

# Poliploidia e evolução

## ■ Poliploidia

- **Definição:** Mais de dois conjuntos básicos de cromossomos;
- **Ex. Tetraplóide:**  $2n=4x$
- **Winkler 1916**

## ■ Classificação

- **Com base na similaridade dos genomas:**
  - **Autopoliplóides**
  - **Alopoliplóides**
- **Com base na similaridade e relação próxima com tipos extintos (Ehrendorfer, 1980):**
  - **Neopoliplóides**
  - **Mesopoliplóides**
  - **Paleopoliplóides**
- **Poliplóide críptico:** Quando há uma drástica redução no número de cromossomos que mascara a natureza poliplóide da espécie.

# Importância da Poliploidia

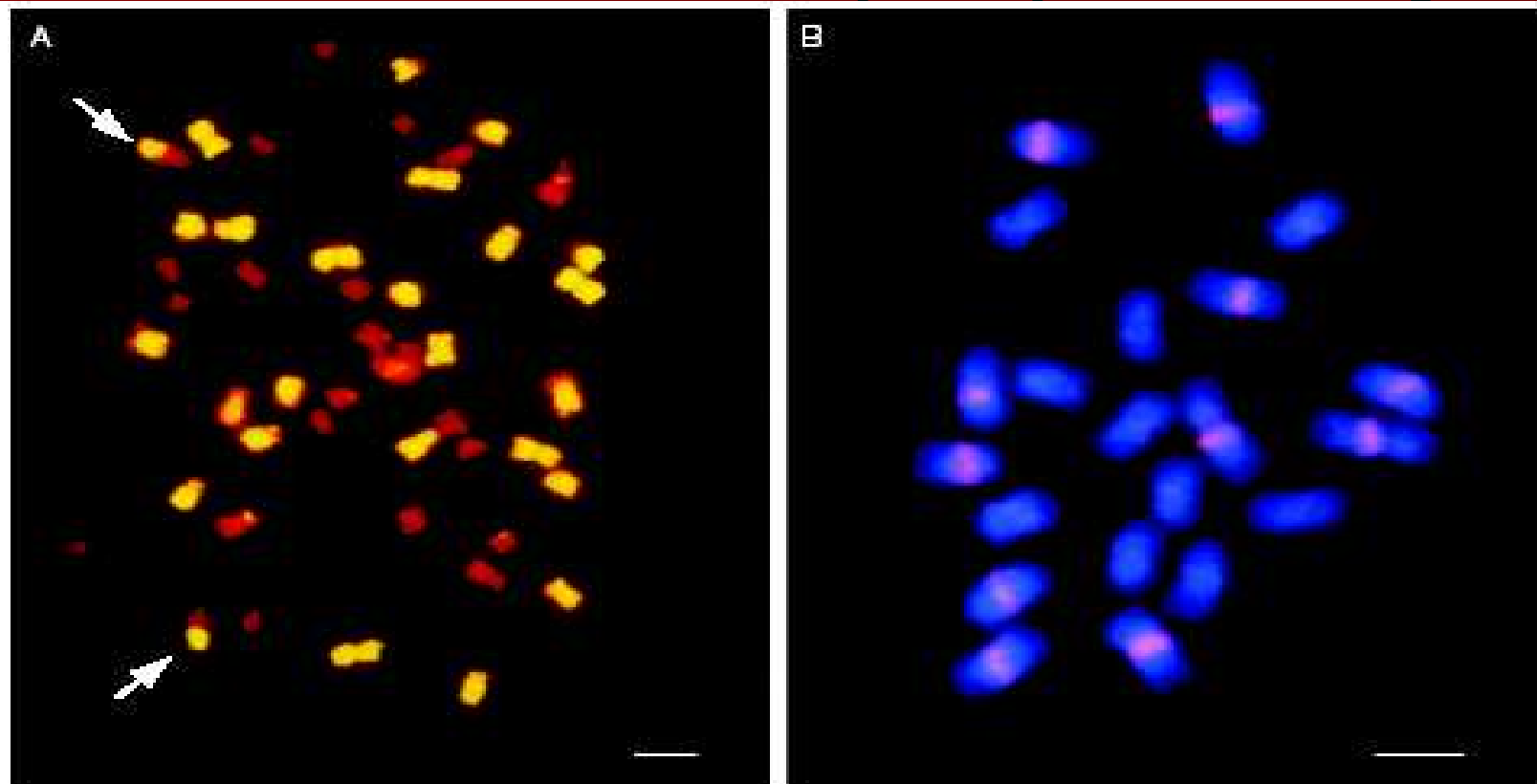
**Table 1.** Diploids and polyploids among all the world's top crops grown on over 10 million hectares, ranked by area harvested (Ha) – FAO [www.2002\\*](http://www.fao.org)

