

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



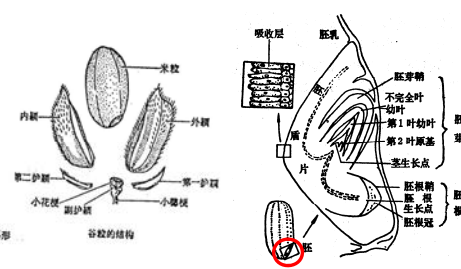
3



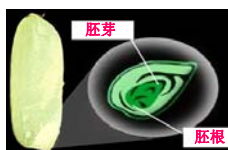
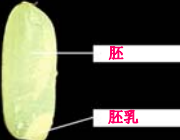
稻谷结构



稻谷的结构



稻胚的结构



稻种萌发需要适宜的环境条件

- 水分**：其适宜吸水量为本身风干重的25-40%；
- 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℃。
- 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。**

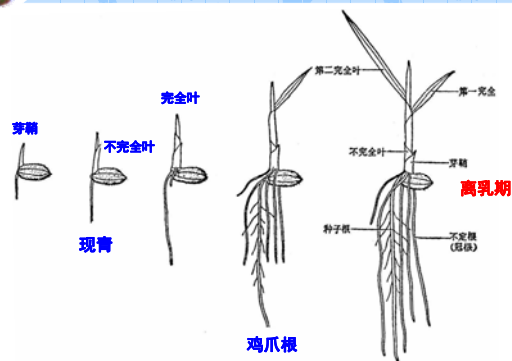
解释“干长根、湿长芽”



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

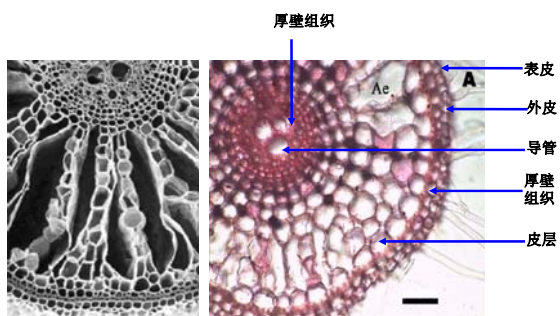


根的类型

- 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

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
- 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

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
 - 强固茎秆：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，机械强度大，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

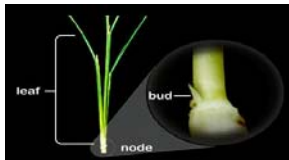
- 种子
- 根系
- 叶片
- 分蘖
- 茎秆
- 稻穗
- 籽粒

18

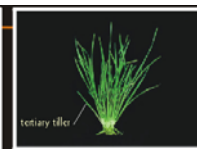
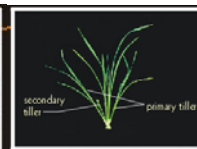
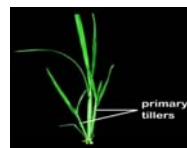
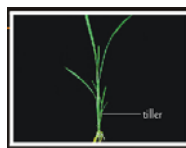


分蘖发生位置

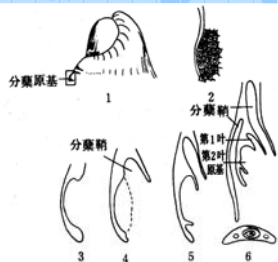
- 水稻茎秆通常有10-18个节，每个节上生1叶，每1叶腋间都有一个腋芽（分蘖芽），**在适宜的条件下**，腋芽可以发育成为侧芽，称作为分蘖；分蘖位。
- 伸长节间的叶腋一般形成休眠的潜伏芽。但再生稻？



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)

