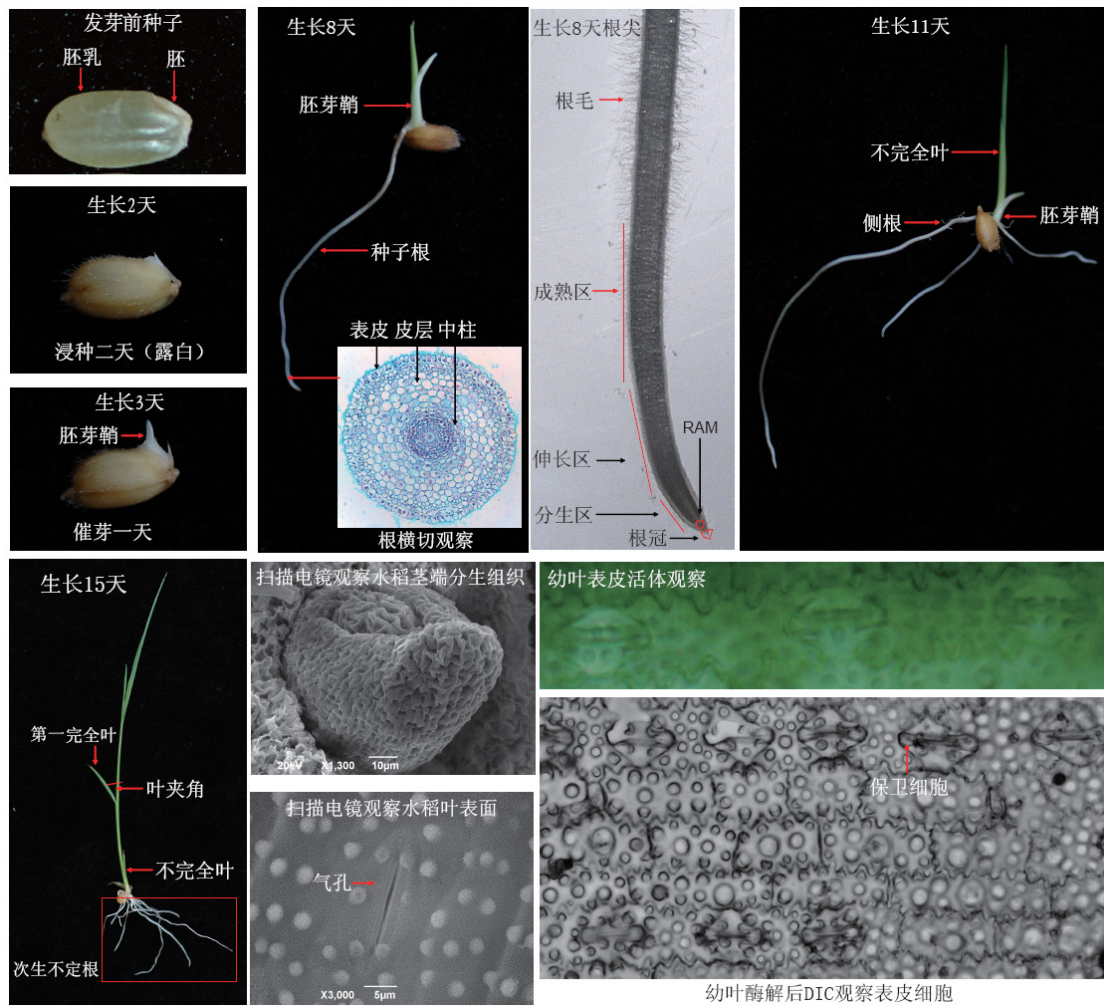


图 1. 水稻幼苗期发育过程图解。种子从萌发到分蘖前期称为幼苗期，此时期主要表现为叶片的增加，株高的增加主要是叶鞘及叶片的伸长。



图 2. 水稻分蘖期发育过程图解。水稻从分蘖开始至拔节称为分蘖期，此时期主要表现在叶片及分蘖的增加，分蘖的产生主要在侧生分生组织。



图 3. 水稻拔节期形态与穗发育过程图解。从稻幼穗分化到抽穗是营养生长和生殖生长并进时期，此时期主要特征是节间的伸长和分蘖的产生，水稻幼穗发育从一期至二期很难观察到。

