

作物栽培学

水稻产量形成与调控

杨连新

2013年3月22日



水稻栽培学

第一节 概述

基础

第二节 生物学基础



第三节 产量形成与调控

第四节 品质形成与调控

应用

第五节 基本栽培技术

2



产量形成的概念

- 生长发育的过程
- 器官建成的过程
- 产量构成因素的形成过程
- 物质生产和分配的过程
- 源库关系协调的过程
- 群体发育的过程

3



第三节 水稻产量形成



一. 产量及产量形成

二. 产量构成因素的形成过程

三. 物质生产、运输和分配的过程

四. 源库关系协调的过程

五. 群体发育的过程

4



产量的概念

- 经济产量**: 经济产品器官（稻谷或糙米）的收获量
- 生物产量**: 地上部植株所有干物质收获量
- 经济系数**: 经济产量/生物产量

经济产量 = 生物产量 × 经济系数

?

5



第三节 水稻产量形成

一. 产量及产量形成



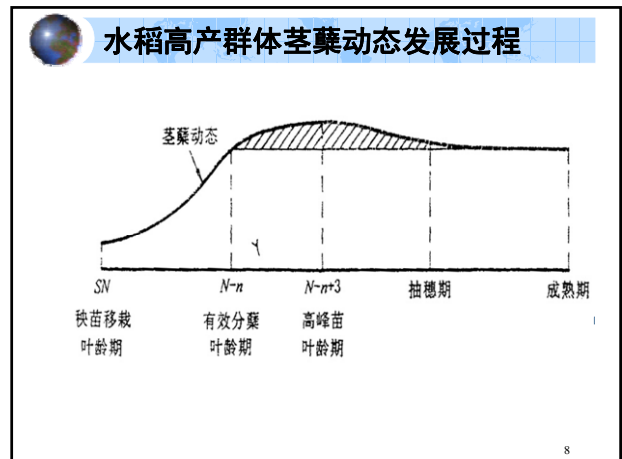
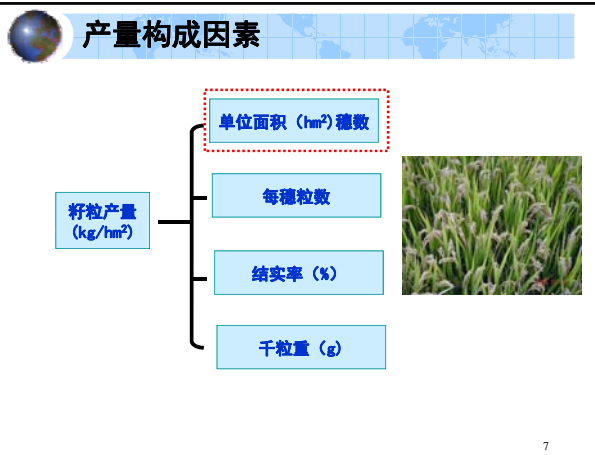
二. 产量构成因素的形成过程