Rank	Crop	Polyploid(s)	Diploid(s)
1	Wheat	210 785 147	
2	Rice, Paddy <sup>†</sup>	146 029 456	
3	Maize	138 896 695	
4	Soybeans	79 167 520	
5	Barley		54 012 738
6	Sorghum	42 103 351	
7	Millet		36 885 951
8	Seed cotton	32 281 621	
9	Groundnuts in shell	25 863 695	
10	Beans, dry		24 698 382
11	Rapeseed	22 855 090	
12	Sugar cane	19 733 548	
13	Sunflower seed		19 568 213
14	Potato	19 256 031	
15	Cassava	16 907 529	
16	Alfalfa for forage + silage	15 870 041	
17	Oat	13 493 832	
18	Coconut		10 792 364
19	Oil palm fruit	10 782 450	
20	Chickpea		10 660 511
21	Coffee, green	10 644 040	
	<b>Total</b>	<b>804 670 046</b> (83.7%)	<b>156 618 159</b> (16.3%)

\*Site for FAO statistics: <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture> (accessed Feb. 2002).

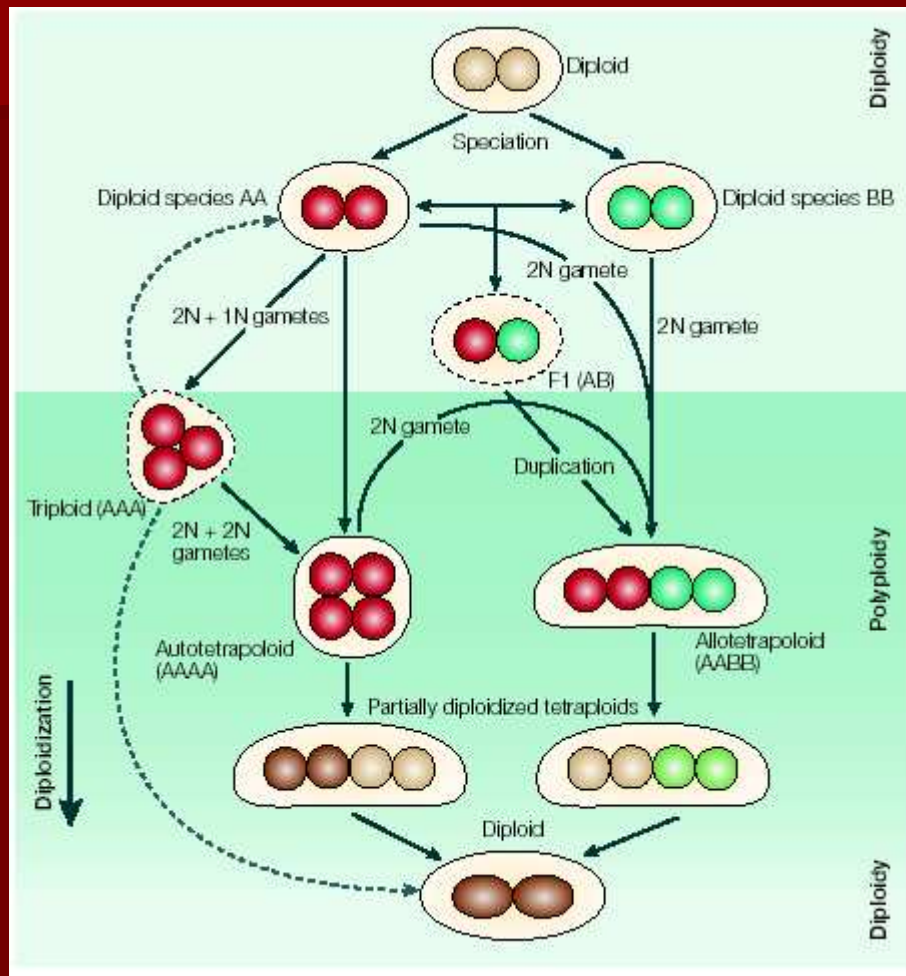
<sup>†</sup>Rice (*Oryza sativa*) is listed as a polyploid because studying its draft DNA sequence showed that 59% of markers were present as two or more copies, indicating an apparent whole genome duplication (Goff *et al.*, 2002).

