

第7章 染色体数目变异

第一节 染色体数目变异的类型

第二节 整倍体

第三节 非整倍体及其应用

一、染色体组的概念和特征

染色体组：一种生物维持其生命活动所需要的一套基本的染色体称为染色体组或基因组(genome)。

- 一个染色体组的各个染色体间形态、结构和载有的基因均彼此不同，并且构成一个完整而协调的整体，任何一个成员或其组成部分的缺少对生物都是有害的(生活力降低、配子不育或性状变异)。

一、染色体组的概念和特征

◆通常用“ x ”表示一个染色体组。一般来说， x 所包含的染色体数就是一个属的**染色体的基数**。

例如小麦属 $x=7$

一粒小麦： $2n=14$ ， $n=x=7$

二粒小麦： $2n=28$ ， $n=2n=14$ ， $x=7$

普通小麦： $2n=42$ ， $n=3x=21$ ， $x=7$

一、染色体组的概念和特征

◆一个染色体组所包含的染色体数，不同种属间可能相同，也可能不同。不同属往往具有独特的染色体基数；

例如，大麦属 $x = 7$ ，葱属 $x = 8$ ，
芸薹属 $x = 9$ ，高粱属 $x = 10$ ，
烟草属 $x = 12$ ，稻属 $x = 12$ ，
棉属 $x = 13$

二、整倍体(*euploid*)

整倍体：染色体数目是 x 的整倍的生物个体

一倍体(monoploid, x) $2n=x$

二倍体(diploid, $2x$) $2n=2x$ $n=x$

三倍体(triploid, $3x$) $2n=3x$

四倍体(tetraploid, $4x$) $2n=4x$ $n=2x$

例：玉米：二倍体($2n=2x=20$, $n=x=10$)

水稻：二倍体($2n=2x=24$, $n=x=12$)

普通小麦：六倍体($2n=6x=42$, $n=3x=21$)

倍性变异：单倍体、二倍体、多倍体

二、整倍体(euploid)

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

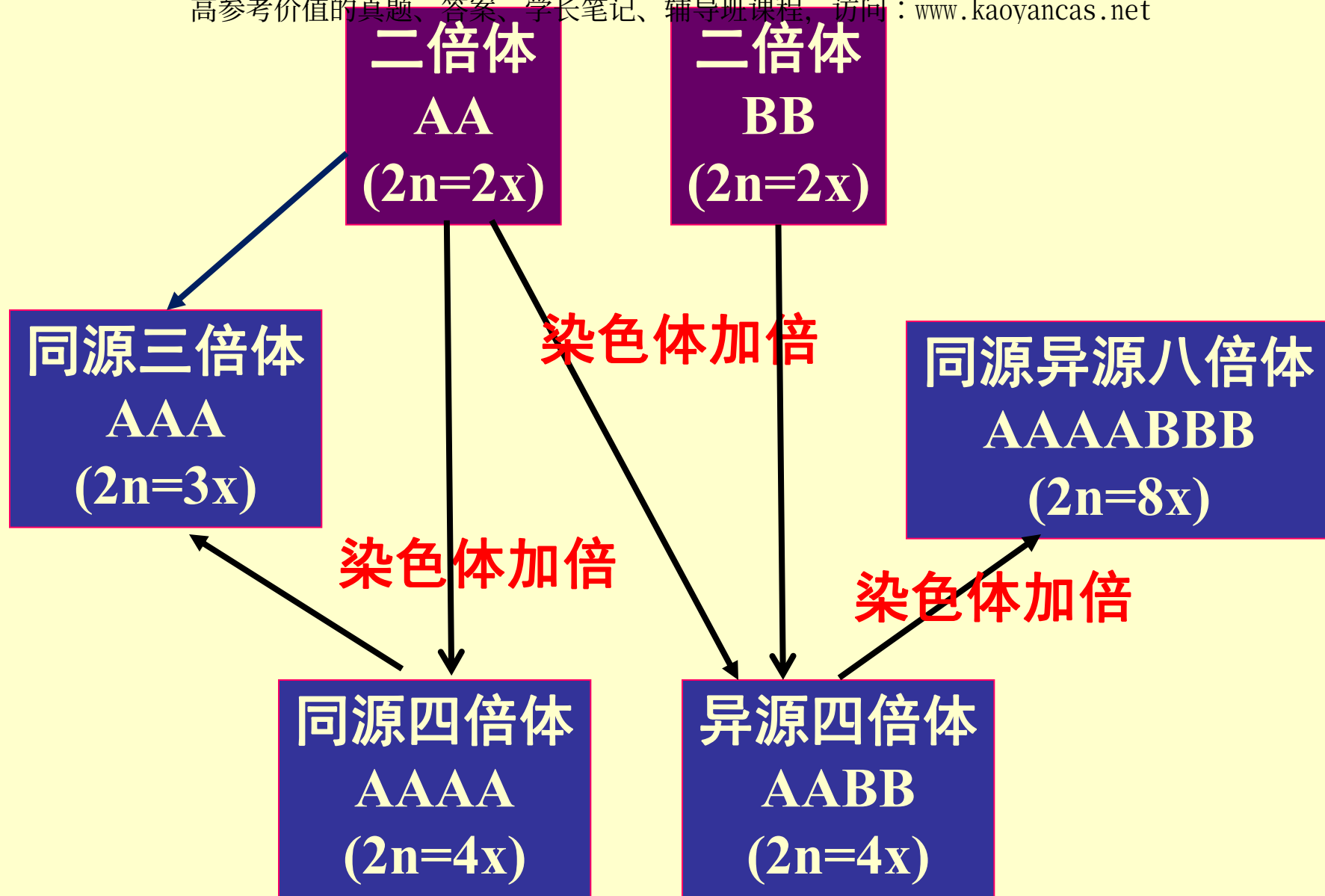
多倍体(polyploid): 具有三个或三个以上染色体组的整倍体。即：三倍体及以上均称为多倍体。

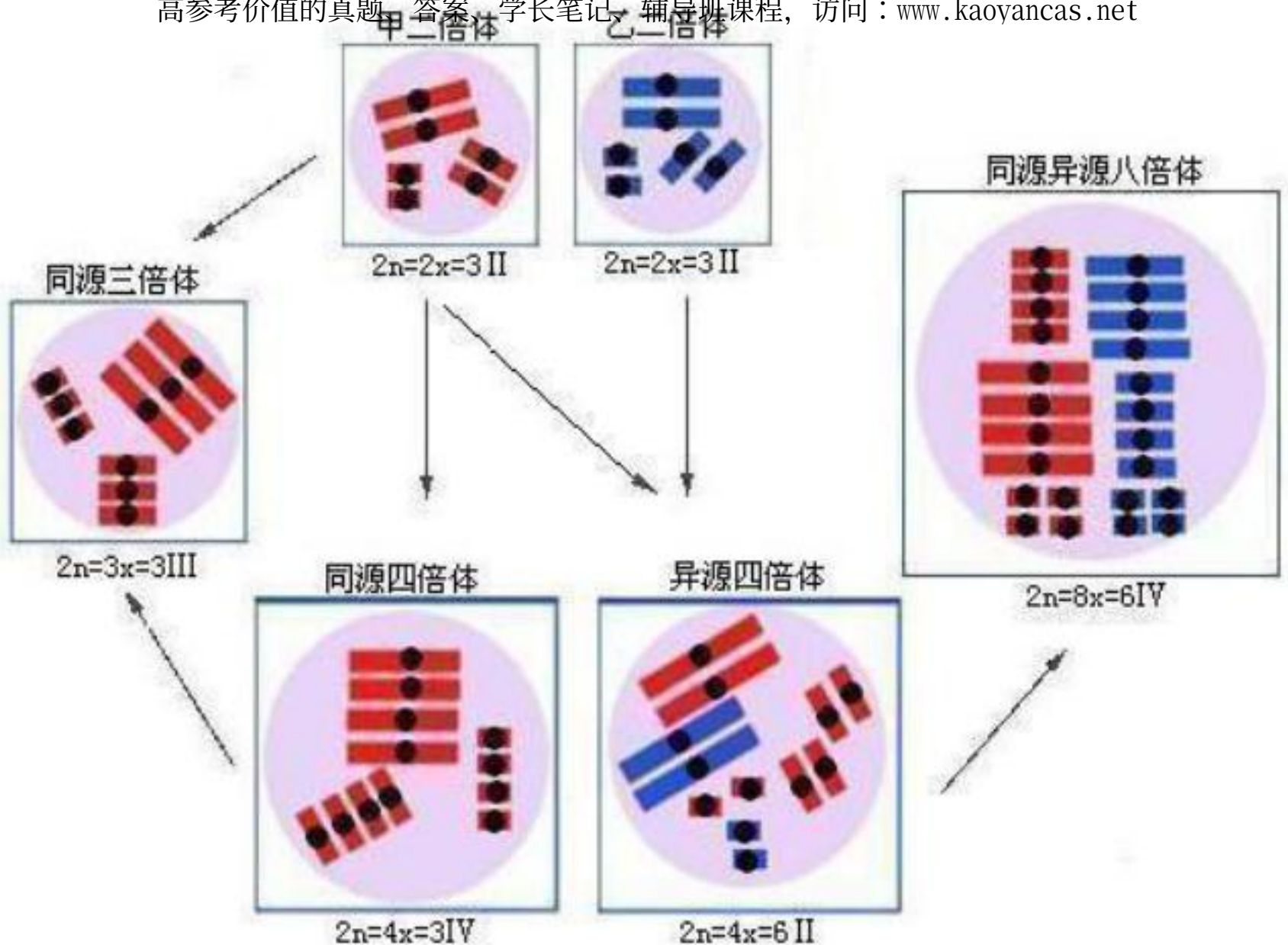
● **同源多倍体(autopolyploid)** 同源多倍体是指增加的染色体组来自同一物种。

一般是由二倍体的染色体直接加倍得到。

● **异源多倍体(allopolyploid)** 异源多倍体是指增加的染色体组来自不同物种。

一般是由不同种、属间的杂交种染色体加倍形成的。



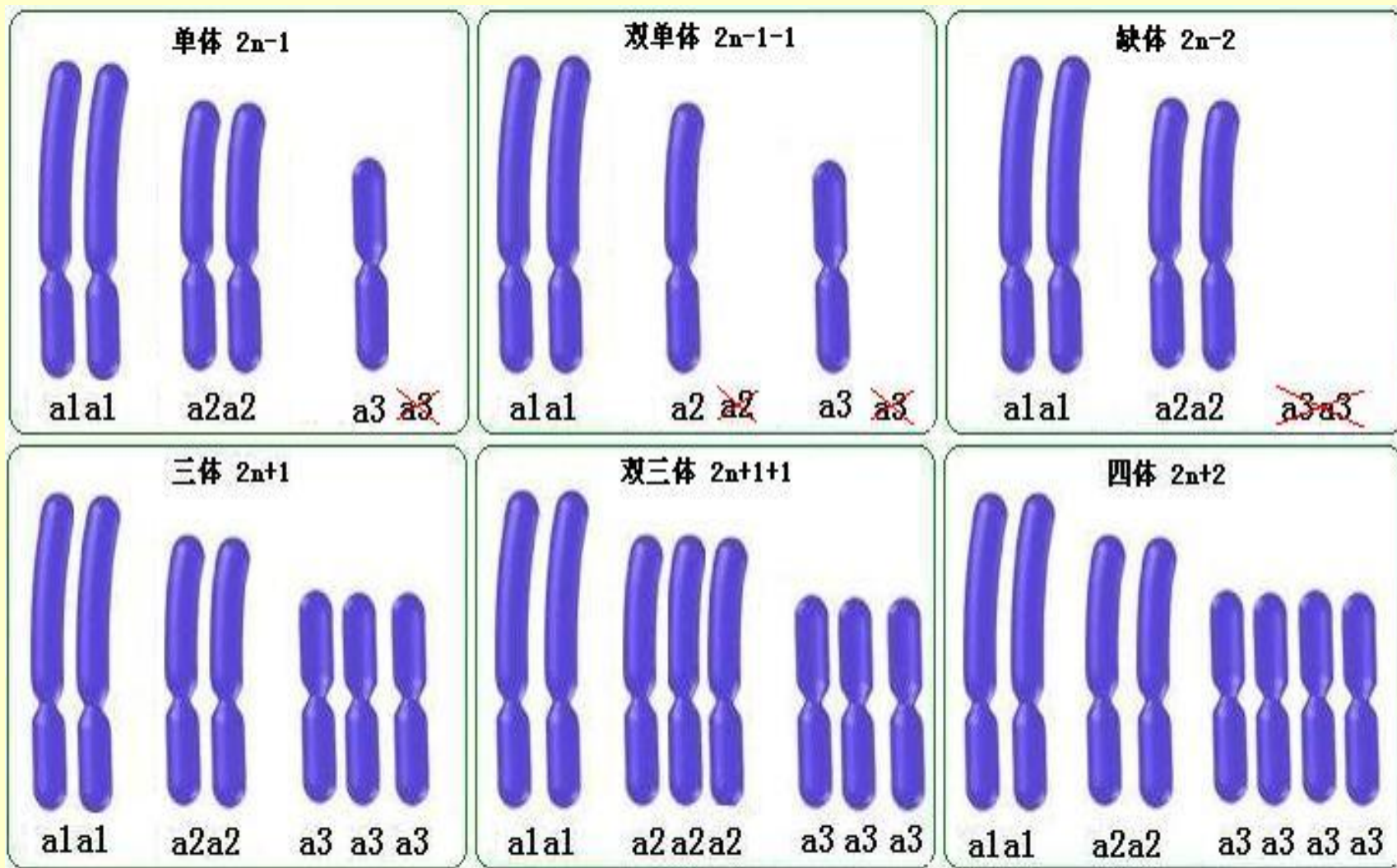


● **非整倍体**：指体细胞核内的染色体不是染色体组的完整倍数，与该物种正常合子($2n$)多或少一个以至若干个的现象。

- **超倍体(hyperploid)**:染色体数多于 $2n$;
- **亚倍体(hypoploid)**:染色体数少于 $2n$ 。

常见的非整倍体的类型

- 三体(trisomic): $2n+1$
- 单体(monosomic): $2n-1$
- 双三体(double trisomic): $2n+1+1$
- 双单体(double monosomic): $2n-1-1$
- 四体(tetrasomic): $2n+2$
- 缺体(nullisomic): $2n-2$



第二节 多倍体

- 1 、同源多倍体
- 2 、异同源多倍体
- 3 、多倍体的形成途径
- 4 、多倍体应用
- 5 、单倍体

一、同源多倍体

(一)、同源多倍体的特征

●形态特征

一般情况下，在一定范围内，随染色体组数增加(也有例外)：

- ◆ 细胞与细胞核体积增大；
- ◆ 组织器官(气孔、保卫细胞、叶片、花朵等)巨大化，生物个体更高大粗壮；
- ◆ 成熟期延迟、生育期延长。

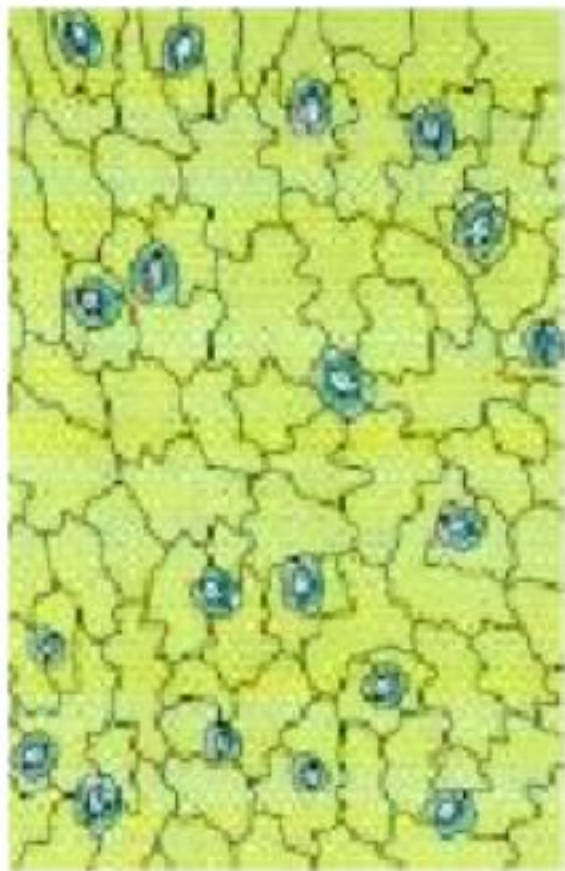
高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