三. 物质生产、运输和分配的过程

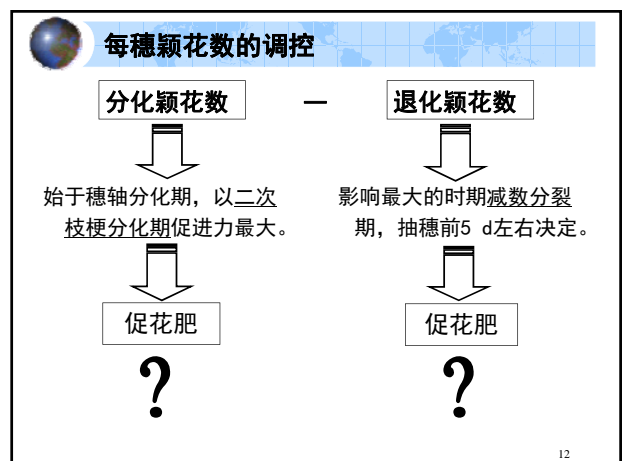
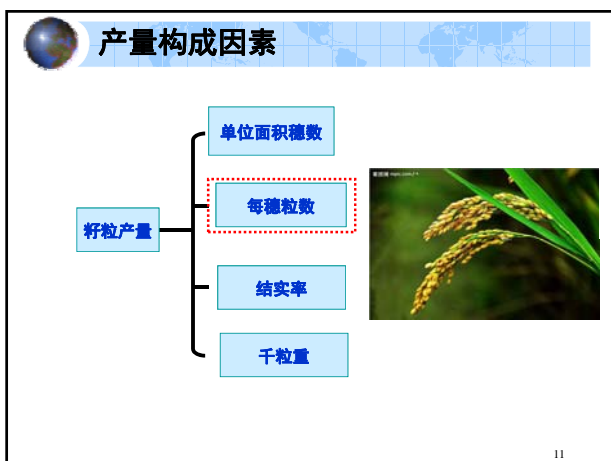
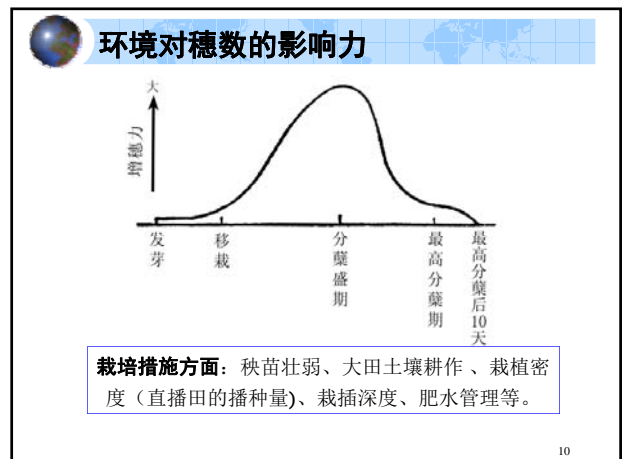
四. 源库关系协调的过程