# Evidências de aloploidização



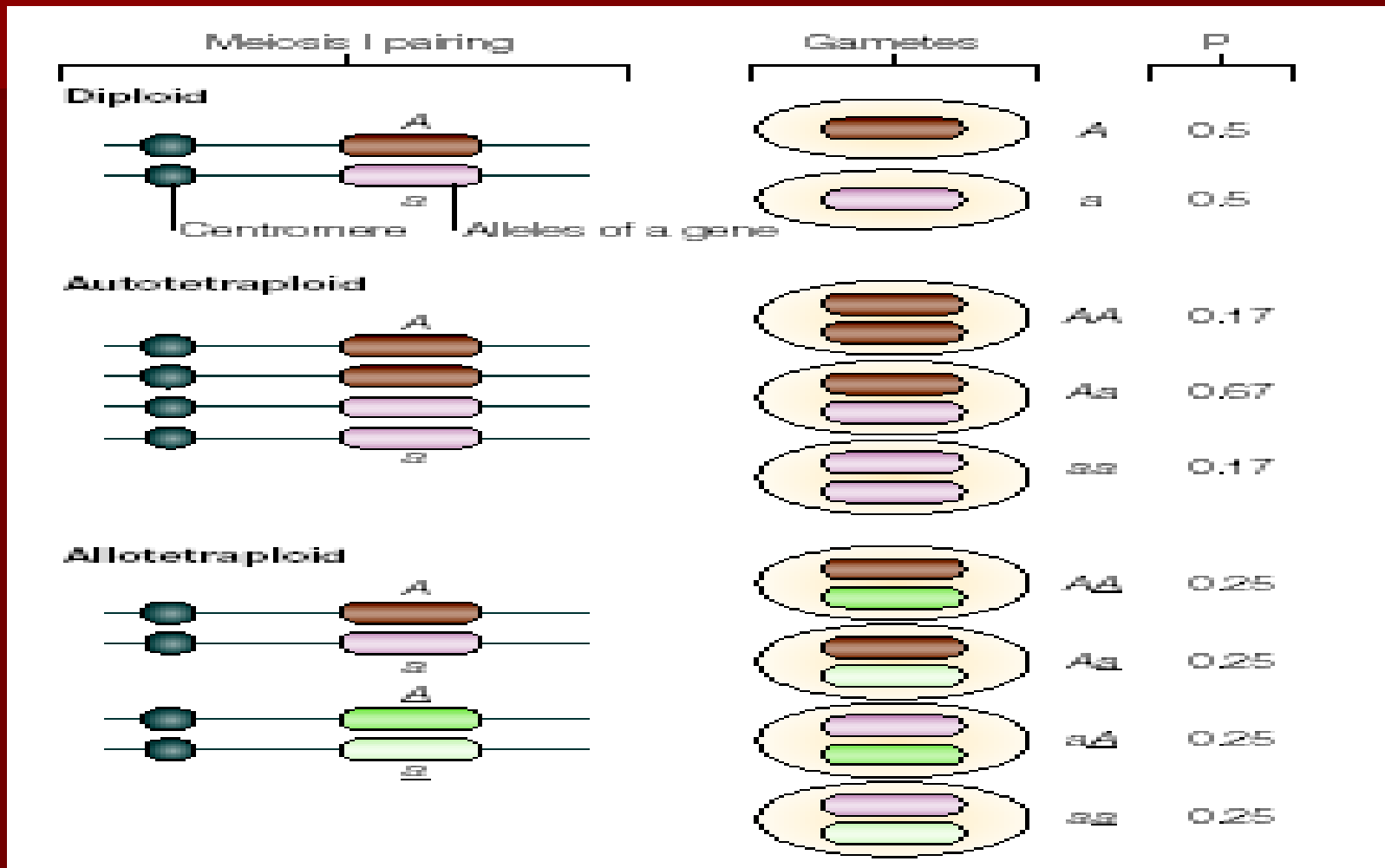
**Figure 1.** Novel views of chromosomes in polyploid taxa using molecular techniques. **A**, GISH on a root tip metaphase of *Nicotiana tabacum* ( $2n = 4x = 48$ ) probed with total genomic DNA from *N. sylvestris* ( $2n = 2x = 24$ ) confirms its allopolyploid nature, and shows intergenomic recombination between S and T genome chromosomes (arrowed). Reproduced with permission from Kenton *et al.*, (1993) *Molecular and General Genetics* **240**: 159–169. Scale bar = 5  $\mu$ m. **B**, Fluorescent *in situ* hybridization (FISH) of *Sorghum bicolor* bacterial artificial chromosome (BAC 22B2) to *S. bicolor* root tip metaphase chromosomes in a cell trisomic ( $2n = 20 + 1$ ) for chromosome E with strong FISH signals on centromeres of 11 chromosomes (labelled pink) but weak or no signal on ten chromosomes provides strong evidence that *S. bicolor* is at least of allotetraploid origin ( $2n = 4x = 20$ ) with five chromosomes in each genome (from G6mez *et al.*, 1998, *Journal of Heredity* **89**: 188–190, with permission). Scale bar = 2  $\mu$ m.