葡萄二倍体(左)和四倍体(右)的比较

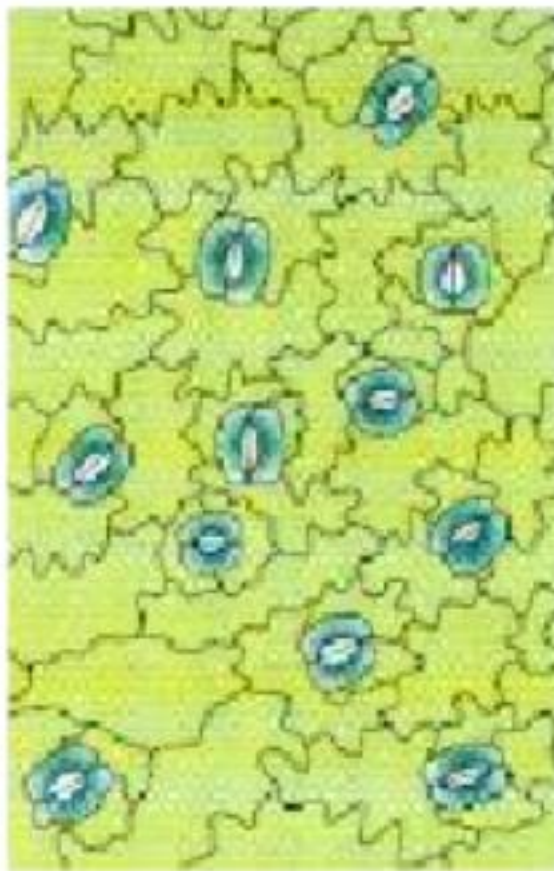


完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

不同倍数甜菜叶片气孔大小的比较



二倍体 (2x)



四倍体 (4x)



八倍体 (8x)

(二) 同源多倍体的基因剂量效应

2x	3x	4x
AA	AAA 三显式	AAAA 四显式
Aa	AAa 复显式	AAaAa 三显式
aa	Aaa 单显式	AAaaa 复显式
	aaa 显式零	Aaaaa 单显式
		aaaaa 显式零

(二) 同源多倍体的基因剂量效应

➤由于基因剂量效应，同源多倍体的生化反应与代谢活动加强；许多性状的表现更强。

◆大麦同源四倍体籽粒蛋白质含量比二倍体原种增加10-12%；

◆玉米同源四倍体籽粒胡萝卜素含量比二倍体原种增加43%。

➤大麦4x白化基因a7，四显式植株矮小，结实率低

同源多倍体改变了二倍体固有的基因平衡关系，不同基因反应有差异

(二) 同源多倍体的基因剂量效应

●生殖特征

- 配子育性降低甚至完全不育。

●特殊表型变异 基因间平衡与相互作用关系破坏而表现一些异常的性状表现

◆西葫芦的果形变异：二倍体(梨形)→四倍体(扁圆)；

◆菠菜的性别决定：XY型性别决定，四倍体水平只要具有Y染色体（XXXXY、XXYY、XYYY、YYYY）就为雄性植株。

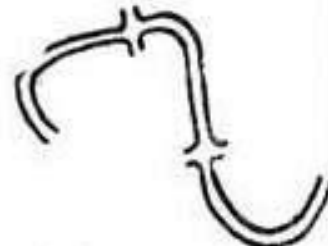
(三)、同源多倍体的联会与分离

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

- ◆在细胞内，具有同源关系的一组染色体合称为一个**同源组（群）**
- ◆二倍体生物同源组有两条同源染色体，减数分裂前期 I 每对同源染色体联会形成一个**二价体(II)**
- ◆同源多倍体的每个同源组含有三条或三条以上同源染色体，减数分裂前期 I 往往同时有三条以上的染色体参与形成联会复合体，形成**多价体(multivalent)**。三价体(III)、四价体(IV)

1. 同源三倍体联会与分离

属参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

联会形式	偶线期形象	双线期形象	终变期或中期 I	后期 I 分离
III				2/1
II + I				2/1或1/1 (单价体丢失)

同源三倍体每个同源组的
三个染色体的联会和分离

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

表6-2 曼陀罗($n=x=12$)同源三倍体($2n=3x=12III$)的12个同源组的分离

$\% \searrow$ 分离	12/24	13/23	14/22	15/21	16/20	17/19	18/18
大孢母细胞	—	3.5	9.0	14.0	21.5	34.5	17.5
小孢母细胞	0.8	4.5	8.5	14.5	22.9	30.8	18.0

2. 同源四倍体联会与分离

属参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

前期联会	偶线期形象	双线期形象	终变期形象	后期I分离
IV				2/2 或 3/1
III + I				2/2 或 3/1 或 (2/1)
II + II				2/2
II + I + I				2/2 或 3/1 (或2/1) (或1/1)

同源四倍体每个同源组染色体的联会和分离

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

玉米4x小孢子：

333个中， $n=20$ 为143个，占 42.16%。

其它 $n=21\sim24$

$n=14\sim19$

玉米4x 与2x 正反交：

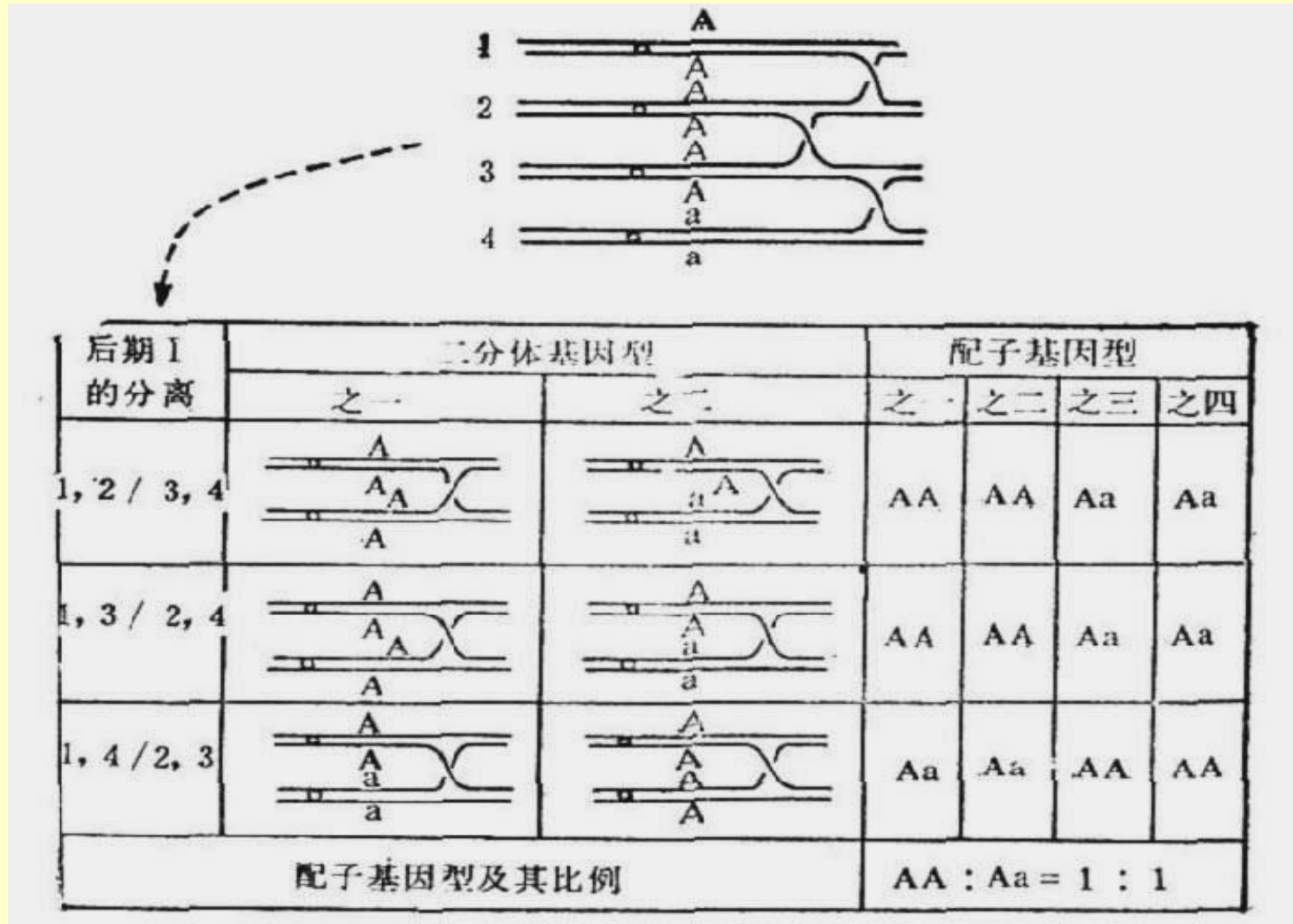
n 多于和小于20也可以参加受精

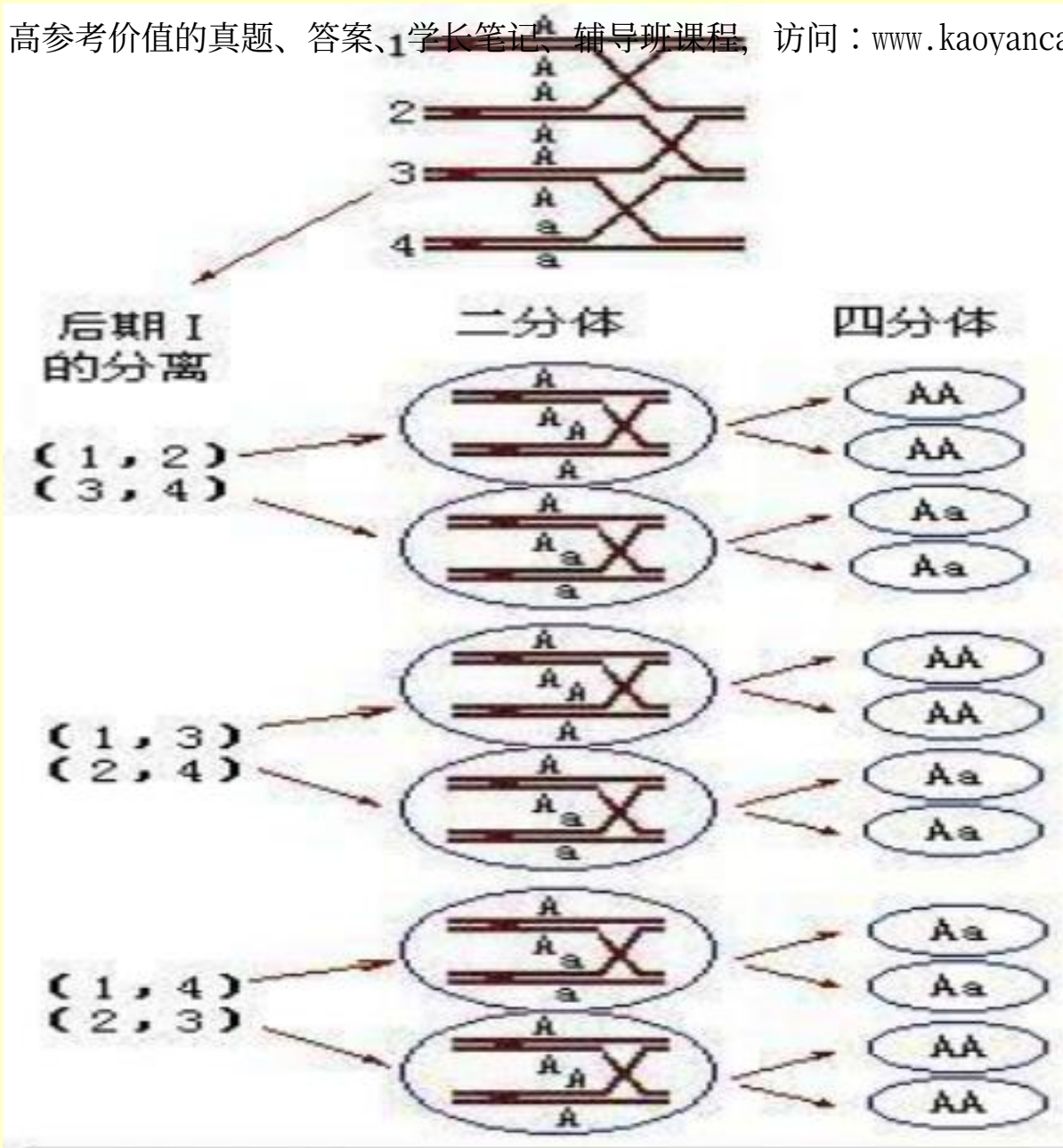
子代： $2n=40$: 60%;

$2n=20\sim39, 41\sim47$: 40%

育性下降5~10%

三式(AAAa) 染色体随机分离

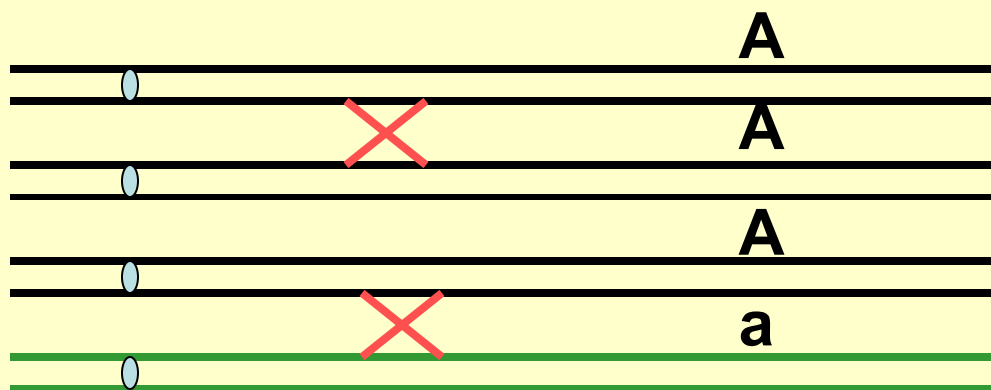




同源四倍体等位基因的染色体随机分离结果

基因型	配子比例			自交后代基因型比例					表现型比例	
	AA	Aa	aa	A ⁴	A ³ a	A ² a ²	Aa ³	a ⁴	显性 [A]	隐性 [a]
AA ³ Aa	1	1		1	2	1			1	0
AA ² aa	1	4	1	1	8	18	8	1	35	1
Aaaa	1	1	1			1	2	1	3	1

同源四倍体染色单体随机分离



$$AA \text{ 的组合数} = C_6^2 = \frac{6!}{(6-2)! \times 2!} = 15$$

$$Aa \text{ 的组合数} = C_6^1 \times C_2^1 = \frac{6!}{(6-1)! \times 1!} \times \frac{2!}{(2-1)! \times 1!} = 12$$

$$aa \text{ 的组合数} = C_2^2 = 1$$

同源四倍体等位基因的染色单体随机分离结果

基因型	配子比例			自交后代基因型比例					表现型比例	
	AA	Aa	aa	A ⁴	A ³ a	A ² a ²	Aa ³	A ⁴	显性 [A]	隐性 [a]
AA ³ Aa	15	12	1	225	360	174	24	1	783	1
AA ² aa	3	8	3	9	48	82	48	9	20.8	1
Aa ³ aa	1	12	15	1	24	174	360	225	2.44	1

二、异源多倍体

● 异源多倍体是生物进化、新物种形成的重要因素之一

◆ 被子植物纲中 30-35%

◆ 禾本科植物 70%

◆ 许多农作物：

小麦、燕麦、甘蔗、烟草、甘蓝型油菜、
棉花、草莓、苹果、梨

◆ 菊花、水仙、郁金香

二、异源多倍体

- 自然界中能正常繁殖的异源多倍体物种几乎都是偶倍数
 - 细胞内的染色体组成对存在，同源染色体能正常配对形成二价体，并分配到配子中去，因而其遗传表现与二倍体相似

(一)、偶倍数的异源多倍体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

偶倍数异源多倍体的形成及证明 (人工合成)

◆ 普通烟草(*Nicotiana tabacum*)

◆ 普通小麦(*Triticum aestivum*)