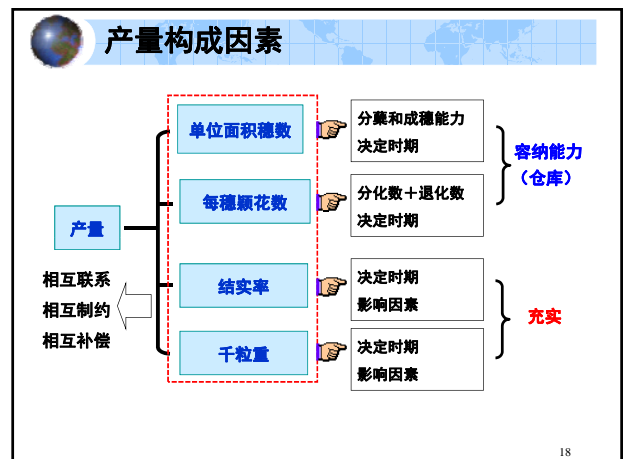
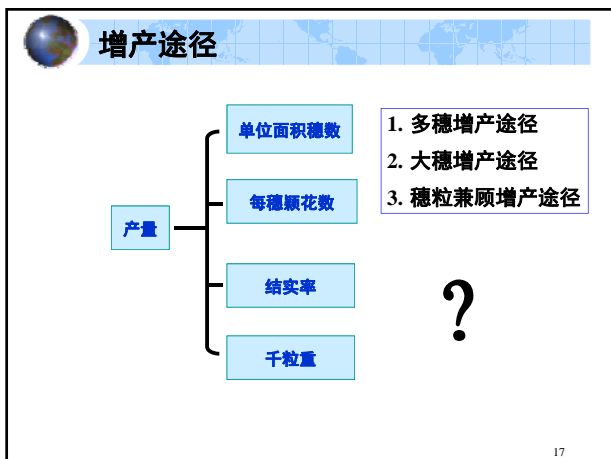
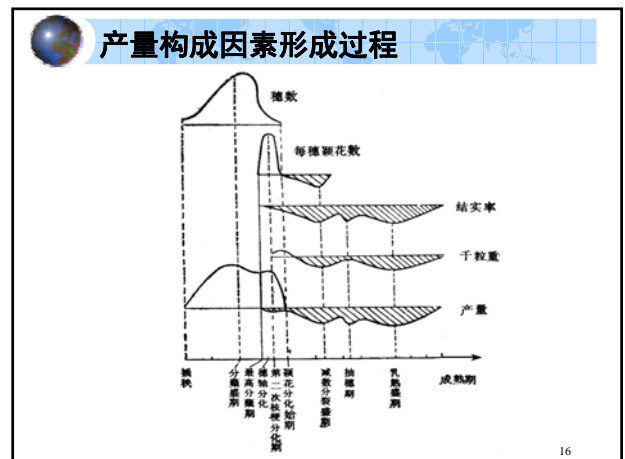
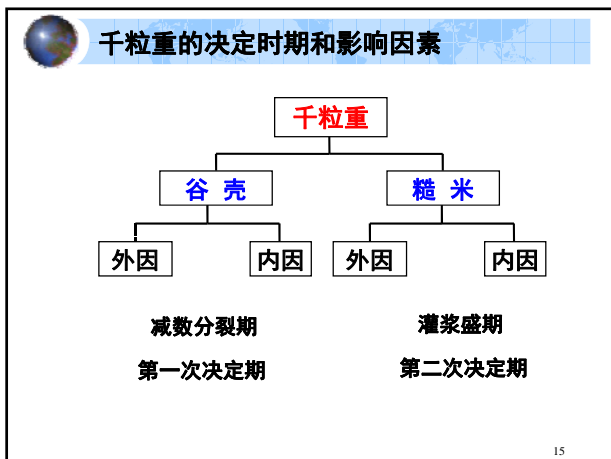
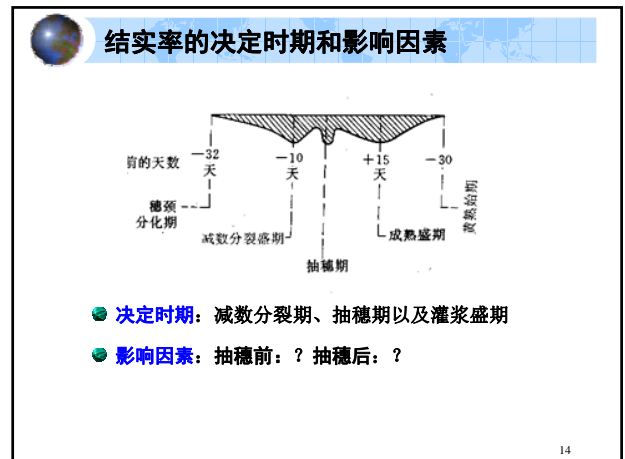
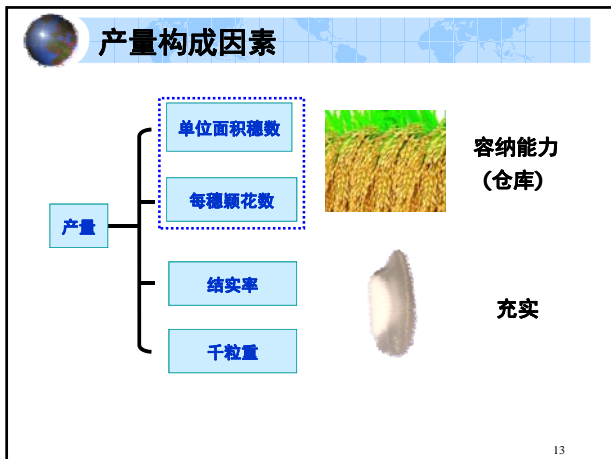
五. 群体发育的过程