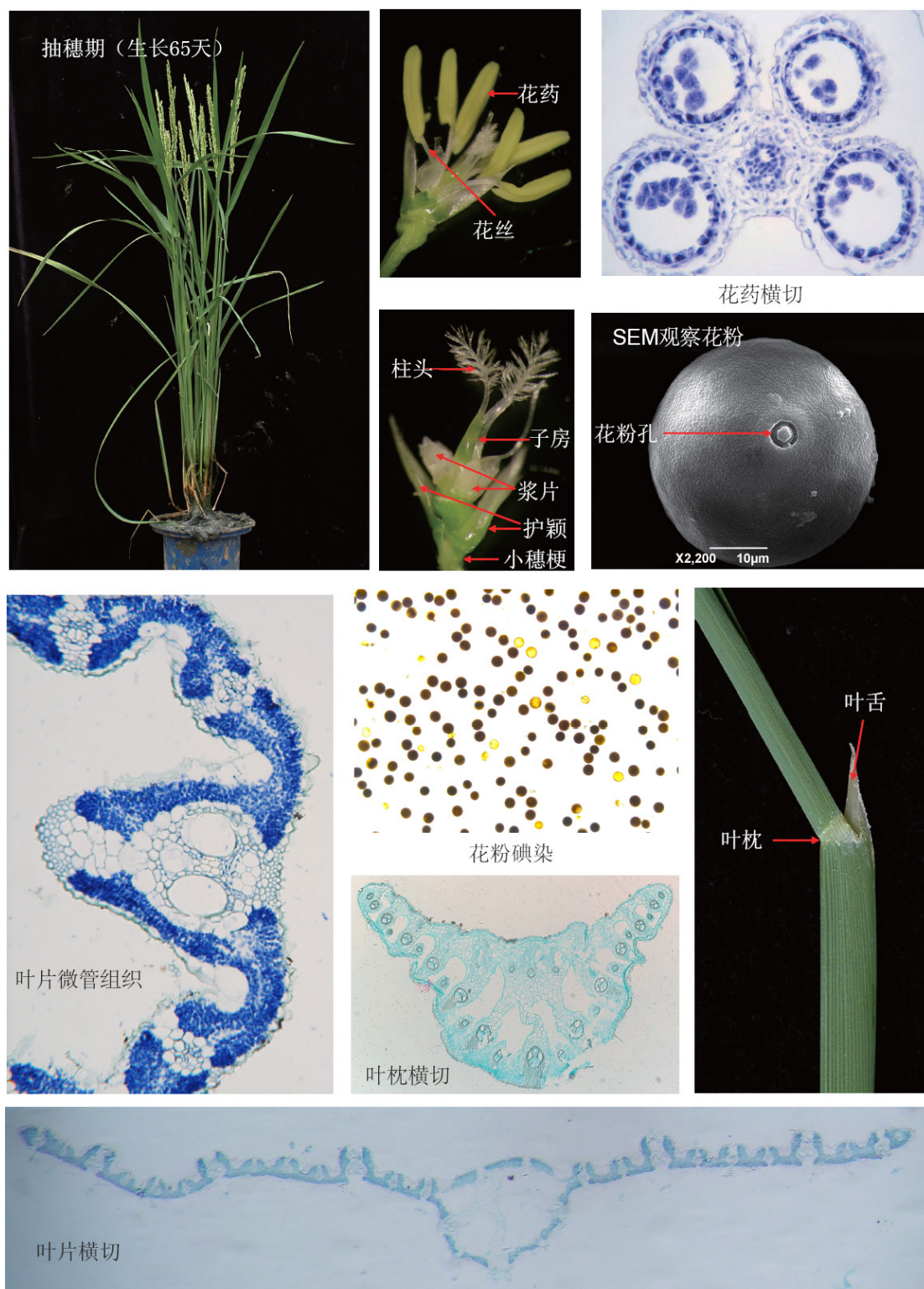


图 4. 水稻抽穗期形态与花器官发育过程图解。抽穗期通常可以延长至 20d 左右，此时期主要特征是生殖器官的发育，此时成熟叶片叶舌基本退化，ZH11 有效分蘖可达 10-20 个。