拟茸毛烟草

$(2n=2x=TT=24=12II)$

×

美花烟草

$(2n=2x=SS=24=12II)$



种间杂种

$(2n=2x=TS=24=24I)$



加倍

双二倍体

$(2n=4x=TTSS=48=24II)$

演化



普通烟草

$(2n=4x=TTSS=48=24II)$

一粒小麦

$(2n=2x=AA=14=7 \text{ II})$

拟斯卑尔脱山羊草

$(2n=2x=BB=14=7 \text{ II})$

种间杂种

$(2n=2x=AB=14=14 \text{ I})$

加倍

双二倍体

$(2n=4x=AABB=28=14 \text{ II})$

方穗山羊草

$(2n=2x=DD=14=7 \text{ II})$

演化

双二倍体

$(2n=4x=AABB=28=14 \text{ II})$

种间杂种

$(2n=3x=ABD=21=21 \text{ I})$

加倍

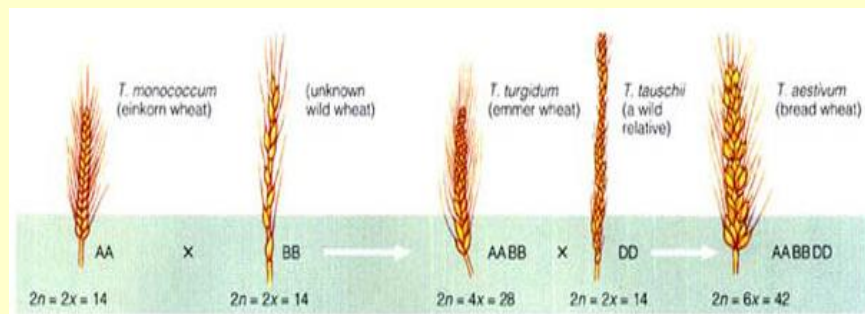
双二倍体

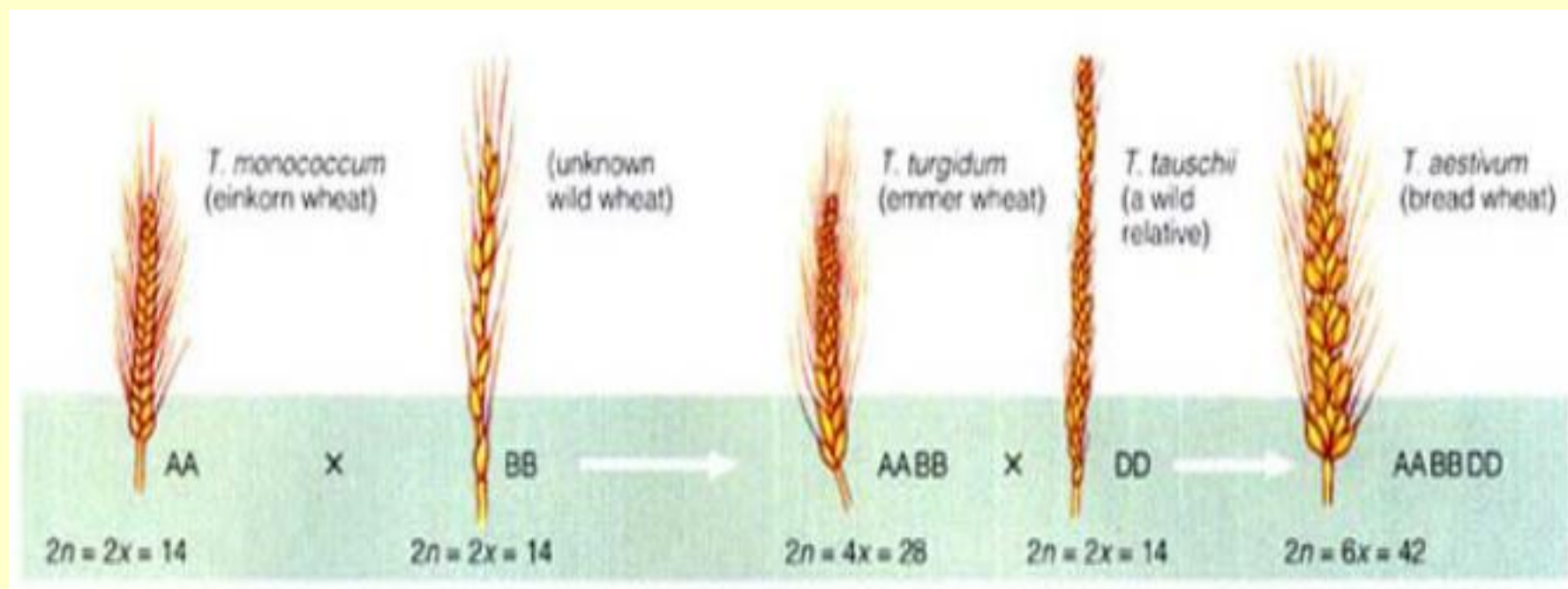
$(2n=6x=AABBDD=42=21 \text{ II})$

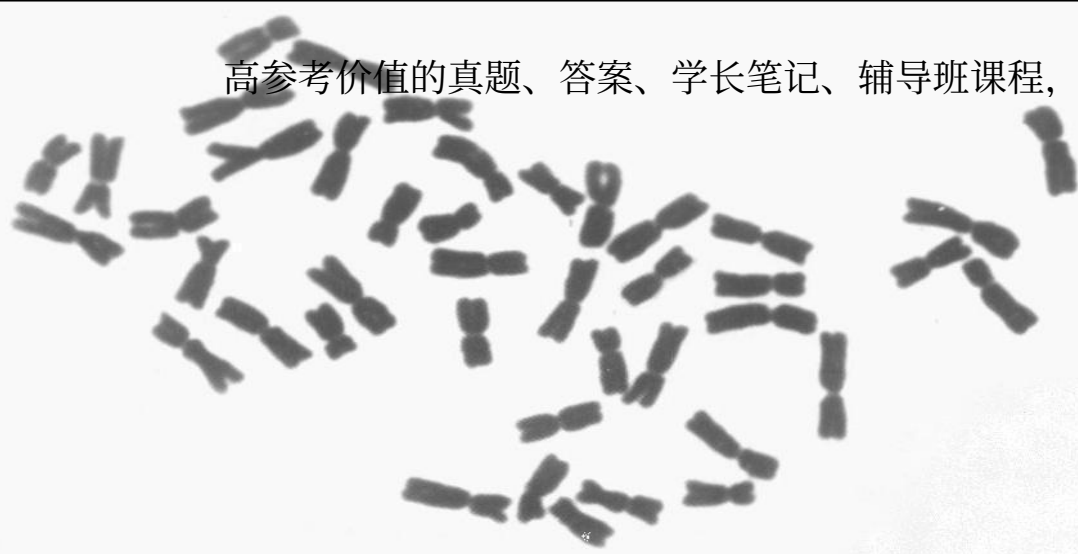
演化

普通小麦

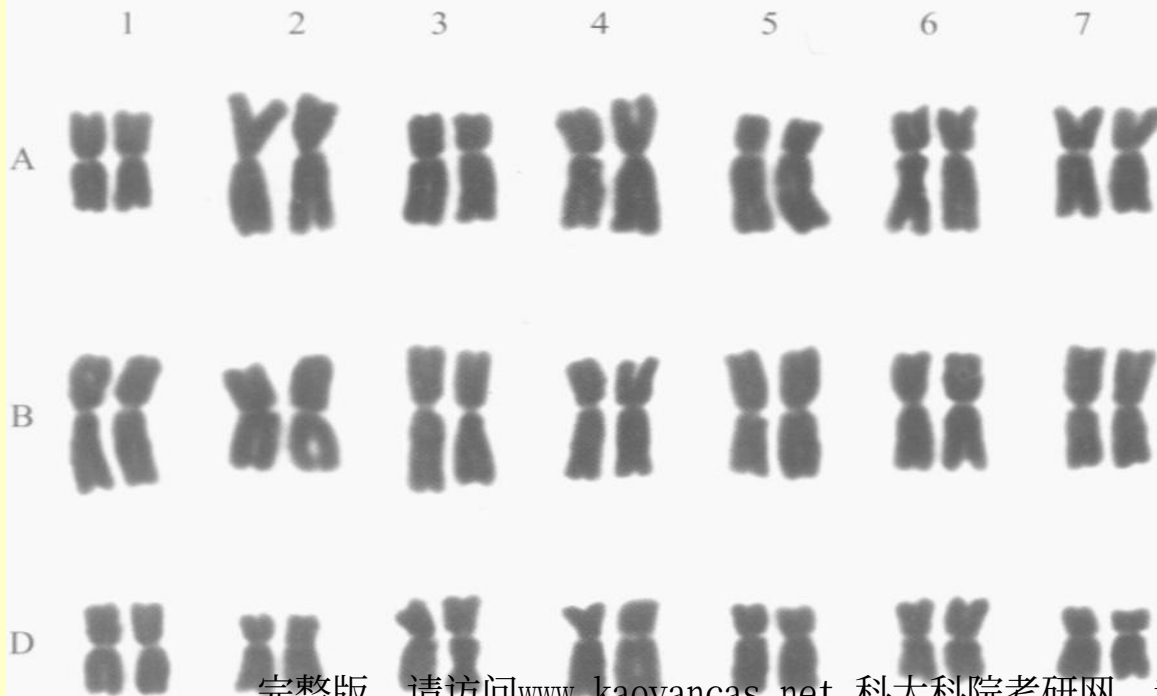
$(2n=6x=AABBDD=42=21 \text{ II})$







普通小麦 (*T. aestivum*) 的染色体



染色体的部分同源性——**部分同源群**

- ◆ **小麦属染色体的部分同源群**
- ◆ **部分同源染色体间可能具有少数相同基因(控制同一性状，表现为多因一效)**
- ◆ **有时可能相互代替(补偿效应)**
- ◆ **减数分裂过程中可能发生异源联会(allosynapsis)**

普通小麦染色体组的部分同源关系

染色体组
部分同源组

A B D 黑麦R 大麦H

1A 1B 1D 1R 1H

2A 2B 2D 2R 2H

3A 3B 3D 3R 3H

• • • • •

• • • • •

7A 7B 7D 7R 7H

普通小麦粒色遗传

- 普通小麦粒色
 - 红色对白色为
 - 显性
- 受三对基因控制
 - R_1, r_1 3D
 - R_2, r_2 3A
 - R_3, r_3 3B

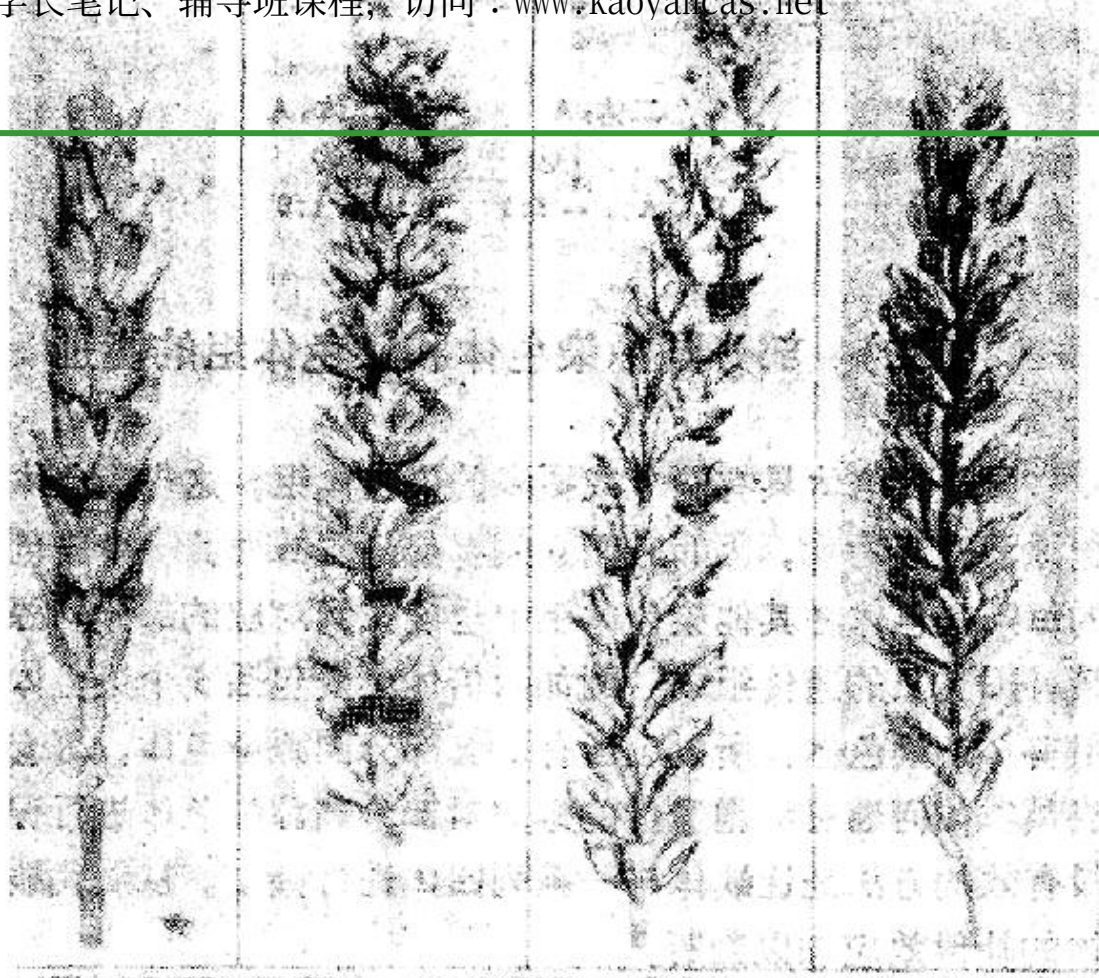


图 8-11 小麦四体 2D 对缺体 2B 的补偿效应自左至右：缺体 2D、正常、缺体 2D-四体 2B、四体 2B (引自 E. R. Sears 1944)

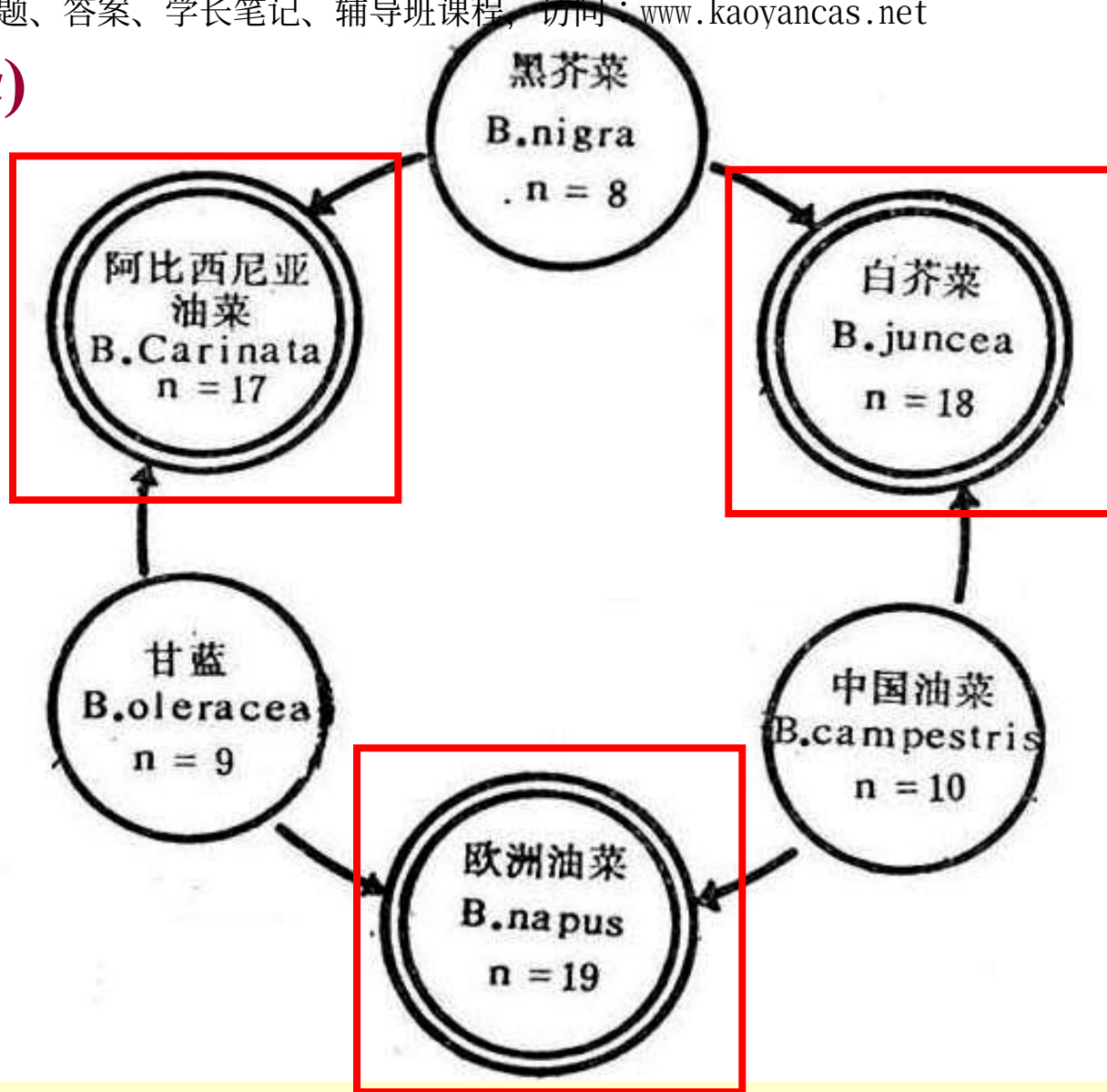
普通小麦 2D 与 2B 的补偿效应

◆偶倍数的异源多倍体是二倍体物种的双二倍体，因此其染色体数是其亲本物种染色体数之和。

◆两亲本物种的染色组的基数可能相同，也可能不同。

- 普通烟草($x=12$)、普通小麦($x=7$)
- 芸苔属各物种的染色基数

芸苔属(*Brassica*) 各物种的关系



(二)、奇倍数的异源多倍体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

1 奇倍数异源多倍体的产生及其特征

◆偶倍数异源多倍体物种间杂交

◆奇倍数异源多倍体在联会配对时形成众多的单价体，染色体分离紊乱，配子中染色体组成不平衡，因而很难产生正常可育的配子

2.倍半二倍体(sesquidiploid)

◆形成与用途

普通小麦

价值的真题、答案
($2n=6x=AABBDD=42=21\text{ II}$)