6



- ### 穗数的分解
- 有效茎蘖数 - 无效茎蘖数
 - 基本苗 + 单株有效分蘖数
 - 最高茎蘖数 × 茎蘖成穗率
- 9





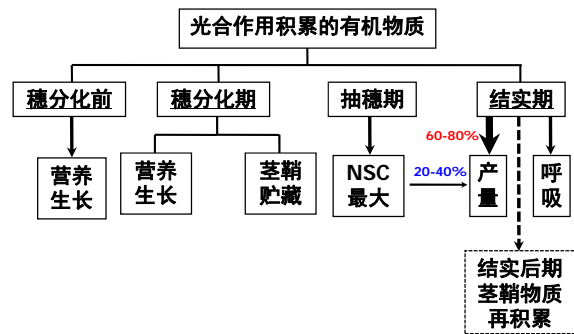


水稻产量形成

- 一. 产量及产量形成
- 二. 产量构成因素的形成过程
- 三. 物质生产、运输和分配的过程
- 四. 源库关系协调的过程
- 五. 群体发育的过程

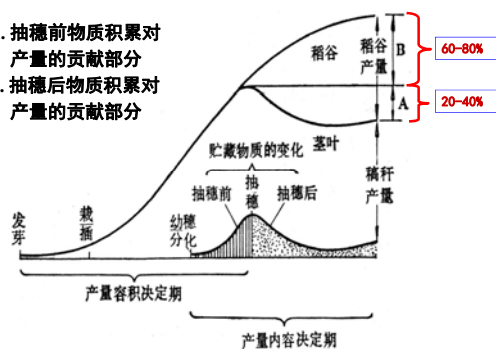


物质生产、运输和分配的过程

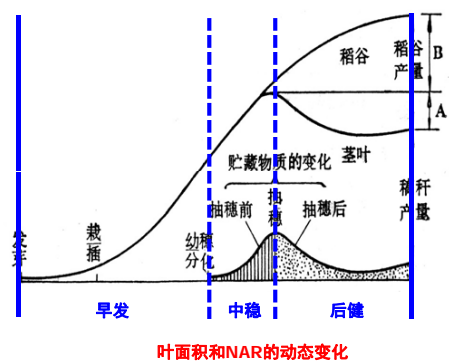


物质的生产、运输和分配

- A. 抽穗前物质积累对产量的贡献部分
- B. 抽穗后物质积累对产量的贡献部分



如何提高水稻的物质积累量？



水稻产量形成

- 一. 产量及产量形成
- 二. 产量构成因素的形成过程
- 三. 物质生产、运输和分配的过程
- 四. 源库关系协调的过程
- 五. 群体发育的过程



源库概念

- 1928年Mason和Maskell提出了作物的源库理论
- 源：是生产和输出同化产物的器官或组织。指标？
- 库：是接受和贮藏同化物质的器官或组织。指标？
- 流：为发挥水稻的高产潜力，既要有足够的“贮藏库”和丰富的“供给源”，还应该提高穗分化后茎鞘中积累的和抽穗后的光合产物（源）向穗部（库）输送的能力（流）。扩库、强源、畅流
- 源库是相对的、动态的



品种的源库类型

1. 源限制型
2. 库限制型
3. 源库互作型

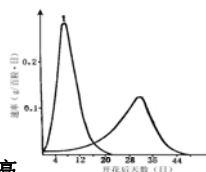


源限制型

源库特征

- 库容量大且相对过剩
- 茎、鞘物质的输出率与转换率高
- 强弱勢粒异步灌浆型；结实率偏低且不稳定

- **栽培对策**：增加抽穗前的茎、鞘贮存物和出穗后光合生产

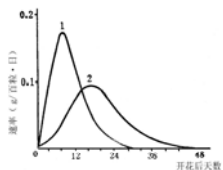


库限制型

源库特征

- 颖花形成能力较弱，颖花量小
- 茎鞘的物质输出率低
- 强、弱勢粒灌浆为同步灌浆型；结实率较高且稳定

- **栽培对策**：以增加群体的总颖花量为主攻目标；



源库互作型

- **库源特性**：介于上述两类品种之间，源库共同制约其产量形成，增源或增库均可增产。

- **栽培对策**：这类品种源、库的自身调节能力较强，措施的回旋余地也较大。



水稻产量形成

- 一. 产量及产量形成
- 二. 产量构成因素的形成过程
- 三. 物质生产、运输和分配的过程
- 四. 源库关系协调的过程



- 五. 群体发育的过程

产量形成过程本质上讲都是贯穿在水稻群体发育过程中，受群体发育的影响。



概念

- **群体质量**：反映群体发育优劣的多项性状指标的优化值的综合状况。
- **高产群体质量指标**：能不断优化群体结构，实现高产的各项形态、生理指标。



群体质量指标



1. 产量形成期较高的**光合生产量**
2. 适宜的LAI及较高的总颖花量
3. 较高的粒叶比与良好叶系配置
4. 较高的单茎茎鞘重
5. 较高的根活量
6. 茎蘖成穗率较高且穗数适宜



产量形成期较高的光合生产量

- **抽穗期**：与产量呈抛物线关系。峰值：适宜值
- **抽穗至成熟期**：与产量呈极显著正相关
- **成熟期**：与产量呈极显著正相关
- **意义**：品种、栽培措施措施