# Formação dos Poliplóides - Diploidização



Diploidização: Gradual conversão de um poliplóide a condição diplóide pela mudança genética que diferencia os locos duplicados.



# Segregação nos Poliplóides



# Vantagens da Poliploidia

## ■ Vantagens da poliploidia

### – Heterose: Vigor

- Fixação de genomas parentais divergentes em alopoliplóides   
Pareamento entre homólogos  Prevenção de recombinação intergenômica;
- Pode ser explorada em estágios 1n (haplóides) em plantas poliplóides;
- Organismos autopoliplóides são mais vigorosos que os diplóides, porém suportam menos os efeitos da endogamia

### – Redundância gênica:

- Mascara os efeitos deletérios da mutação
  - Diplóide heterozigoto:  $\frac{1}{4}$  aa
  - Autopoliplóide: entre  $\frac{1}{36}$  a  $\frac{1}{22}$  homozigotos do tipo aaaa
  - Alopoliplóide:  $\frac{1}{16}$  aaaa

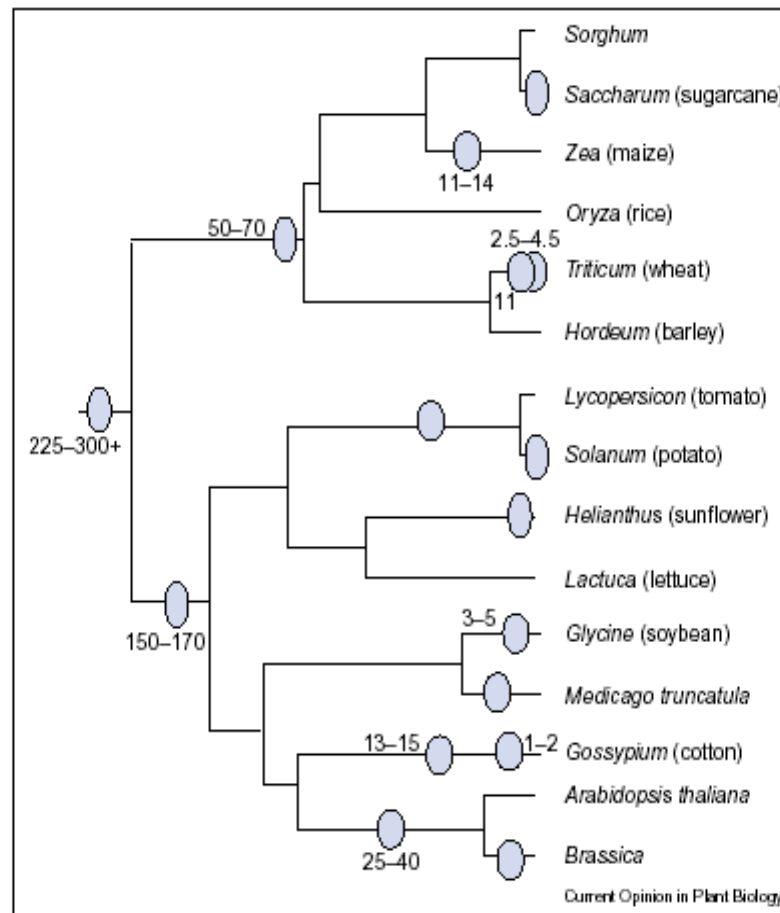
### – Reprodução assexuada

- Pode ocasionar a perda da funcionalidade do alelo de incompatibilidade tornando a planta autocompatível e assim permitindo a autofertilização.
- Favorece o surgimento da reprodução assexual.

# Desvantagens da Poliploidia

- Mudanças na arquitetura celular e implicações regulatórias
  - Aumento do conteúdo genômico usualmente causa o aumento celular e muda as relações entre os componentes celulares bi e tridimensional: cromatina e envelope nuclear
    - Solução: aumento da quantidade de DNA
- Dificuldade na mitose
  - Geração de células aneuplóides: nematóides
- Dificuldades na meiose
  - Autopoliplóides:
    - Associação multivalente na MI e segregação irregular (3:1 ou 2:1)
    - Pareamento bivalente é uma adaptação que estabiliza o poliplóide
  - Alopólplóide
    - Em alopólplóides o pareamento entre homólogos (bivalentes) é reforçado por mecanismos genéticos
      - Trigo hexaplóide: gene ph 1 – impede pareamento entre cromossomos homeólogos
      - Brassicas
- Mudanças Regulatórias na expressão gênica
- Instabilidade Epigenética
  - Epigenética: mudança estável mitoticamente na expressão gênica que depende não em mudança na seqüência de DNA mas na modificação covalente do DNA ou proteínas como as histonas.