×

学长笔记、辅导班

圆锥小麦

www.kaoyancas.net

($2n=4x=AABB=28=14\text{ II}$)

异源五倍体

($2n=5x=AABBD=35=14\text{ II}+7\text{ I}$)

普通小麦

($2n=6x=AABBDD=42=21\text{ II}$)

×

提莫菲维小麦

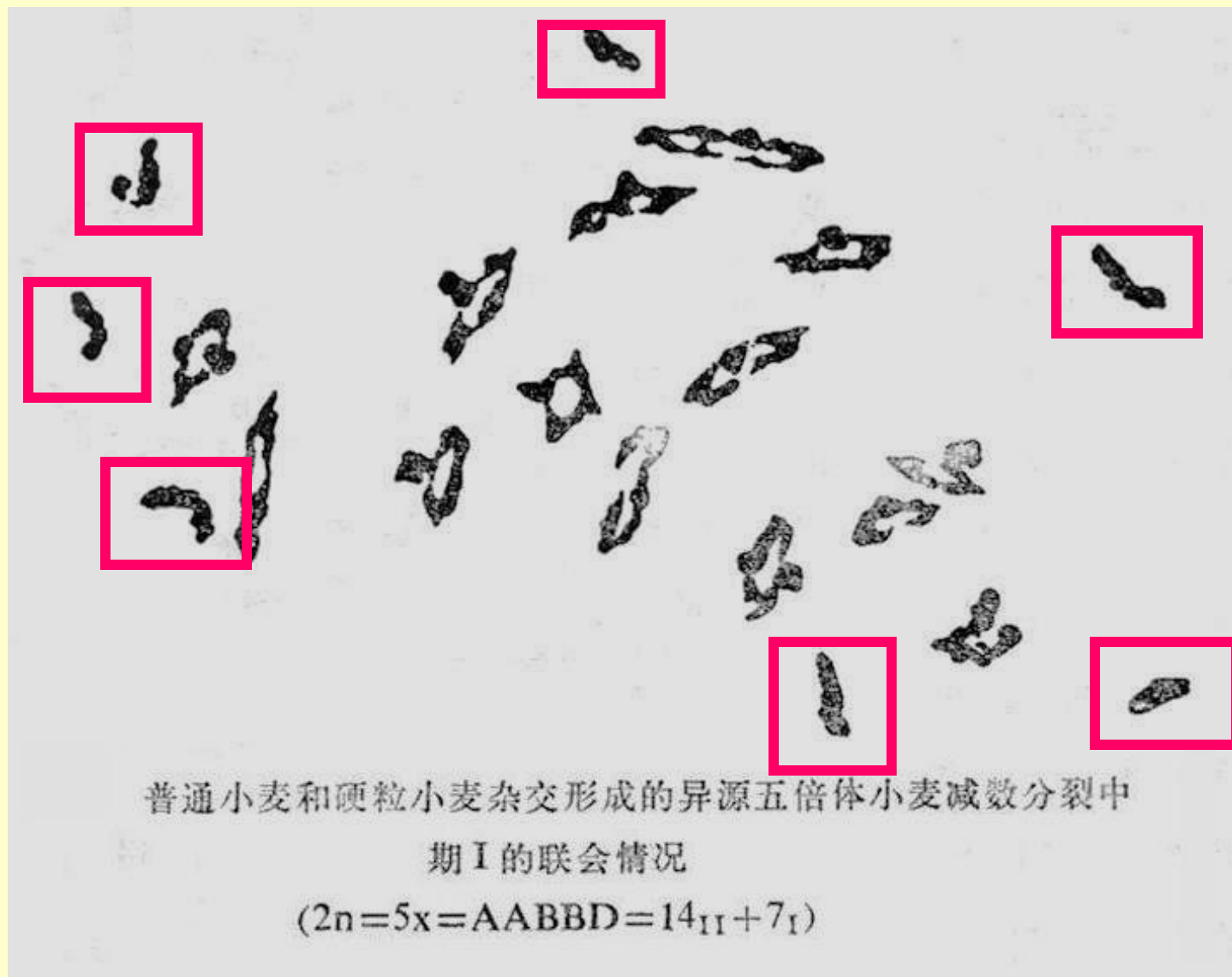
($2n=4x=AAGG=28=14\text{ II}$)

异源五倍体

($2n=5x=AABGD=35=7\text{ II}+21\text{ I}$)

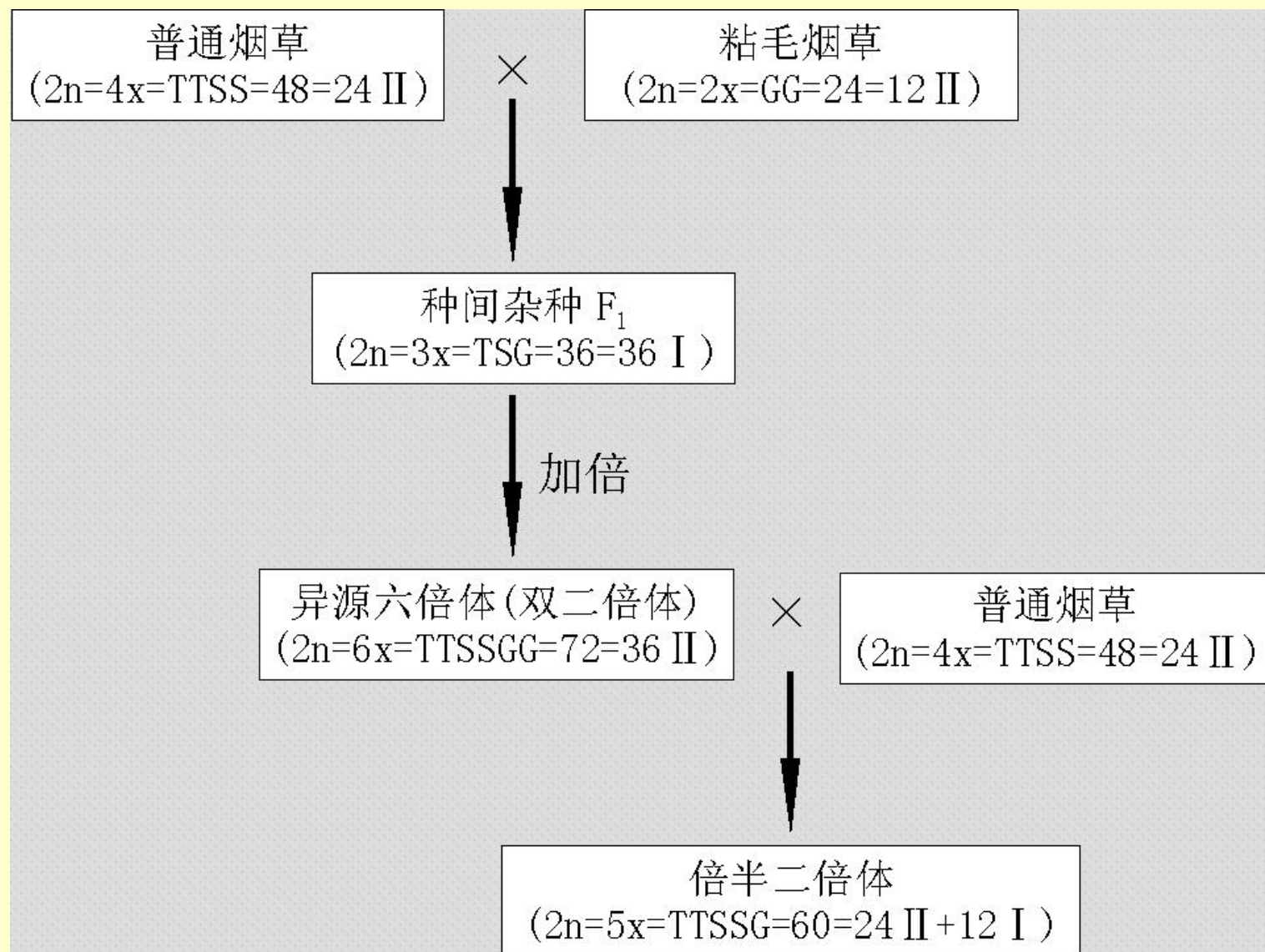
异源五倍体小麦的形成

异源五倍体小麦的联会



普通烟草与粘毛烟草的倍半二倍体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



三、多倍体的形成途径及其应用

(一)、未减数配子结合——减数分裂

(二)、体细胞染色体数加倍——有丝分裂

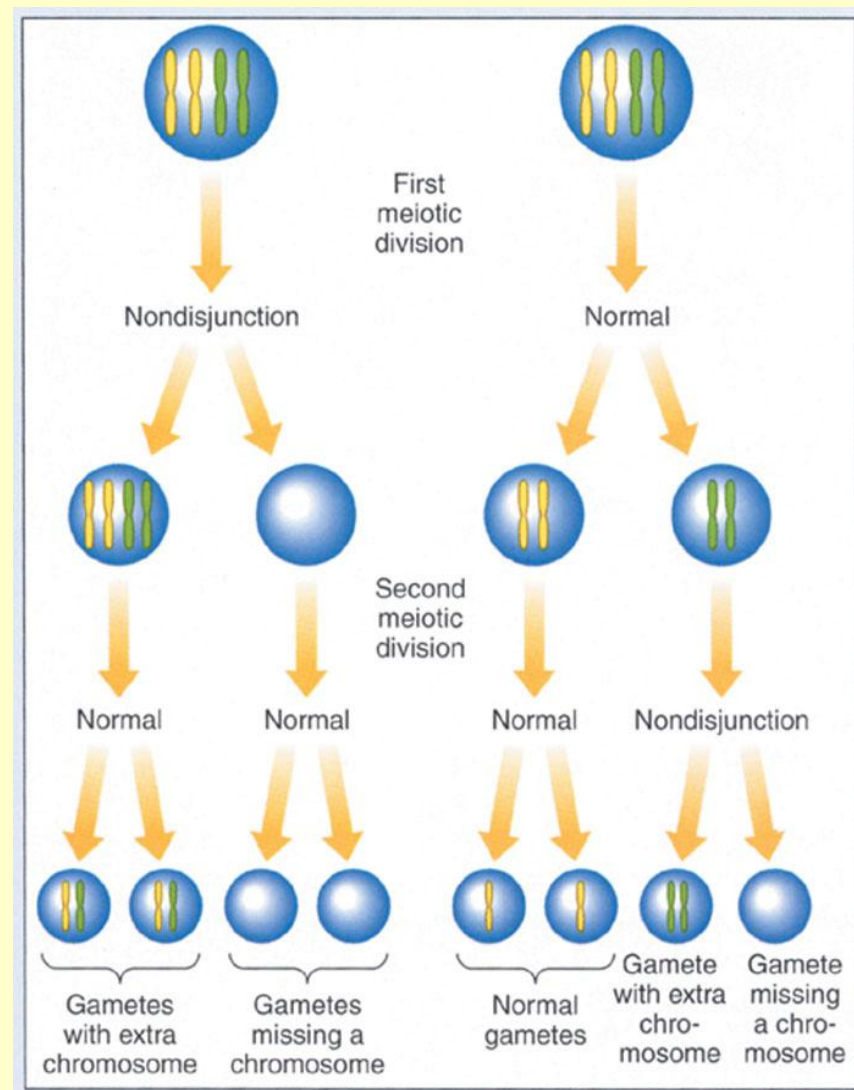
(一)、未减数配子结合

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

◆桃树($2n=2x=16=8\text{ II}$)
的未减数配子($n=2x=16$)
融合形成同源多倍体

●未减数配子×未减数配子——四倍体
($2n=4x=32=8\text{ IV}$)

●未减数配子×正常配子——三倍体
($2n=3x=24=8\text{ III}$)



(一)、未减数配子结合

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

◆种间杂种F₁未减数配子融合形成异源多倍体

萝卜 (*Raphanus sativus*) 甘蓝 (*Brassia oleracea*)

萝卜
($2n=2x=RR=18=9 \text{ II}$)

×

甘蓝
($2n=2x=BB=18=9 \text{ II}$)

种间杂种 F₁
($2n=2x=RB=18=18 \text{ I}$)

减数分裂

产生含不同染色体数的配子

0, 1, 2, ..., 6, 7, ..., 11, 12, ..., 17, 18

未减数配子

未减数配子 ⊕ 未减数配子



双二倍体
($2n=4x=RRBB=36=18 \text{ II}$)



新属 (萝卜甘蓝属)
(*Raphanobrassica*)

(二)、体细胞染色体数加倍

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

●体细胞染色体加倍的方法

- 最常用的方法：秋水仙素处理分生组织

- ◆阻碍有丝分裂细胞纺锤丝(体)的形成

●同源多倍体的诱导

- 诱导二倍体物种染色体加倍→同源多倍体(偶倍数)

●异源多倍体的诱导

- ◆诱导杂种 F_1 染色体加倍→双二倍体

- ◆诱导二倍体物种染色体加倍→同源多倍体
→杂交→双二倍体

(三)、人工诱导多倍体的应用

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



1. 克服远缘杂交的不孕性
2. 克服远缘杂种的不实性
3. 创造种间杂交育种的中间亲本
4. 人工合成新物种、育成作物新类型

人工合成同源多倍体

直接加倍，如同源四倍体芥麦、同源三倍体甜菜

人工合成异源多倍体

◆方法：物种间杂交，杂种F1染色体数目加倍。八倍体小黑麦、六倍体小黑麦

普通小麦
($2n=6x=AABBDD=42=21 II$)

×

黑麦
($2n=2x=RR=14=7 II$)

种间杂种
($2n=4x=ABDR=28=28 I$)

加倍

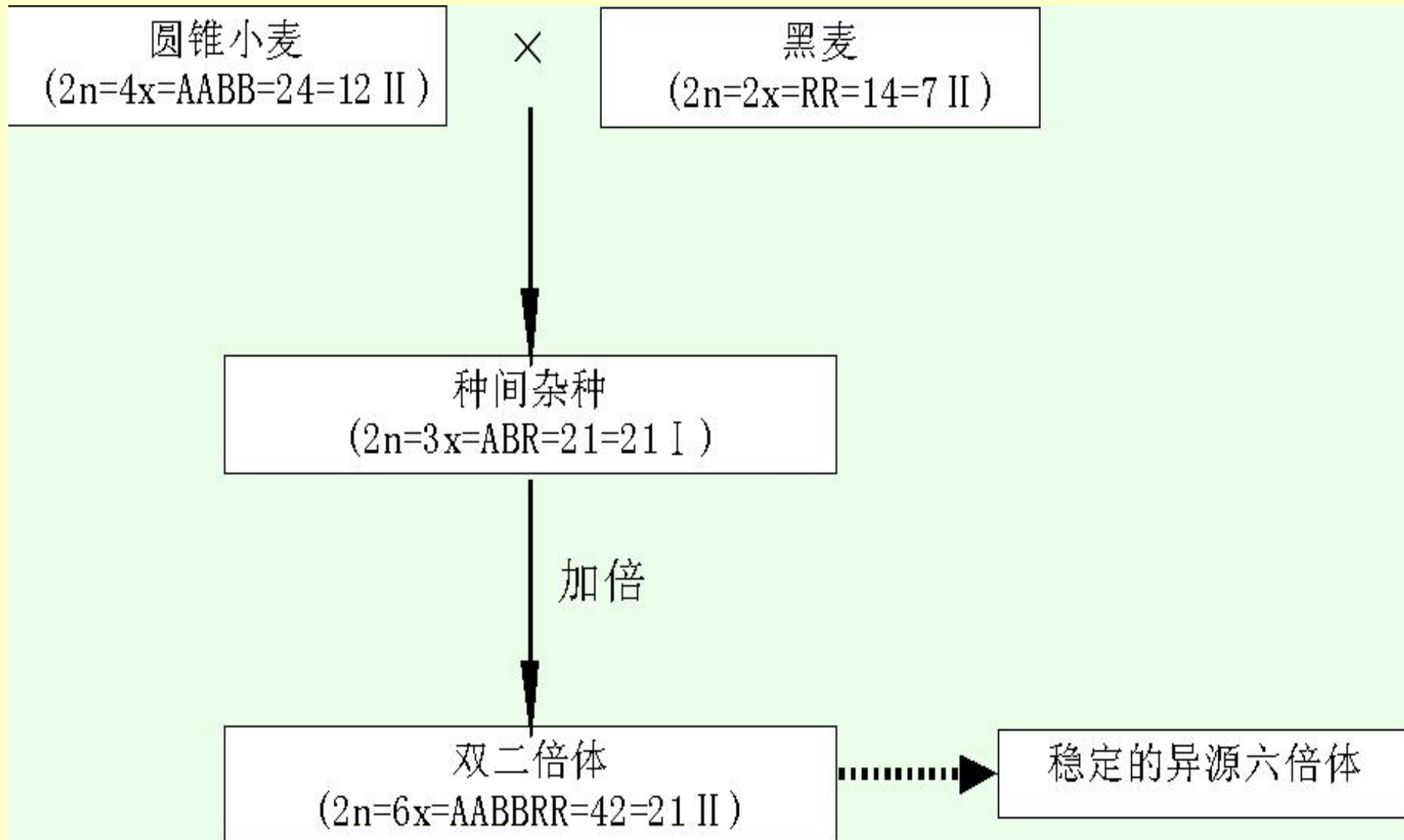
双二倍体
($2n=8x=AABBDDRR=56=28 II$)