32



群体质量指标



1. 产量形成期较高的光合生产量
2. 适宜的**LAI**及较高的**总颖花量**
3. 较高的粒叶比与良好叶系配置
4. 较高的单茎茎鞘重
5. 较高的根活量
6. 茎蘖成穗率较高且穗数适宜



适宜的LAI及较高的总颖花量

- **叶面积适宜**：拔节期前群体叶面积增长量要适当控制，让拔节至抽穗期长出的上部叶片得到较好的发展；在适宜的LAI中要提高功能叶和剑叶面积的比例。
- **总颖花量高**：不同品种（演进： $2.25 \rightarrow 5.25 \times 10^8$ 朵）、同一品种无不如此；生理基础：稻穗并不仅是光合产物被动的受容器官，还具有主动向光合生产系统“提取”光合产物的能力。



群体质量指标



1. 产量形成期较高的光合生产量
2. 适宜的LAI及较高的总颖花量
3. 较高的**粒叶比**与良好**叶系配置**
4. 较高的单茎茎鞘重
5. 较高的根活量
6. 茎蘖成穗率较高且穗数适宜



高粒叶比

- **表示方法**：粒叶比是衡量水稻库源关系是否协调的一个重要指标：颖花/叶、实粒/叶、粒重/叶；意义？
- **栽培意义**：高产栽培关键是在适宜的LAI基础上提高粒叶比。

衡量一个栽培技术措施是否合理，主要看它对叶面积和颖花量的促进多少而定，凡较多地促进颖花量的增长，而较少地促进叶面积增长的措施是合理的，反之……



叶系配置

几个概念：

- 有效叶面积、有效叶面积率
- 无效叶面积、有效叶面积率
- 高效叶面积、高效叶面积率

改善叶系的组成和配置：提高有效及高效叶面积率

- 大穗形成，增大库容
- 提高穗后光合势和净同化率。



提高高效叶面积（率）

早熟组	以12叶、4个伸长期节间的代表	出叶次序			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	孕							
					节间伸长次序												1 <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th>	2	3	4				
中熟组	以15叶、5个伸长期节间的代表			1 <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>孕</th>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	孕					
								1 <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>孕</th>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	孕					
晚熟组	以18叶、6个伸长期节间的代表		1 <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>孕</th>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	孕					
															1 <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th>	2	3	4	5	6				
特晚熟组	以20叶、7个伸长期节间的代表	1 <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>孕</th>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	孕			
																	1 <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th>	2	3	4	5	6	7	
特早熟组	以17叶、5个伸长期节间的代表			1 <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>孕</th>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	孕			
																								4

表注

1 开始分蘖的最低叶龄期为40叶期（分蘖期）

— 群体有效分蘖叶龄期

□ 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个节间品种地上3个发根节的发根期（其余各类型品种的符号均同上表示）

分蘖分蘖期

拔节期

孕穗期

抽穗期

灌浆期

成熟期



群体质量指标

1. 产量形成期较高的光合生产量
2. 适宜的LAI及较高的总颖花量
3. 较高的粒叶比与良好叶系配置
4. 较高的单茎茎鞘重
5. 较高的根活力
6. 茎秆成穗率较高且穗数适宜



较高的单茎茎鞘重

- 不是源库比但可作源库指标：更高水平上协调两者关系
- 因为它不仅是壮秆的标志，也是.....

- 库大（受容系）
- 源足（光合系）
- 流畅



- 在适宜LAI条件下，单茎茎鞘重愈高，群体质量愈高。



生育进程叶龄模式

早熟组	以12叶、4个伸长期节间的代表	出叶次序															节间伸长期序																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						



群体质量指标

1. 产量形成期较高的光合生产量
2. 适宜的LAI及较高的总颖花量
3. 较高的粒叶比与良好叶系配置
4. 较高的单茎茎鞘重
5. 较高的根活力
6. 茎秆成穗率较高且穗数适宜



根活量高

● 指标

- **颖花根活量**：将水稻结实期根活量与颖花量的比值
- **颖花根流量**：抽穗后基部节间伤流量，按每朵颖花、每颖籽粒和单位粒重占有的数量来表示，分别是 $\text{mg}/(\text{朵}\cdot\text{h})$ 、 $\text{mg}/(\text{粒}\cdot\text{h})$ 、 $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ 。