# Poliploidia é recorrente?????



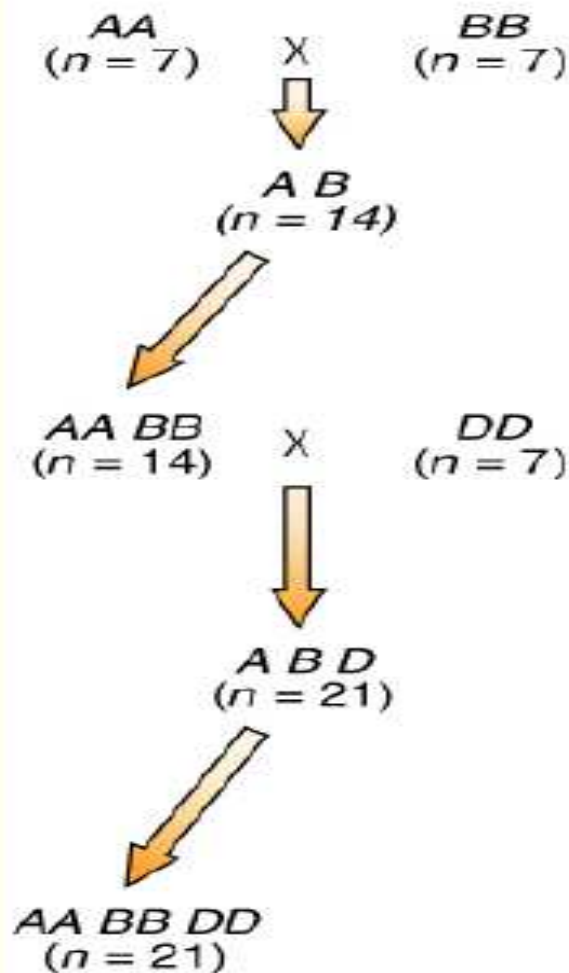
Inferred polyploidy events during the evolution of angiosperms. The figure shows species that were analyzed by Blanc and Wolfe [18\*\*] and by Paterson *et al.* [14\*]. Blue shaded ovals indicate suspected large-scale duplication events. Branch lengths are not to scale. Numbers indicate roughly estimated dates (in millions of years) since the duplication event. Figure modified from [18\*\*].



# Potencial Evolucionário

- Mudanças Epigenéticas
  - Aumentam a diversidade
  - Aumentam a plasticidade
  - Aumentam a heterose
    - Contribuem para a adaptação potencial dos poliplóides
- Silenciamento de genes
- Ativação de genes

# Alopoliplóide Natural – Trigo ( $2n=6x$ )



- 1** Two diploid species cross to produce a hybrid with two different sets of chromosomes in its genome.