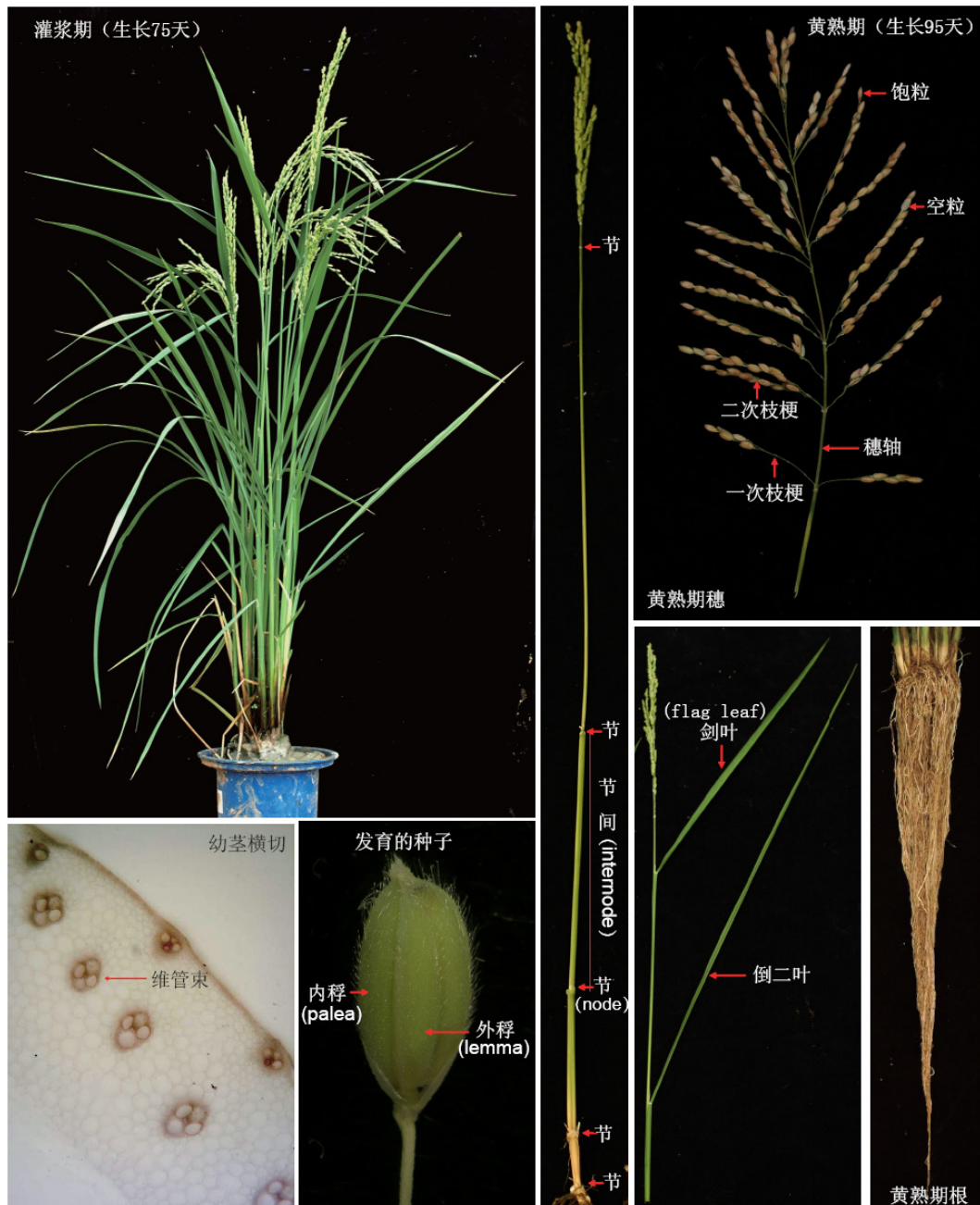


图 5. 水稻结实期发育过程图解。结实期从出穗开花到谷粒成熟，又可分为开花期、乳熟期、蜡熟期 (黄熟期) 和完熟期，此时期主要特点在种子的成熟，ZH11 地上高度通常在 90-110 cm，地下根长约 40-70 cm。

注意事项

水稻的生长发育是内源因子和外界环境共同调控的，通常气候、水分、营养等条件都会影响到水稻的生长发育，如分蘖数、株高、抽穗期、结实率等重要农艺性状，此外，不

同的水稻品种在各发育时期长短不一，因此对于表型的观察要谨慎小心，表型间的比较应与对照同期同地进行。