● **意义**：是根系活力（根源）与颖花总量（库）之间的一种源库关系表达方法。

● **关键**：关键是上层根（最上3台节根）。抽穗一成熟期，上层根根量要占根群总量60%以上，吸肥占总吸收量90%。



上层根的重要性

早稻	以12叶、4个伸长期节间的作代表	出叶次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	孕抽									
		节间伸长期次序																							
中稻	以15叶、5个伸长期节间的作代表				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	孕抽					
																1	2	3	4	5					
晚稻	以18叶、6个伸长期节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	孕抽	
晚稻	以20叶、7个伸长期节间的作代表		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	孕抽		
																			1	2	3	4	5	6	7
晚稻	以17叶、5个伸长期节间的作代表					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	孕抽		
																				1	2	3	4	5	6

表注：
 4 开始分蘖的最低叶龄期为4叶时期（分蘖期前）
 一 群体有效分蘖临界叶龄期
 一 孕抽前第1节间伸长期（拔节期前）
 12、13、14、15孕抽：表示上述15叶、5个节间品种最上3个发育节的发育期（其余各节品种的符号均同上表示）

拔节期前第1节间伸长期

孕抽期前第1节间伸长期

孕抽期前第2节间伸长期

孕抽期前第3节间伸长期

孕抽期前第1节间伸长期

孕抽期前第2节间伸长期

孕抽期前第3节间伸长期



群体质量指标

1. 产量形成期较高的光合生产量
2. 适宜的LAI及较高的总颖花量
3. 较高的粒叶比与良好叶系配置
4. 较高的单茎茎鞘重
5. 较高的根活量

⇒ 6. 茎秆成穗率较高且穗数适宜

穗数适宜且成穗率高



茎秆成穗率较高且穗数适宜

● 直观、简便、正确，易被生产者掌握应用的综合质量指标

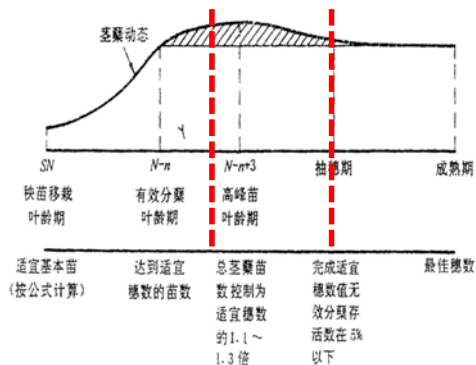
● 综合

- 产量形成期较高的光合生产量
- 适宜的LAI及较高的总颖花量
- 较高的粒叶比与良好叶系配置
- 较高的单茎茎鞘重
- 较高的根活量

● **动态**：PTR高低是建立在群体茎秆动态合理发展的基础上的。



水稻高产群体茎秆指标发展过程





水稻产量形成

- 一. 产量及产量形成
- 二. 产量构成因素的形成过程
- 三. 物质生产、运输和分配的过程
- 四. 源库关系协调的过程



五. 群体发育的过程

指标

调控



群体质量指标与叶龄模式

- **群体质量指标**: 对最后定型的优质群体在空间结构上作了定量, 为群体优化调控明确了目标 (静态)
- **叶龄模式**: 对各部器官的分化、生长和发育过程, 在时间上 (叶龄) 进行定量, 又为对各部器官的调控, 最后优化群体质量提供了依据 (动态)
- **两者结合**: 由经验、定性向科学、定量转变。



群体质量调控的技术模式

- 充分发展个体, 合理利用分蘖在群体发展中的自动调节作用
- 尽可能压缩群体的起点和前期的总生长量, 为经济器官分化形成期各部器官的健壮发展让出空间
- 高产群体的培育, 着重放在结实期群体的高光效、高积累

小 (群体)、壮 (个体)、高 (积累)



调控的主要原则

按叶龄调控的总原则是**控叶扩库**: 以结实期的源、库质量目标为依据, 在**生长前期**, 凡有利于增加库而不直接增加结实期叶面积的叶龄期, 应予适当促进; 凡叶的生长旺于库的生长, 或只有叶的生长而无库的分化生长的叶龄期, 应予以有力的控制; 在**生长中心由叶转向库**, 叶片生长开始逐渐变小的叶龄期, 应予以积极促进。群体质量栽培的促控, 正是按这些原理实施的。



稻米品质的形成与调控?



Any Questions?

Phone: 0514-87979276

Email: lxyang@yzu.edu.cn