- 2** The chromosomes in the hybrid double to form a tetraploid.
- 3** The tetraploid hybrid crosses with another diploid species to produce a plant with three different sets of chromosomes in its genomes.
- 4** The chromosomes in the triple hybrid double to form a hexaploid.
- 5** Modern bread wheat is a hexaploid hybrid of three different species.

# Cromossomos Homeólogos

- **Cromossomos de dois conjuntos diferentes que podem ou não apresentar alguma homologia;**
- **Pareamento alo sindético**
  - **pareamento entre cromossomos pertencentes a diferentes genomas: alosindético, entre homeólogos.**
- **Pareamento auto sindético**
  - **pareamento entre cromossomos pertencentes ao mesmo genoma: auto sindese, entre homólogos**

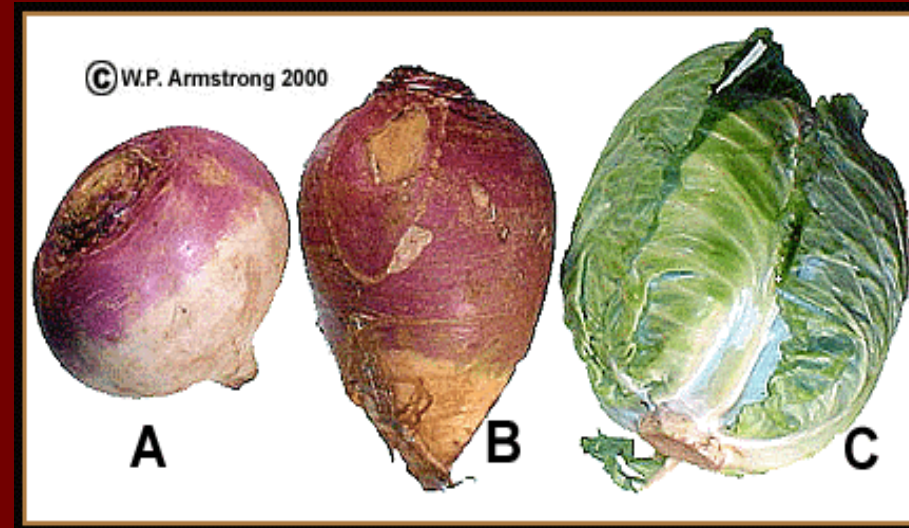
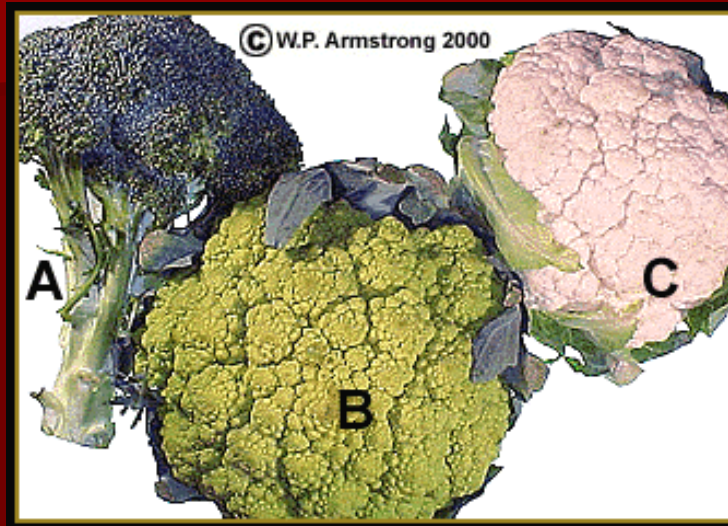
# Cromossomos homeólogos