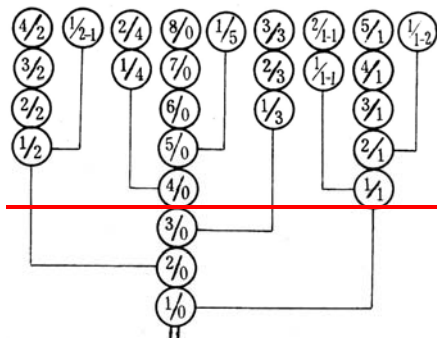


叶蘖同伸规则

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

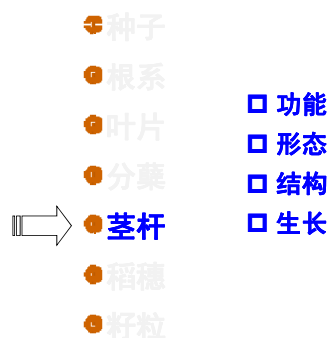


为什么？

- **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

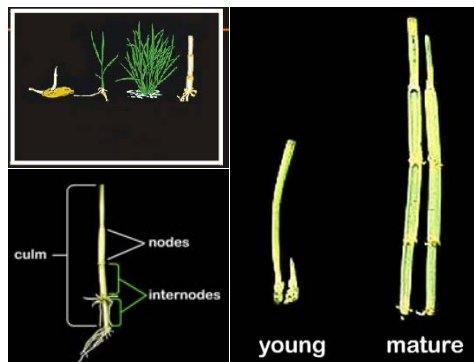


26

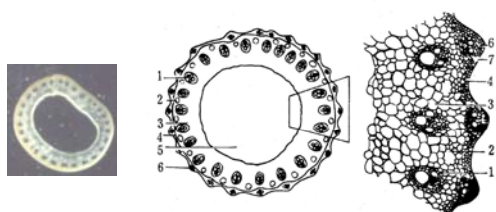


茎的功能和形态

- ⇒ 1. **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。
- 2. **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

- ⇒ 1. **节和节间分化期**
- 2. **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。
- 3. **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）
- 4. **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

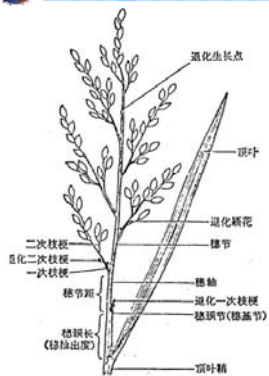
- 种子
- 根系
- 叶片
- 分蘖
- 茎秆
- ➡ ● 稻穗
- 籽粒



32



稻穗的形态：圆锥花序

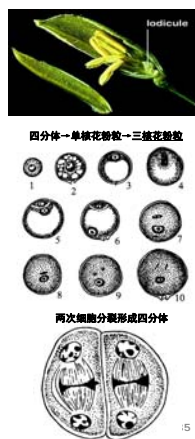


- 穗轴（8-15穗节）
- 一次枝梗（4-7）
- 二次枝梗（2-4）
- 小穗梗
- 小穗（1）



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，出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。

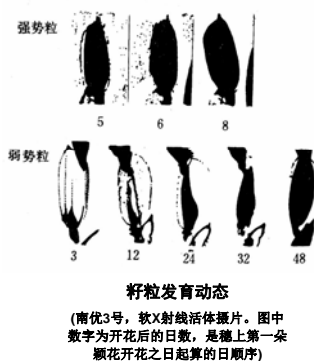
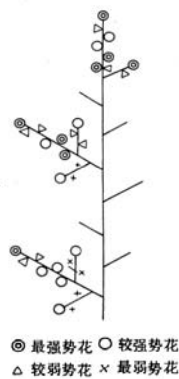


开花顺序

- 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



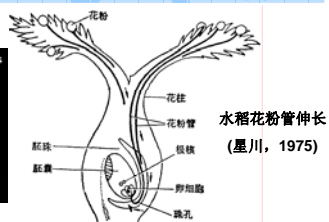
开颖机理和开颖角度

- 开颖机理：花丝伸长，浆片由于CO₂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，CO₂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。