稳定的异源八倍体



六倍体小黑麦的人工合成与应用

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



五、单倍体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

(一)、单倍体的类型

◆ 单元单倍体（一倍体， $n=x$ ）：

二倍体生物的单倍体，就是一倍体。

◆ 多元单倍体：

四倍体及其以上的偶倍数多倍体所产生的单倍体(具有两个及两个以上的染色体组)。

例如：六倍体小麦的单倍体具有三个染色体组($n=3x=ABD=21$)；四倍体烟草的单倍体具有两个染色体组($n=2x=TS=24$)。

(二)、单倍体的特点

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

●1. 动物：一般不存在单倍体。

例外：雄性单倍体

●2. 低等生物：生命的主要阶段

●3 高等植物：高度不育性

◆染色体组成单存在，前期I染色体不能正常联会配对，以单价体形式存在。最后形成的配子中很少能够得到整套
(x) 完整的染色体组。

(二)、单倍体的特点

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

单价体在减数分裂过程中的表现

- 在后期 I 随机趋向纺锤体的某一极，在后期 II 姊妹染色单体进行正常的均衡分离；
 - 提早在后期 I 进行姊妹染色单体的均衡分离，后期 II 染色单体再随机地趋向某一极；
 - 不迁往中期纺锤体的赤道面，被遗弃在子核之外，最终在细胞质中消失。
- ◆ 同源四倍体($2n=4x$)的单倍体($n=2x$)育性水平要高于其它类型

●玉米单倍体($n=x=10$):

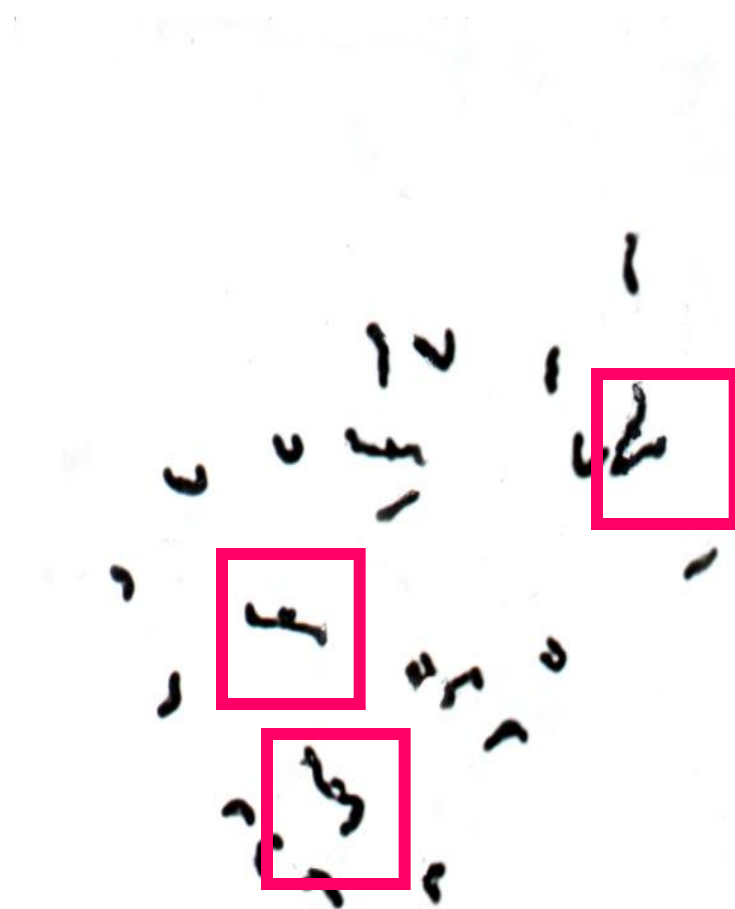
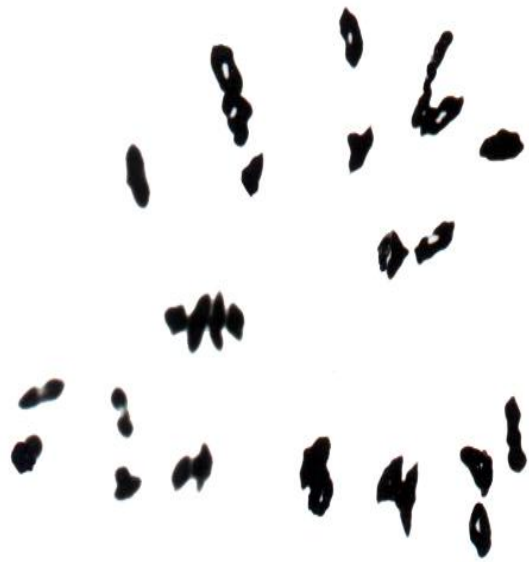
- 主要是5/5、4/6的方式分离
- 3/7、2/8、1/9的分离很少
- 没有观察到0-10的分离方式。

普通小麦单倍体 ($n=3x=21=ABD$)

减数分裂：产生各种染色体组成的配子(0-21)(其中仅具有20, 21条染色体的配子具有育性)

配子融合：双体($2n=42$), 单体($2n=41$), 缺体、双单体($2n=40$)

双倍体和单倍体的联会特点



(三)、单倍体的产生

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

1. 自然产生：由单性生殖产生。

- 未受精的雌、雄配子，甚至助细胞、反细胞等直接发育形成单倍体胚。
- 部分动物，如膜翅目昆虫(蜂、蚊)和某些同翅目昆虫(白蚁)的雄性个体都是孤雌生殖形成的自然单倍体。

(三)、单倍体的产生

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

2. 人工获得单倍体

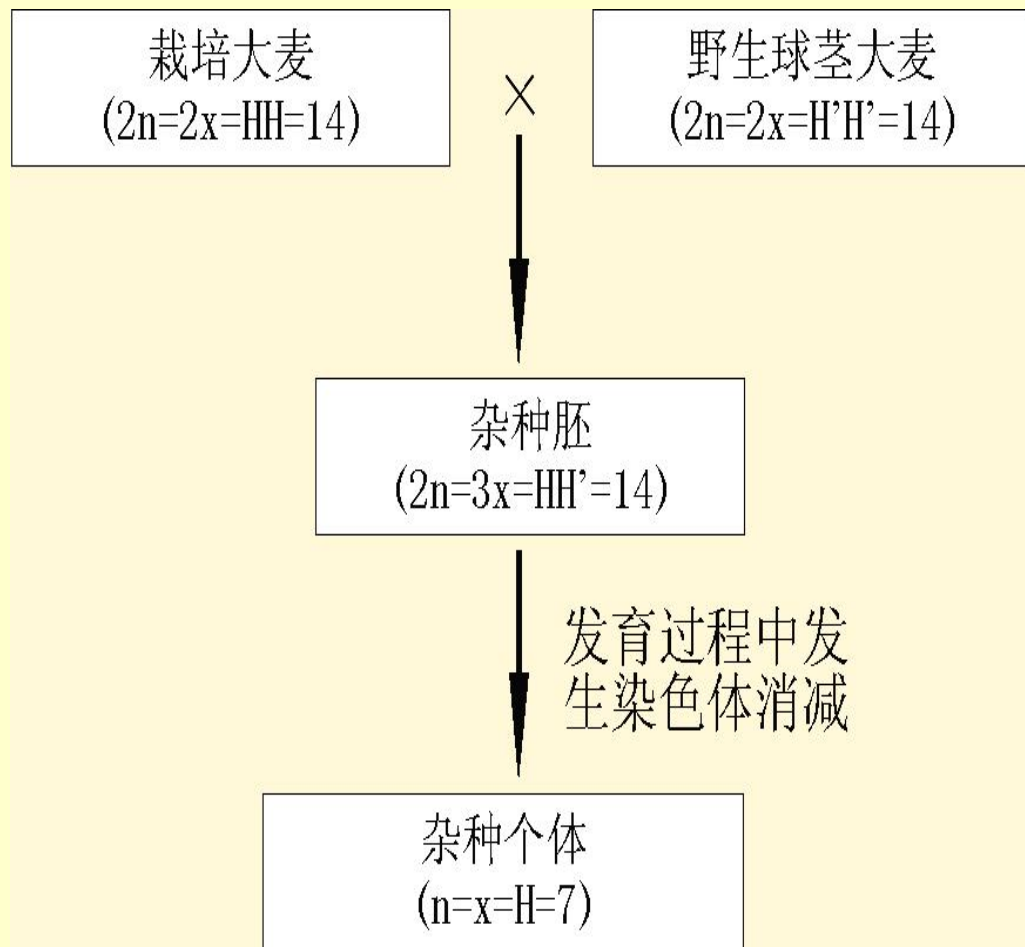
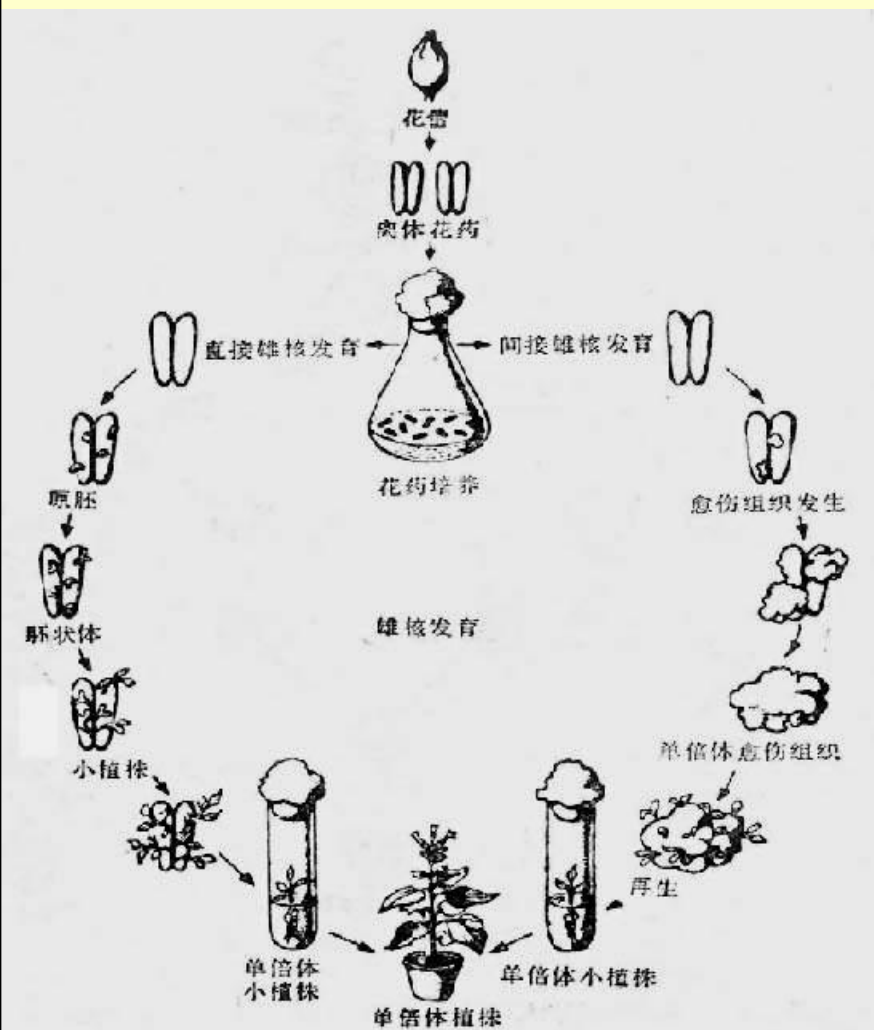
● **花药培养**：花药离体培养诱导配子体(花粉或子房)发育形成单倍体植株。

这是应用最为广泛、成功的人工方法

● **种间或属间远缘杂交**

栽培大麦($2n=2x=14$)与野生球茎大麦($2n=2x=14$)杂种胚发育过程中，两物种染色体的行为不协调可导致球茎大麦的染色体逐渐丢失(称为染色体消减现象)，可获得大麦的单倍体植株

花药培养获得单倍体



染色体消减获得单倍体大麦

(四)、单倍体在遗传育种研究的应用

- 加速育种进程：基因成单，加倍，纯合体
- 研究基因性质和作用：基因成单，每个基因都发挥作用
- 基因定位的研究：用分子生物学标记基因探针(马铃薯, 同源四倍体)。
- 分析染色体组间同源关系：部分同源关系
- 离体诱导非整倍体：在离体培养条件下，诱导单倍体可以获得非整倍体。

第三节 非整倍体及其应用

●非整倍体的类型

- 超倍体：多一条或几条染色体，遗传组成不平衡
- 亚倍体：少一条或几条染色体，遗传物质缺失

●非整倍体的形成

- 减数分裂不正常，产生 $n+1$ 或 $n-1$ 配子，后代为非整倍体
- 植物有丝分裂不正常，产生非整倍体后代

●非整倍体的存在

二倍体、同源多倍体、异源多倍体均可能

(一)、单体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

1. 单体的特点

- 动物：某些物种的种性特征，XO型
- 植物：不同植物的单体表现有所不同
 - 二倍体的单体：一般生活力极低而且不育
 - 异源多倍体的单体：具有一定的生活力和育性

普通烟草($2n=4x=TTSS=48$)的单体系列

普通小麦($2n=6x=AABBDD=42$)的单体系列

(一)、单体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

普通烟草($2n=4x=TTSS=48$)具有24种单体。

●分别用A, B, C, ..., V, W, Z字母表示24条染色体；

●24种单体的表示为：

$2n-I_A, 2n-I_B, 2n-I_C, \dots, 2n-I_W, 2n-I_Z$ 。

●各种单体具有不同的性状变异，表现在：花冠大小、花萼大小、蒴果大小等性状上。

(一)、单体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

普通小麦($2n=6x=AABBDD=42$)具有21种单体。

●普通小麦的按ABD染色体组及部分同源关系编号为：

●A组：1A, 2A, 3A, ..., 6A, 7A;

●B组：1B, 2B, 3B, ..., 6B, 7B;

●D组：1D, 2D, 3D, ..., 6D, 7D。

●21种单体对应的表示方法为：

● $2n-I_{1A}$, $2n-I_{2A}$, ...

● $2n-I_{1B}$, $2n-I_{2B}$, ...

● $2n-I_{1D}$, $2n-I_{2D}$, ...

2. 单体染色体的传递

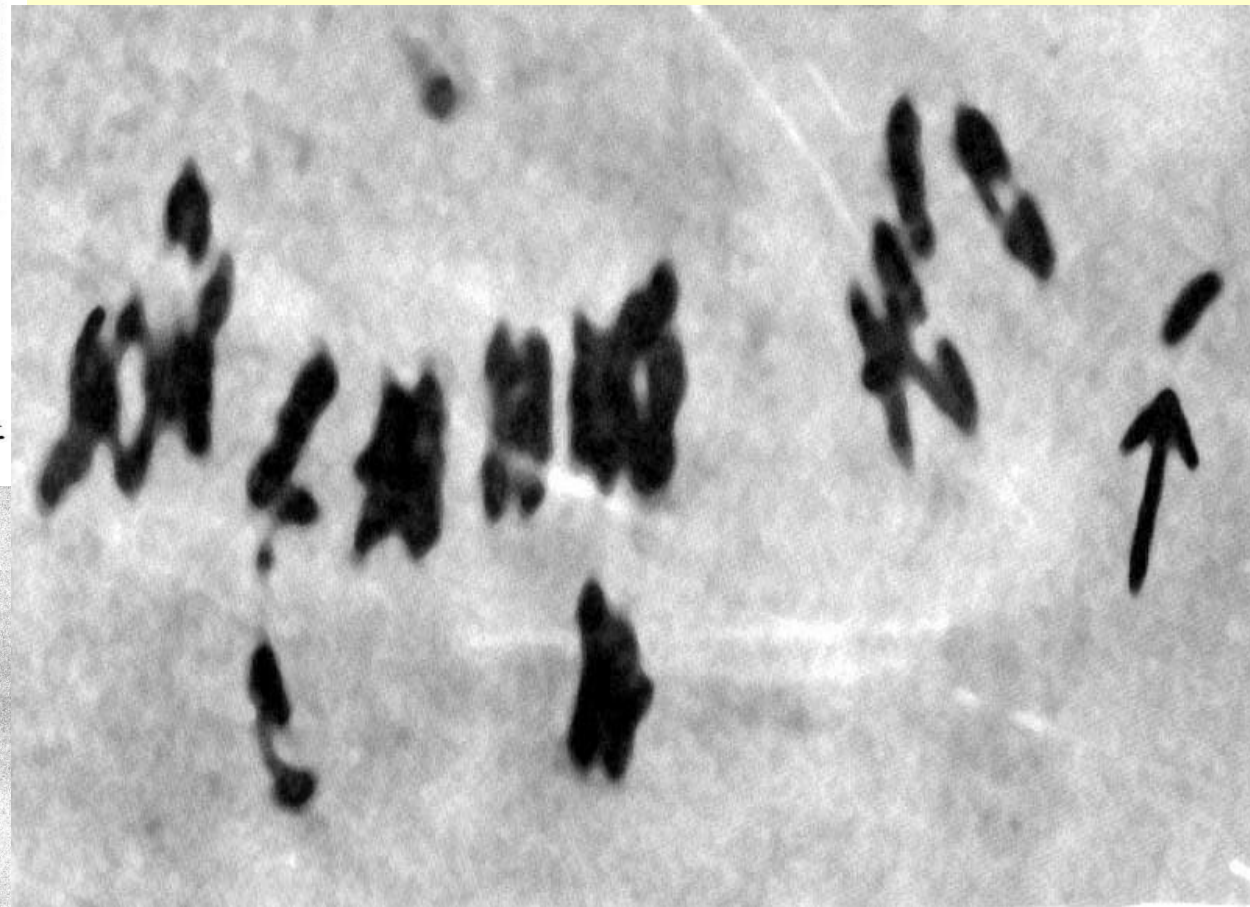
高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