**Exemplo: Trigo ( $2n=6x=42$ ;  $n=21$ ;  
 $x=7$ )**

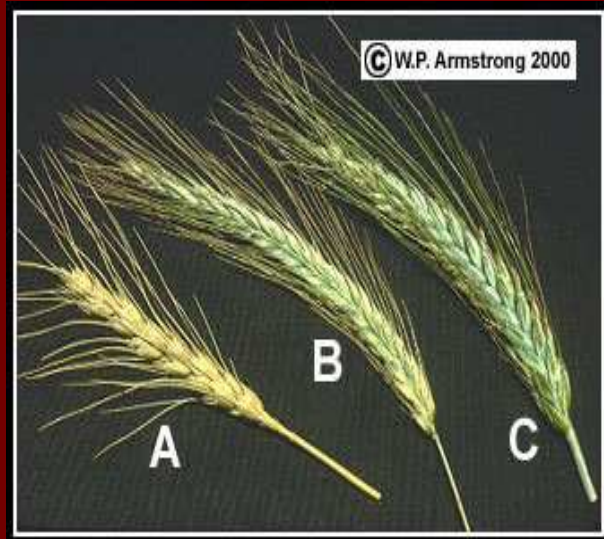
<b>Genoma</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>.....7</b>
<b>A</b>	<b>1A</b>	<b>2A</b>	<b>3A</b>	<b>.....7A</b>
<b>B</b>	<b>1B</b>	<b>2B</b>	<b>3B</b>	<b>.....7B</b>
<b>D</b>	<b>1D</b>	<b>2D</b>	<b>3D</b>	<b>.....7D</b>