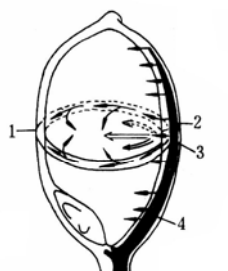


灌浆结实4个时期

- **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

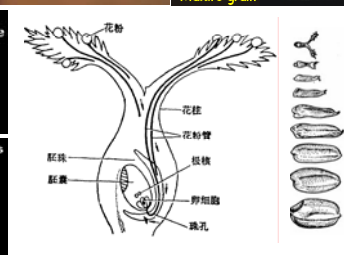
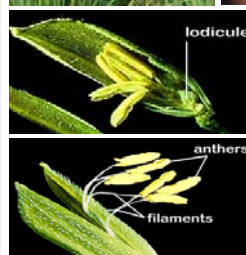


米粒灌浆路径

1. 腹 2. 背 3. 珠心突起组织
4. 维管束群

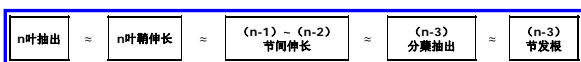
- 米粒灌浆的初期路径
- ⇨ 米粒灌浆的中、后期路径

总结：抽穗、开花、灌浆、成熟

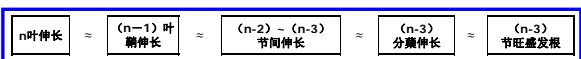


营养器官同伸同步关系

● 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	抽穗
表注	✓ 开始分蘖的最低叶龄期为40叶期（分蘖期） — 群体有效分蘖临界叶龄期 □ 茎秆基部第1节间伸长期（拔节期） 12、13、14、15 孕穗：表示主茎15叶、5个节间品种上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	出叶次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	孕	抽																																														
中稻组	以15叶、5个伸长节间的作代表	节间伸长次序													10	11	12	孕	抽																																											
晚稻组	以18叶、6个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	抽																																									
晚稻组	以20叶、7个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	抽																																						
特殊晚稻组	以22叶、8个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	抽																																				
特殊晚稻组	以24叶、9个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	抽																																			
特殊晚稻组	以26叶、10个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	抽																																		
特殊晚稻组	以28叶、11个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	抽																																	
特殊晚稻组	以30叶、12个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	抽																																
特殊晚稻组	以32叶、13个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	抽																															
特殊晚稻组	以34叶、14个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	抽																														
特殊晚稻组	以36叶、15个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	抽																													
特殊晚稻组	以38叶、16个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	抽																												
特殊晚稻组	以40叶、17个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	抽																											
特殊晚稻组	以42叶、18个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	抽																										
特殊晚稻组	以44叶、19个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	抽																									
特殊晚稻组	以46叶、20个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	抽																								
特殊晚稻组	以48叶、21个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	抽																							
特殊晚稻组	以50叶、22个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	抽																						
特殊晚稻组	以52叶、23个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	抽																					
特殊晚稻组	以54叶、24个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	抽																				
特殊晚稻组	以56叶、25个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	抽																			
特殊晚稻组	以58叶、26个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	抽																		
特殊晚稻组	以60叶、27个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	抽																	
特殊晚稻组	以62叶、28个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	抽																
特殊晚稻组	以64叶、29个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	抽															
特殊晚稻组	以66叶、30个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	抽														
特殊晚稻组	以68叶、31个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	抽													
特殊晚稻组	以70叶、32个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	抽												
特殊晚稻组	以72叶、33个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	抽											
特殊晚稻组	以74叶、34个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	抽										
特殊晚稻组	以76叶、35个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	抽									
特殊晚稻组	以78叶、36个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	抽								
特殊晚稻组	以80叶、37个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	抽							
特殊晚稻组	以82叶、38个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	抽						
特殊晚稻组	以84叶、39个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	抽					
特殊晚稻组	以86叶、40个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	抽				
特殊晚稻组	以88叶、41个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	抽			
特殊晚稻组	以90叶、42个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	抽		
特殊晚稻组	以92叶、43个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	抽	
特殊晚稻组	以94叶、44个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	抽
特殊晚稻组	以96叶、45个伸长节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46</											



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