硬粒小麦

(2n=4x=AABB=28)1A单体



硬粒小麦 (*T. durum*) 单体1A在减数分裂中期 I, 出现 13 个二价体和一个落后的单价体(引自 E. R. Sears 1952a)



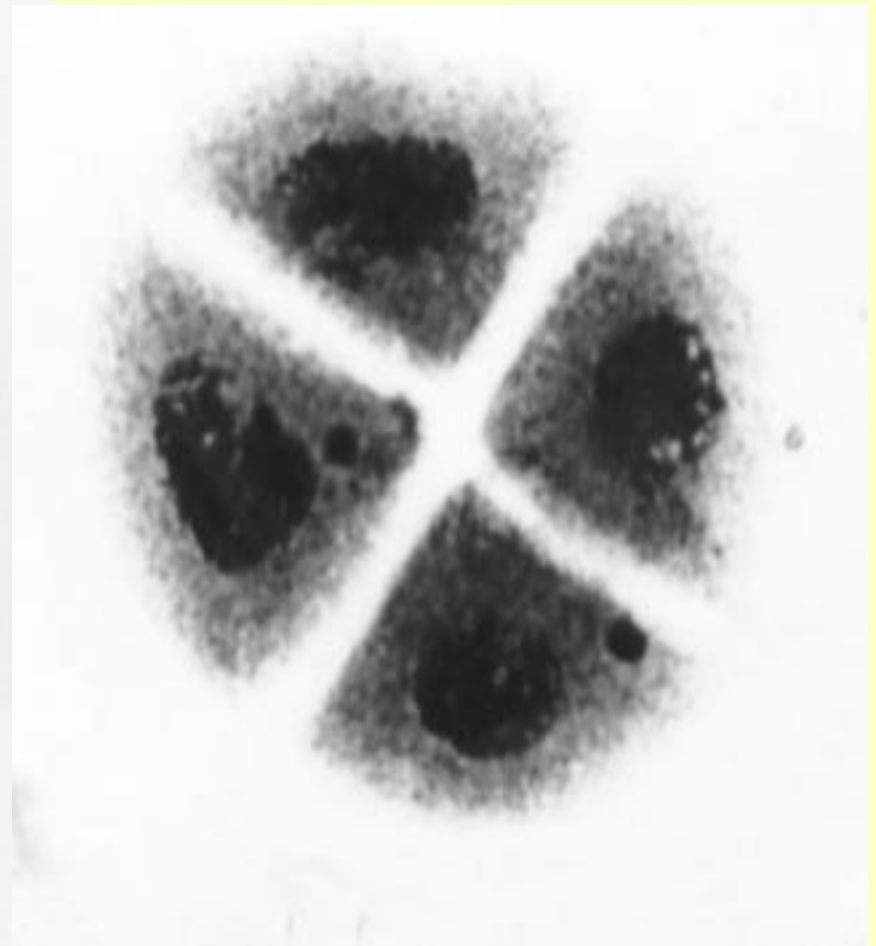
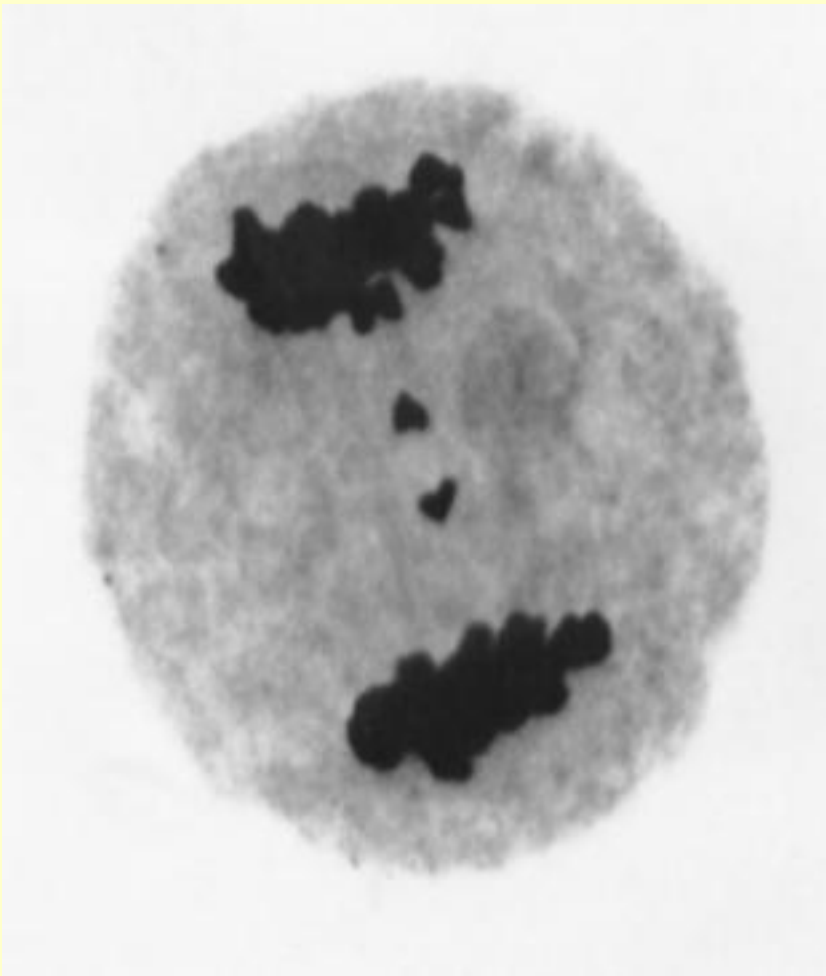
普通小麦单体：中期

普通小麦单体：终变期

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

2. 单体染色体的传递

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



普通小麦单体：第一后期

普通小麦单体：四分体

●理论上：

◆配子 $n:(n-1)=1:1$

◆双:单:缺= $1:2:1$

●影响因素：

◆单体被遗弃

◆ $n, (n-1)$ 参入受精
不同

◆ $2n-I, 2n-II$ 成活率
不同

不符合理论比例

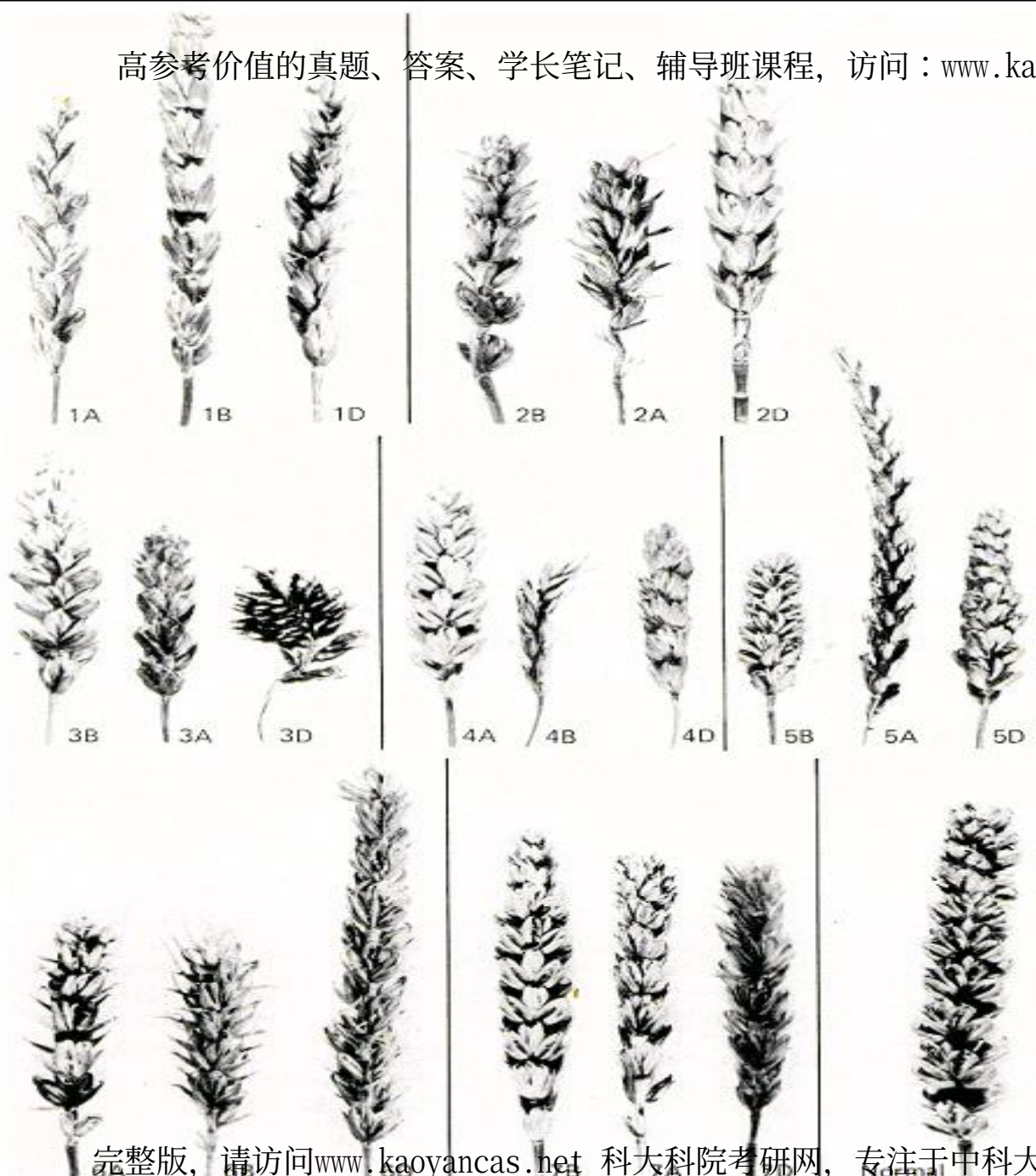
♂	n	$n-1$
	96%	4%
♀		
n	$2n$	$2n-1$
25%	24%	1%
$n-1$	$2n-1$	$2n-2$
75%	72%	3%

(二)、缺体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

- 缺体一般都通过单体自交产生
- 在异源多倍体生物中可以存在
 - ◆ 由于缺失一对染色体，对生物个体的性状表现的影响更大，生活力更差
 - ◆ 普通烟草的缺体在幼胚阶段即死亡
 - ◆ 普通小麦21种缺体都能够生存
- 遗传效应
 - ◆ 表现广泛的性状变异
 - ◆ 通过缺体的性状变异，可能确定位于该染色体上的基因

普通小麦缺体系列的穗形



(三)、三体

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

1.三体的性状变异

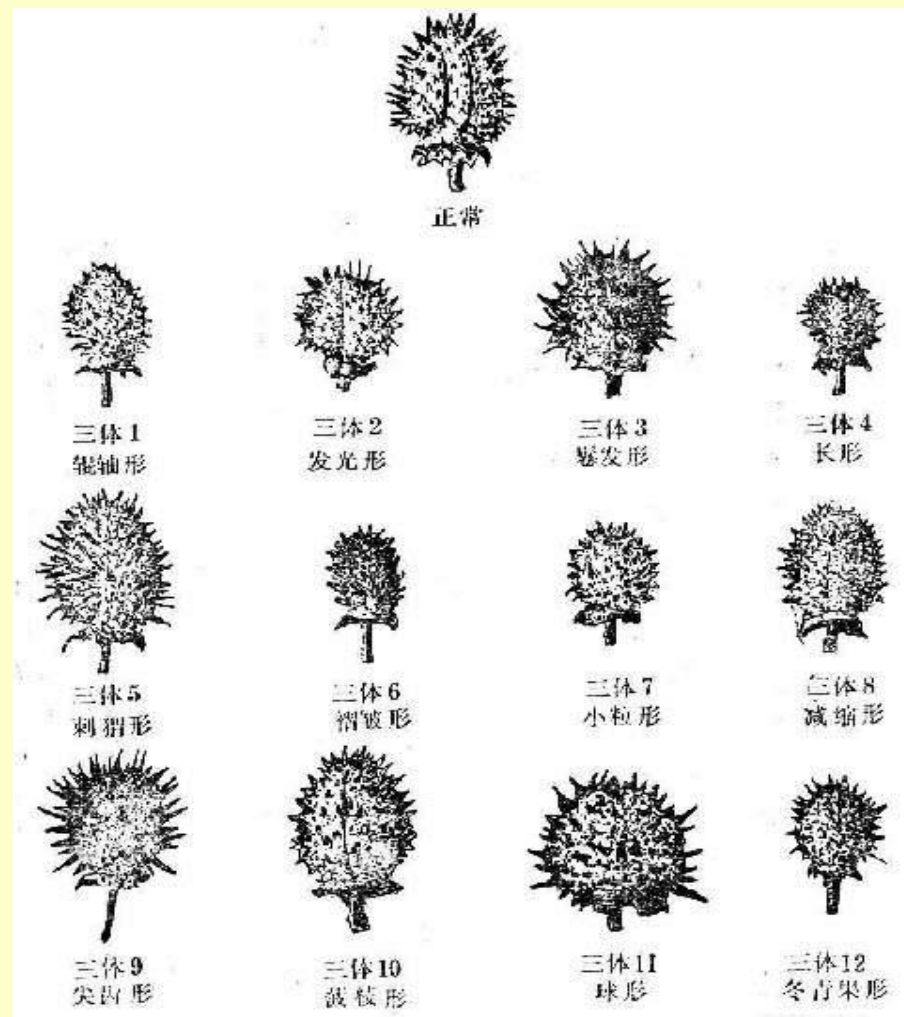
不同物种，不同染色体的三体的变异性状及程度不同

◆直果曼陀罗($2n=2x=24$)的果型变异

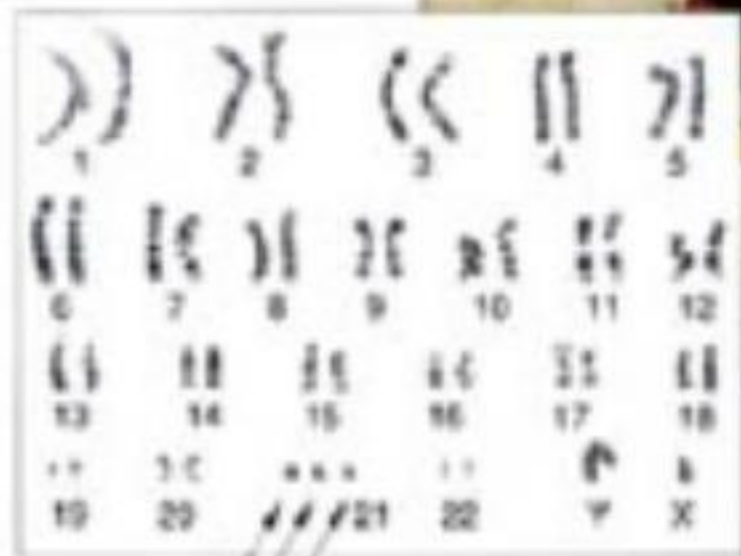
◆玉米($2n=2x=20$)有10个不同的三体 (5# 7#)

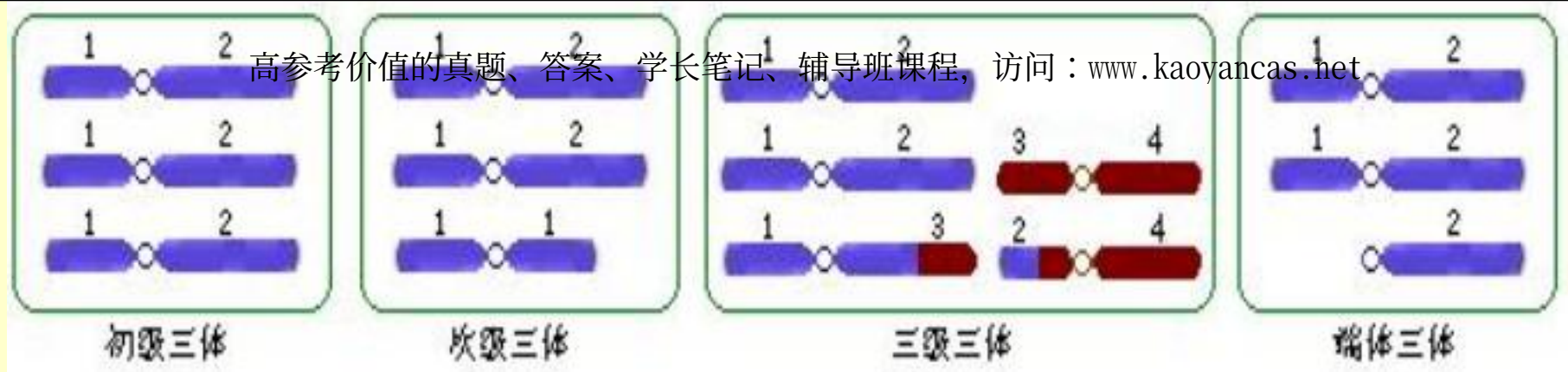
◆普通小麦($2n=2x=42$)具有21个三体，性状变异较小

◆人类: XXX, XXY XYY



a a child with Down syndrome.