**Cromossomo 1A é homeólogo de 1B e de 1D**

# Alopoliplóides artificiais



# Triticale

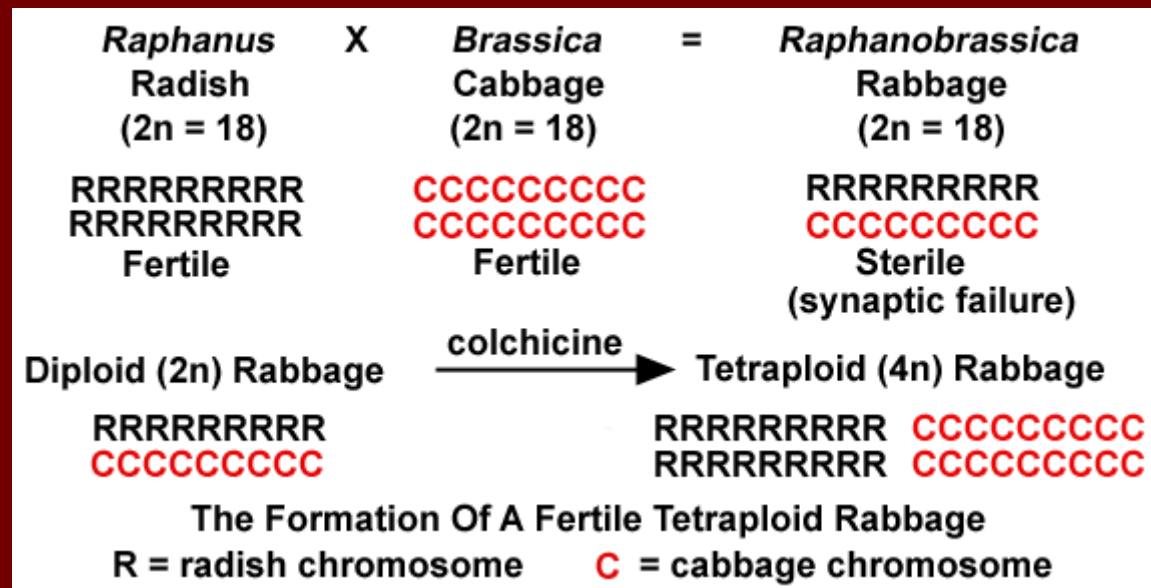
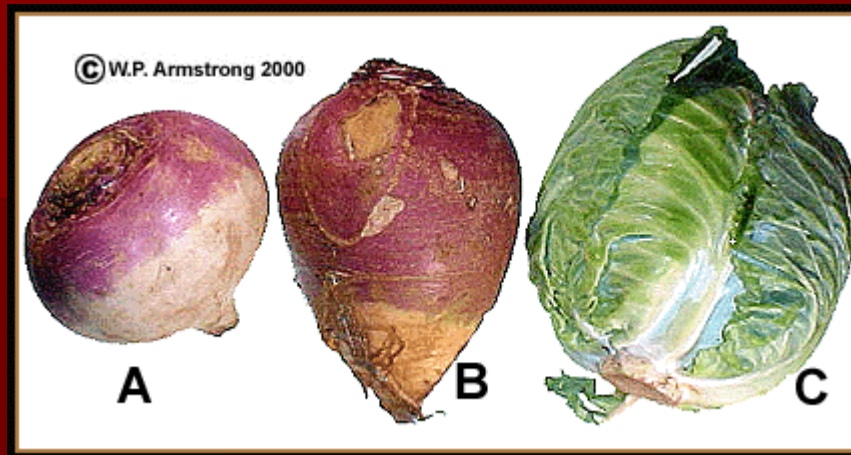


Rye (*Secale cereale*) x Bread Wheat (*Triticum aestivum*)  
Diploid Sporophyte = 14                      Hexaploid Sporophyte = 42  
haploid gamete:  $n = 7$                       triploid gamete:  $3n = 21$

Rye ( $n = 7$ ) + Wheat ( $3n = 21$ ) = Triticale ( $4n = 28$ )  $\xrightarrow{\text{colchicine}}$  Triticale ( $8n = 56$ )

Rye (*Secale cereale*) x Durum Wheat (*Triticum turgidum*)  
Diploid Sporophyte = 14                      Tetraploid Sporophyte = 28  
haploid gamete:  $n = 7$                       diploid gamete:  $2n = 14$

Rye ( $n = 7$ ) + Wheat ( $2n = 14$ ) = Triticale ( $3n = 21$ )  $\xrightarrow{\text{colchicine}}$  Triticale ( $6n = 42$ )



# Banana - Alotriplóide



*Musa acuminata* (Asian Banana) × *Musa balbisiana* (Asian Banana) = *Musa X paradisiaca* (Hybrid Banana)  
AA (fertile)                      BB (fertile)                      AAB or ABB (etc.) (sterile)

Origin Of Triploid Banana From Asian Parents

A = one haploid set of chromosomes from *M. acuminata*

B = one haploid set of chromosomes from *M. balbisiana*