- **初级三体 (primary trisomic)** 外加的染色体与其余两条染色体完全相同。
- **次级三体 (secondary trisomic)** 外加的染色体是一个等臂染色体。
- **三级三体 (tertiary trisomic)** 外加的染色体与另一对非同源染色体发生了相互易位，带有非同源染色体的一个片段。或者说，外加的染色体是由两个非同源染色体的各一段所组成。
- **端体三体 (telotrisomic)** 而外加染色体只有一个臂。

◆ 三体染色体联会与分离

(1) III 2/1

(2) II + I 2/1、1/1(单价体丢失)

◆ 形成四分体细胞： $n > n+1$

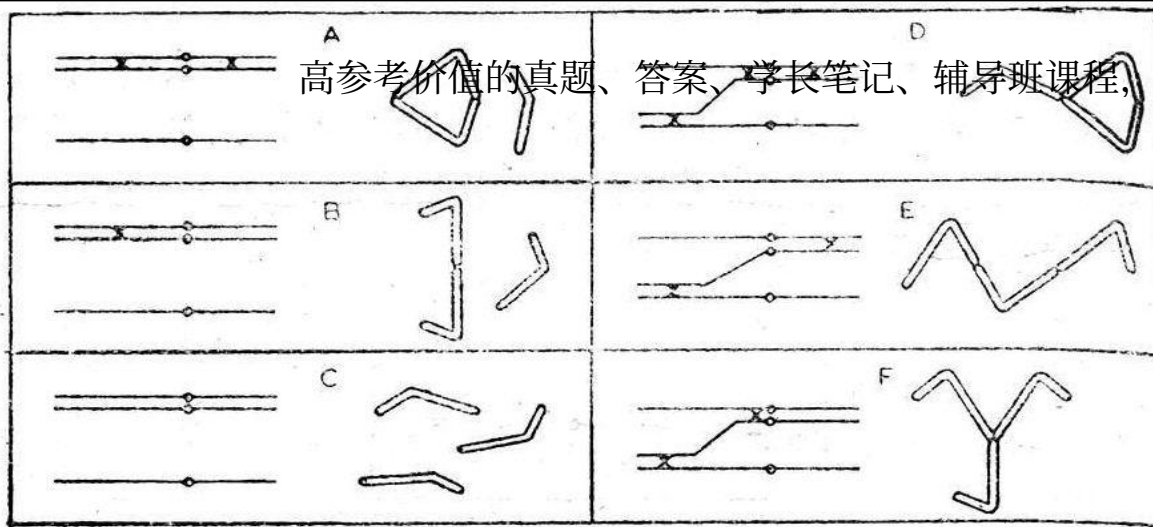
◆ 配子育性与受精结合

配子育性： $n > n+1$ ，尤其是在花粉中。 $n+1$ 配子主要通过雌配子传递

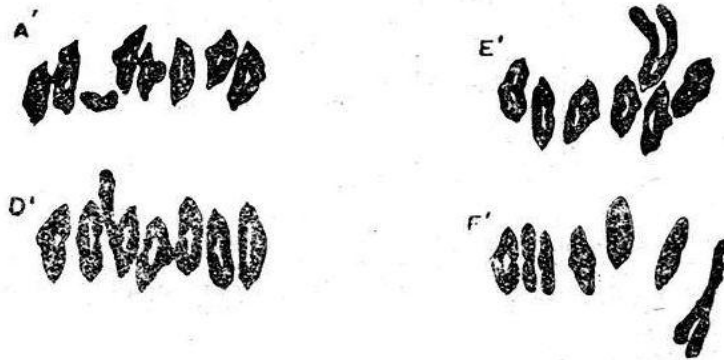
后代：小麦：双体(54.1%)，三体(45%)，四体(1%)

玉米 ♂ 三体1.4% 双体98.6%

♀ 三体24.5% 双体75.5%

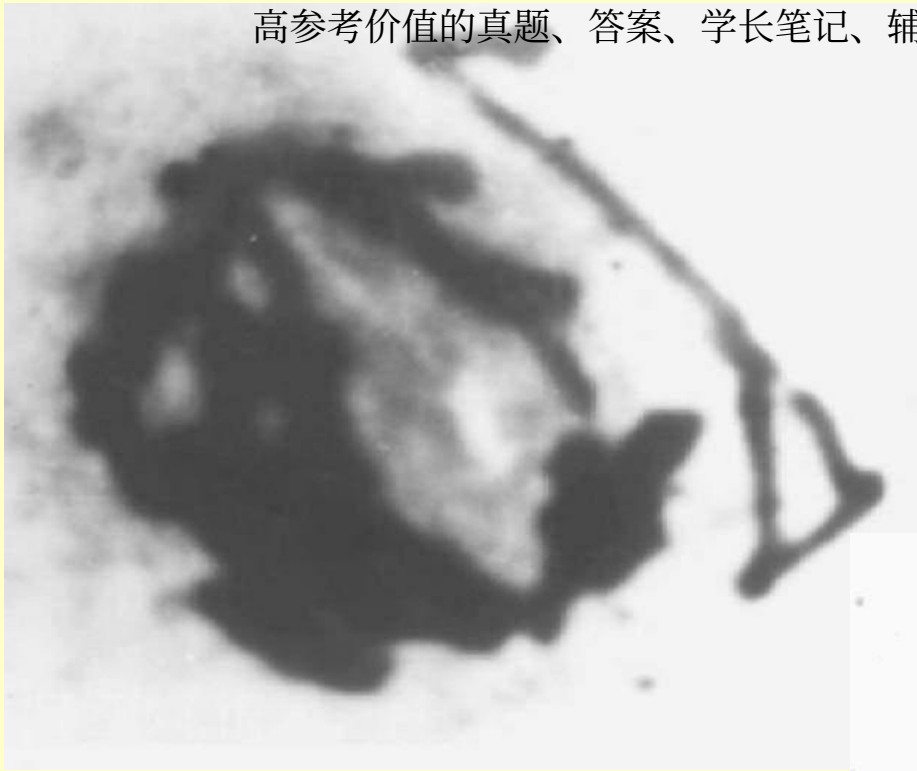


三体终变期：
链式三价体



三体染色体联会





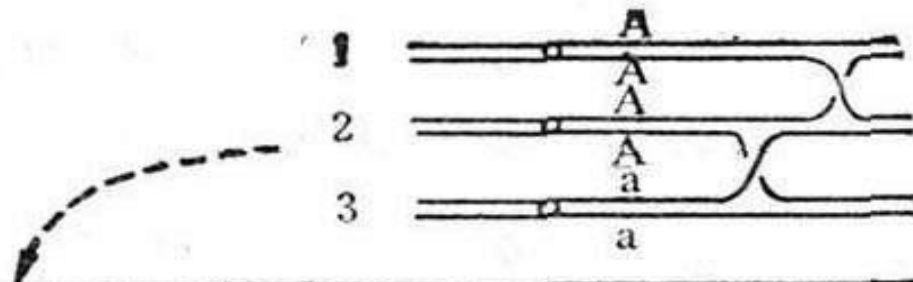
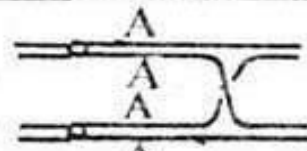
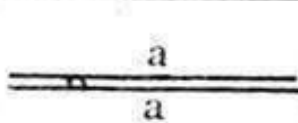
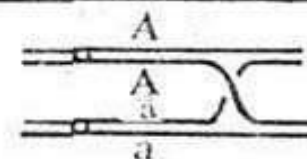
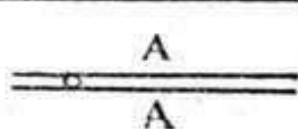
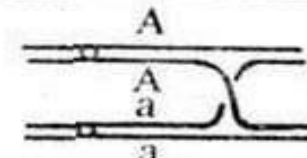
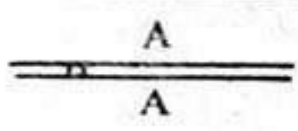
三体末期I:
落后三价体

三体后期I:
2/1式分离



复式三体的基因分离-染色体随机分离

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

						
第一后期 分离	二分子染色体数及其基因型		配子染色体数 及其基因型			
	$n + 1$	n	$n + 1$	n		
1, 2 / 3			AA	a		
			AA	a		
2, 3 / 1			Aa	A		
			Aa	A		
1, 3 / 2			Aa	A		
			Aa	A		
配子染色体数和基因型及其比例			AA	Aa	A	a
			1 : 2 : 2 : 1			

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

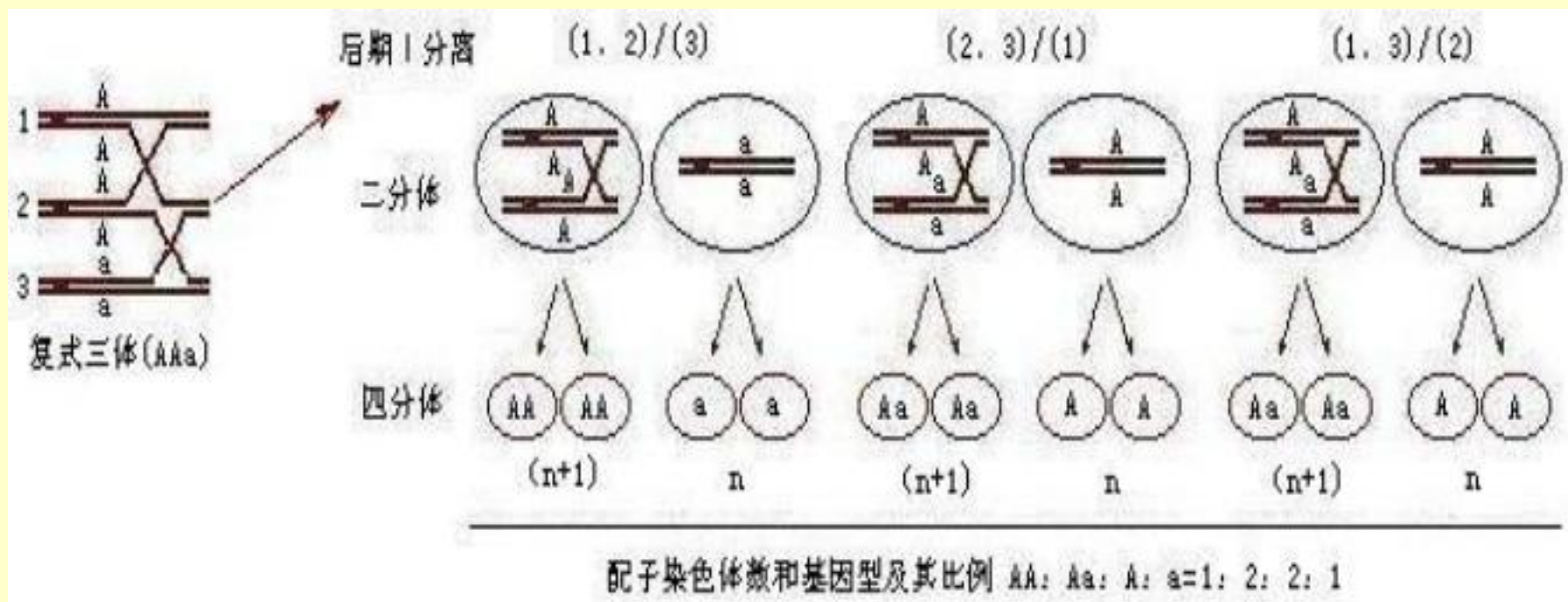


表7-5 复式三体和单式三体染色体随机分离的基因型和表现型比例

杂合基因型	配子基因型及比例	受精配子比例及自交子代表现型比例			
		雌配子 (n+1) : n=1:1 雄配子 (n+1) : n=1:1		雌配子 (n+1) : n=1:3 雄配子 (n+1) : n=0:1	
		显性[A]	隐性[a]	显性[A]	隐性[a]
AAa	1AA:2Aa:1aa	35	1	11	1
Aaa	2Aa:1aa	3	1	11	7

◆配子

n配子: A: 4; a: 2 (10:5)

n+1配子: AA: $C_4^2 = 6$;

Aa: $C_4^1 C_2^1 = 8$;

aa: $C_2^1 = 1$ (14:1)

配子: A: a = 24: 1

◆表型

母本: 3/4 (n+1) 配子受精;

父本 (n+1) 配子不授精;

表型: [A]: [a] = 10.3: 1

表7-6 复式三体 and 单式三体染色单体随机分离的基因型和表现型比例

杂合基因型	配子基因型及比例	受精配子比例及自交子代表现型比例			
		雌配子 (n+1) : n=1:1 雄配子 (n+1) : n=1:1		雌配子 (n+1) : n=1:3 雄配子 (n+1) : n=0:1	
		显性[A]	隐性[a]	显性[A]	隐性[a]
AAa	6AA:8Aa:1aa:10A:5a	24	1	10.3	1
Aaa	1AA:8Aa:6aa:5A:10a	2.5	1	1.5	1

●与同源四倍体相比

◆只有一个同源组具有四条染色体

◆后期 I 2/2式分离的比例更高

四体小麦自交:四体73.8%，三体23.6%，
双体1.9%

◆基因的分离与同源四倍体类似

◆生活力和配子的育性均更高

(五)、非整倍体的应用

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

1. 基因的染色体定位

(1). 利用单体进行基因定位

● 隐性基因定位

- 普通烟草黄绿突变(yg_2)的定位(过程)

- 单体定位机理

 - a表现双体与对应单体杂交(图)

 - a表现双体与非对应单体杂交(图)

● 显性基因定位

- 基本过程

● 普通烟草的黄绿突变型基因(隐性 yg_2)定位:

绿叶单体($2n-I_x$)(共24种) × 黄绿色叶型双体(yg_2yg_2)



杂种 F_1 (共24种)

(考察 F_1 性状表现)

23种 F_1 均表现为绿叶 仅与 $[2n-I_s]$ 杂种 F_1 表现为:

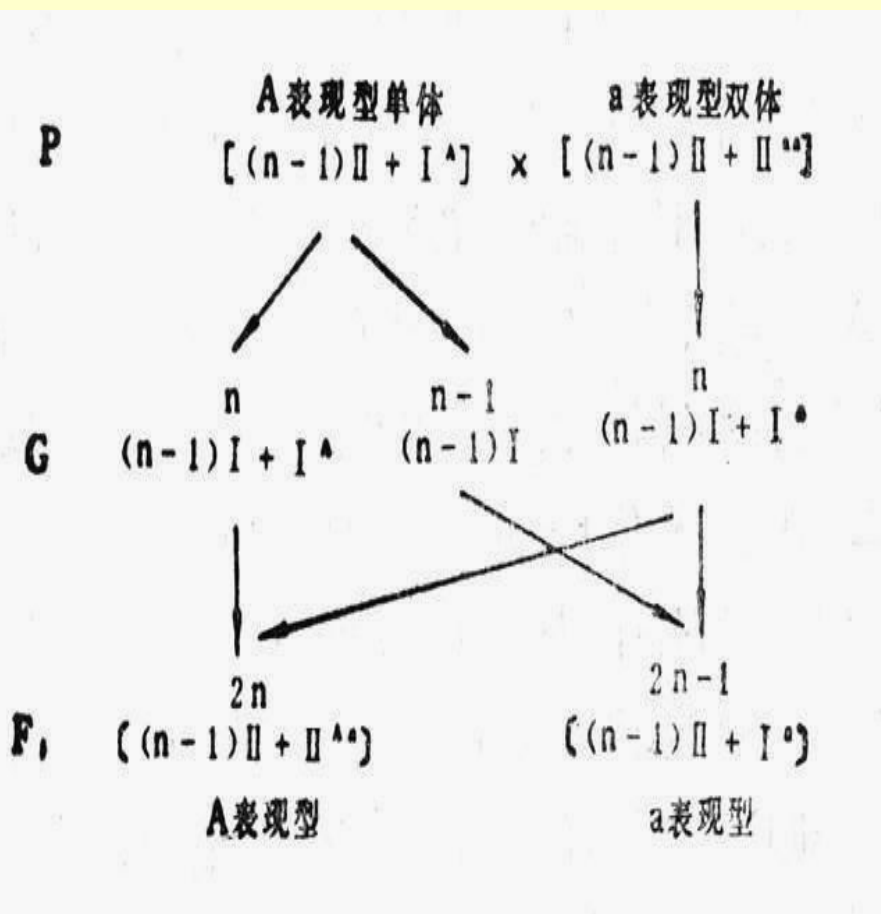
绿叶和黄绿叶两种

(检查 F_1 各个体的染色体数目)

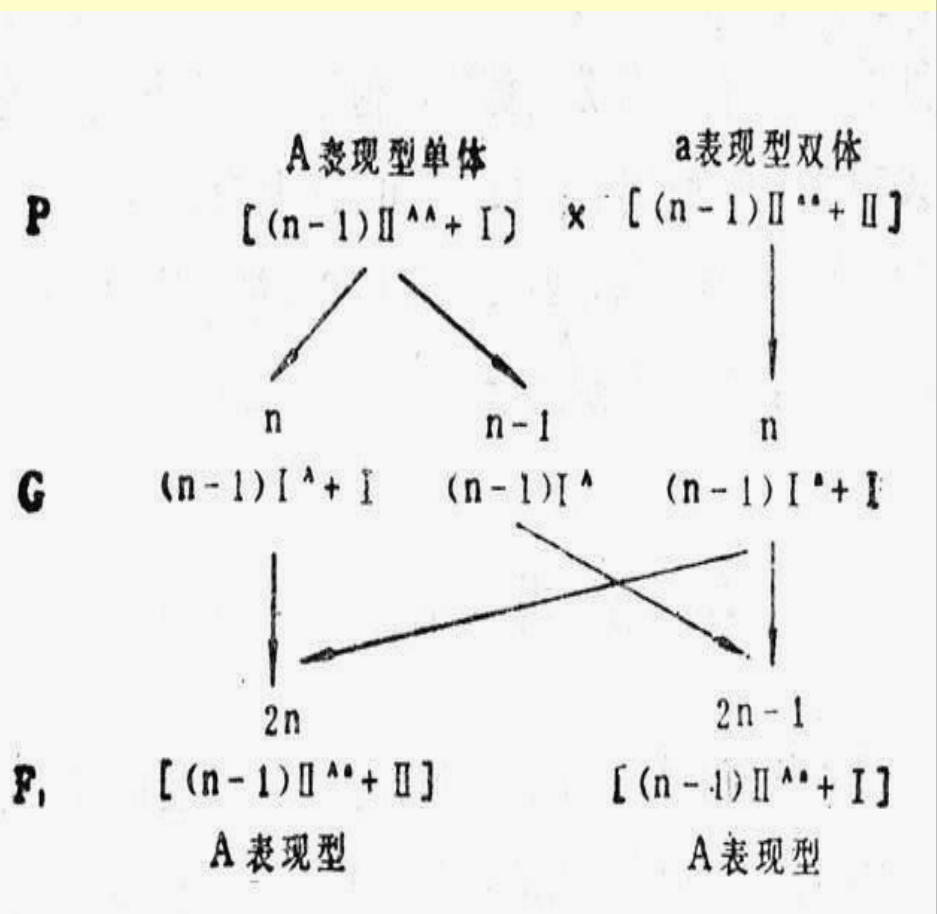
所有绿叶个体均为双体($2n$)

yg_2 基因位于S染色体上 → 黄绿叶个体均为单体($2n-1$)

***a*表现双体与对应单体杂交**



***a*表现双体与非对应单体杂交**



显性基因的单体定位过程

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

隐性单体系列(n 种) $\times$ 显性纯合双体(AA)



杂种 F_1 (均表现为显性)(n 种)

(进行染色体数目鉴定)

(单体↓自交)

F_2 (n 种)

(鉴定性状表现、鉴定隐性 F_2 的染色体数目)

$n-1$ 种隐性 F_2 含双体、单体、缺体各种类型

只有1种 F_2 双体、单体均为显性 ← 基因所在

1. 基因的染色体定位

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

(2).利用三体进行隐性基因定位

● 双体

- 自交后代表现型比例=3显:1隐
- 测交后代表现型比例=1显:1隐

● 三体

- 自交后代表现型比例 $\neq$ 3显:1隐
- 测交后代表现型比例 $\neq$ 1显:1隐

小麦抗病品种： $20\text{II}+_{6\text{B}}\text{II}^{\text{RR}}$;

不抗病6B单体： $20\text{II}+_{6\text{B}}\text{I}^{\text{r}}$;

$20\text{II}+_{6\text{B}}\text{I}^{\text{r}}$; $\times$ $20\text{II}+_{6\text{B}}\text{II}^{\text{RR}}$



$20\text{II}+_{6\text{B}}\text{II}^{\text{Rr}}$ (双体抗病) $20\text{II}+_{6\text{B}}\text{I}^{\text{R}}$ (单体抗病)



$20\text{II}+_{6\text{B}}\text{II}^{\text{RR}}$

小麦：

$AABBDDRR \times AABBDD$

$\downarrow$
 $AABBDD+R$ (7I)

$\downarrow$
(2n+1) : $AABBDD+I_{1R}$
 $AABBDD+I_{2R}$

.....

$ABD+I_R \times ABD-I_T$

$\downarrow$
 $20II+I_T+I_R$

(异代换系)

$\downarrow \otimes$
 $20II_T+II_R$

异附加系：

$AABBDD+II_{1R}$

.....

$\otimes$

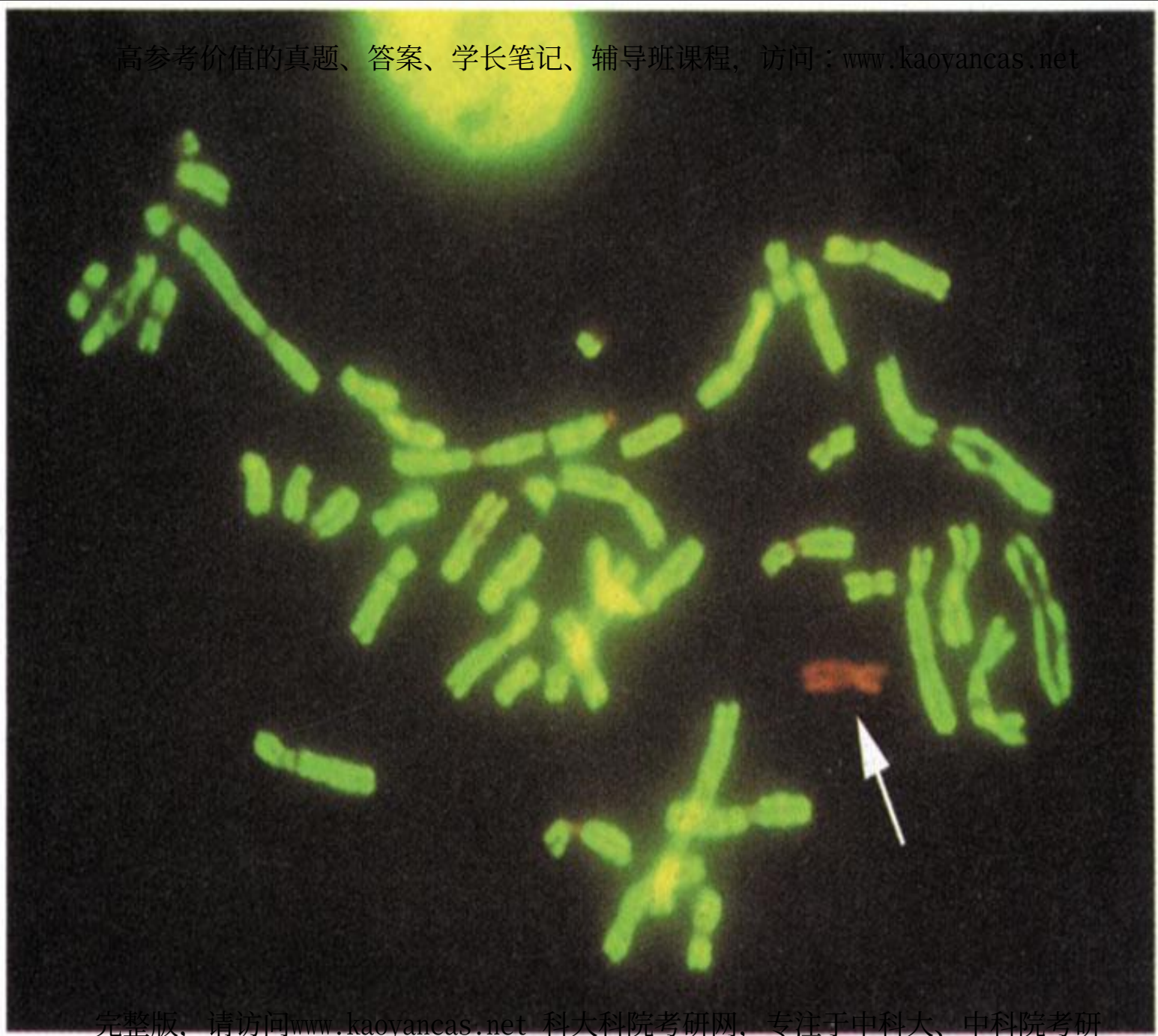
缺体

$21II-6DII \times 20II+6DII^{RR}$

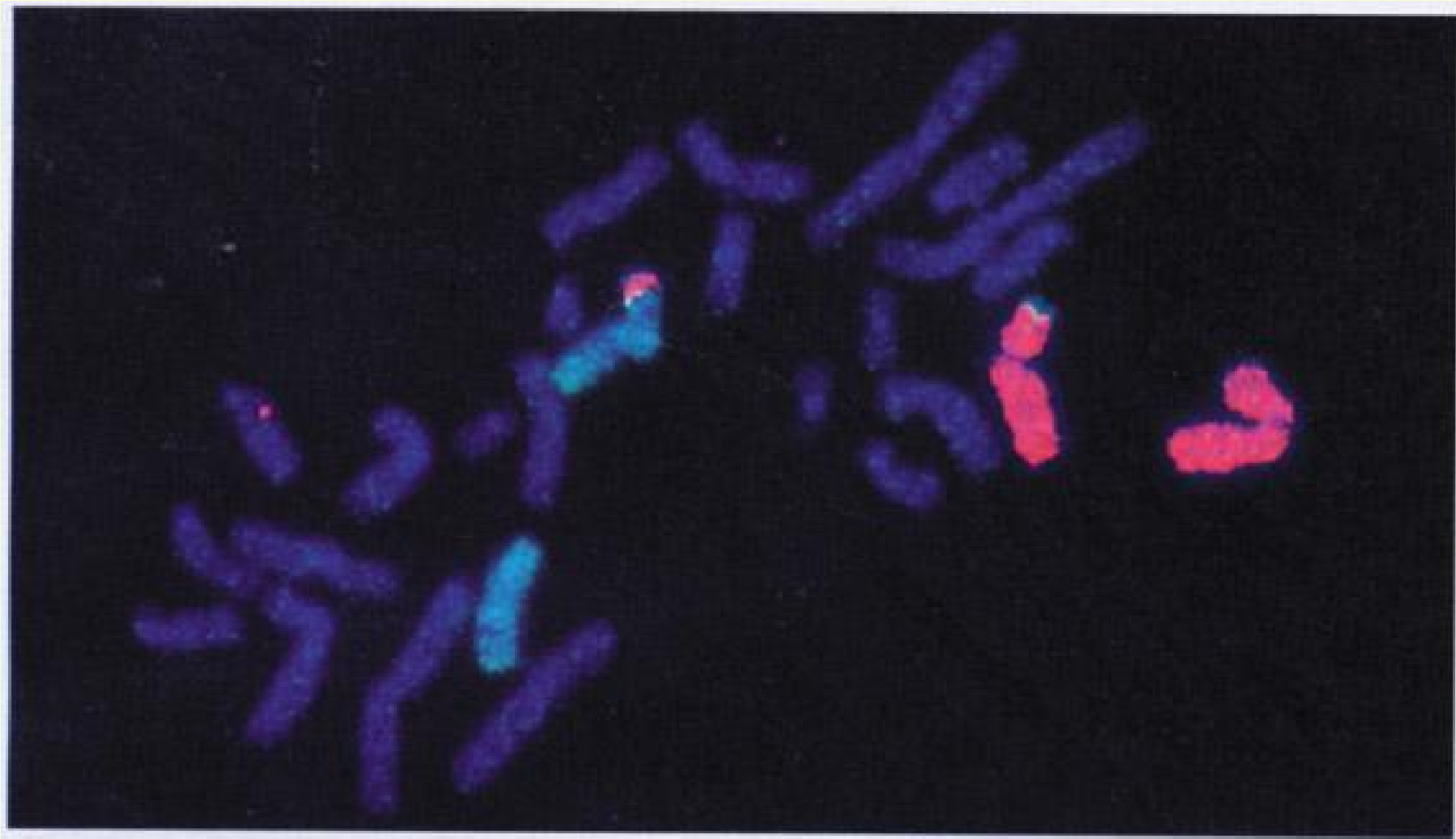
$\downarrow$
 $20II+6DI^R$

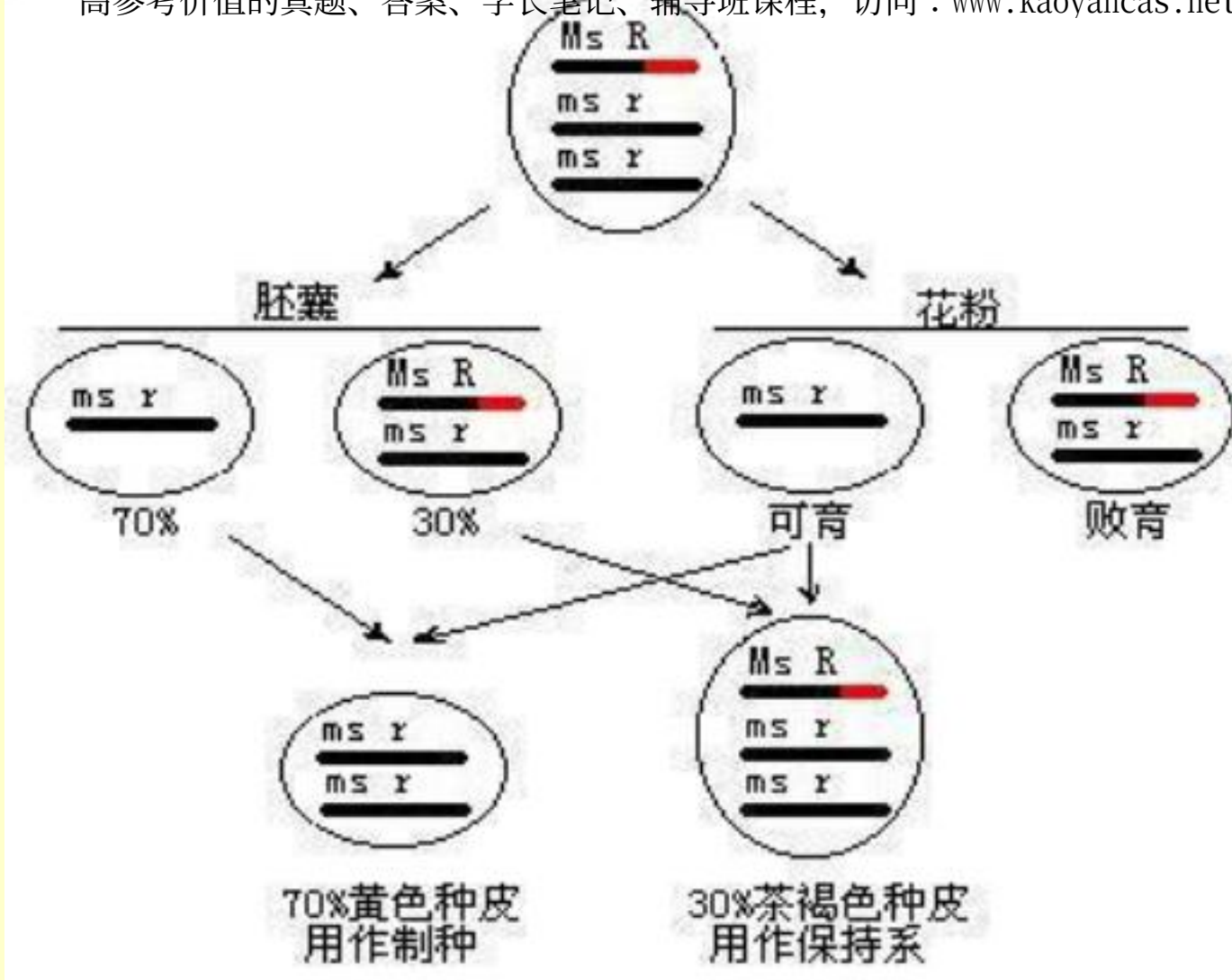
$\otimes$

$\downarrow$
 $20II+6DII^{RR}$









大麦三级三体的保持

本章重点

- 染色体数目变异类型（整倍体和非整倍体）
- 同源多倍体的联会和分离
- 多倍体形成途径
- 单倍体特点及其应用
- 三体的联会与分离
- 利用单体进行基因的染色体定位

作业