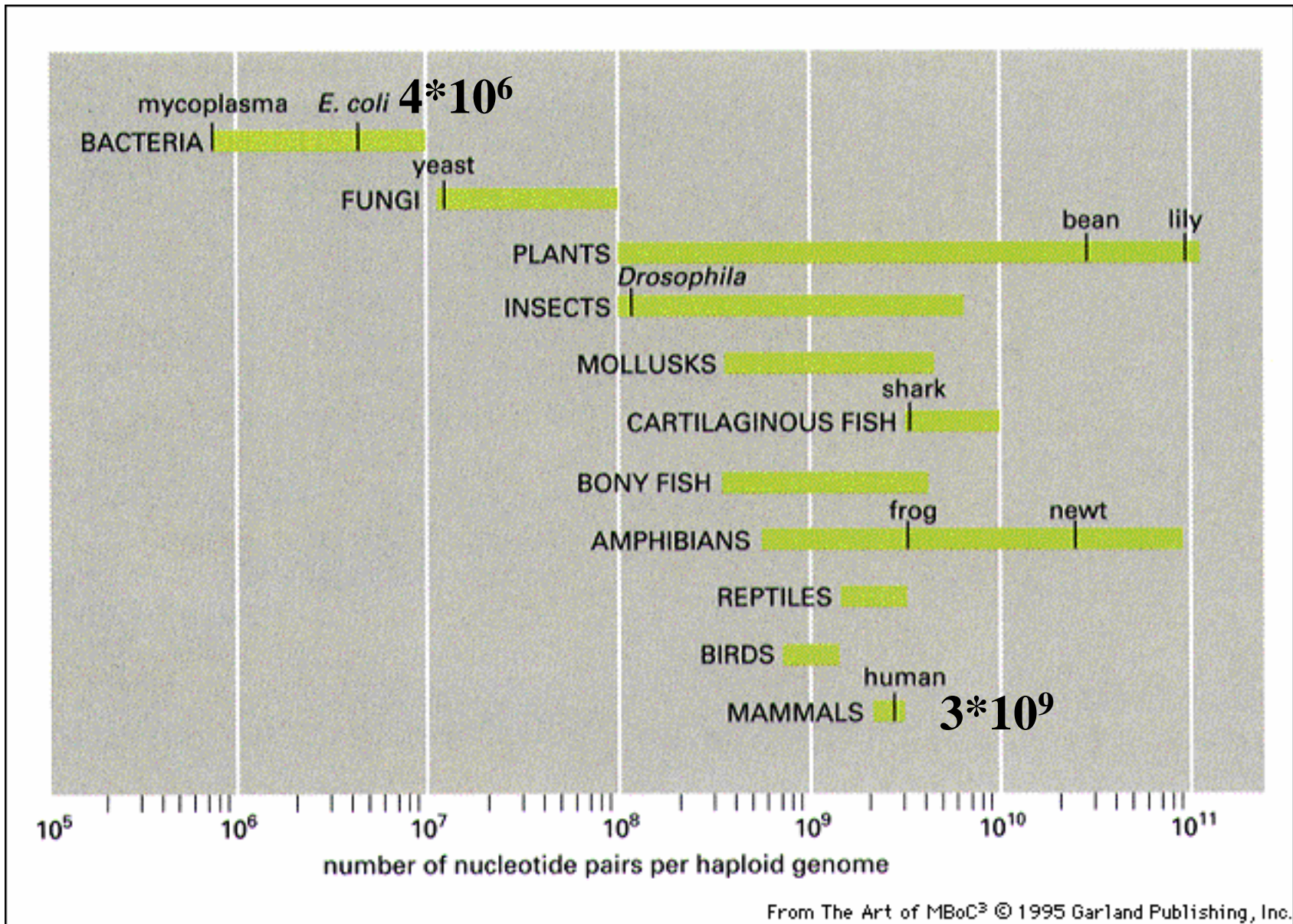


# DNS csomagolás

# Prokarióta és eukarióta genomok mérete



**E. coli**  $4 \cdot 10^6$  bázispár  $\rightarrow$  (3 bázis = 1 aminosav)  $\rightarrow 10^6$  aminosav

Átlagos fehérje: 300 aminosav

$\sim 3 \cdot 10^3$  fehérjét kódol az E. coli genomja

2 – 4000 gén/ baktérium

**Humán**  $3 \cdot 10^9$  bázispár  $\rightarrow \rightarrow 3 \cdot 10^6$  gén

Humán genom  $\sim 40\,000$  gén

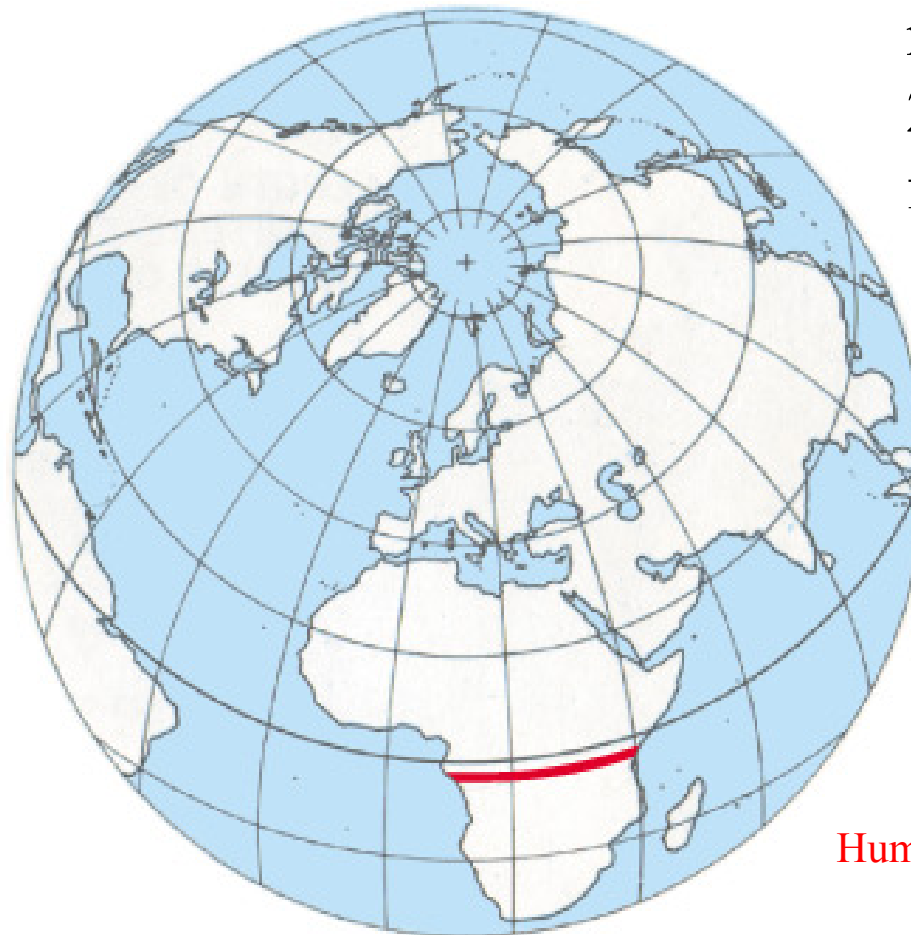
- Eukariótákban nincs egyenes arány a DNS mennyiség és gének száma között
- DNS nem csak fehérje kódolás



(A) Ha a nukleotidok távolsága 1 mm

„Tenniszlabda  
méretű sejtmagba  
20-40 km DNS  
fonál”

Humán DNS  
kinyújtva:  
2 méter

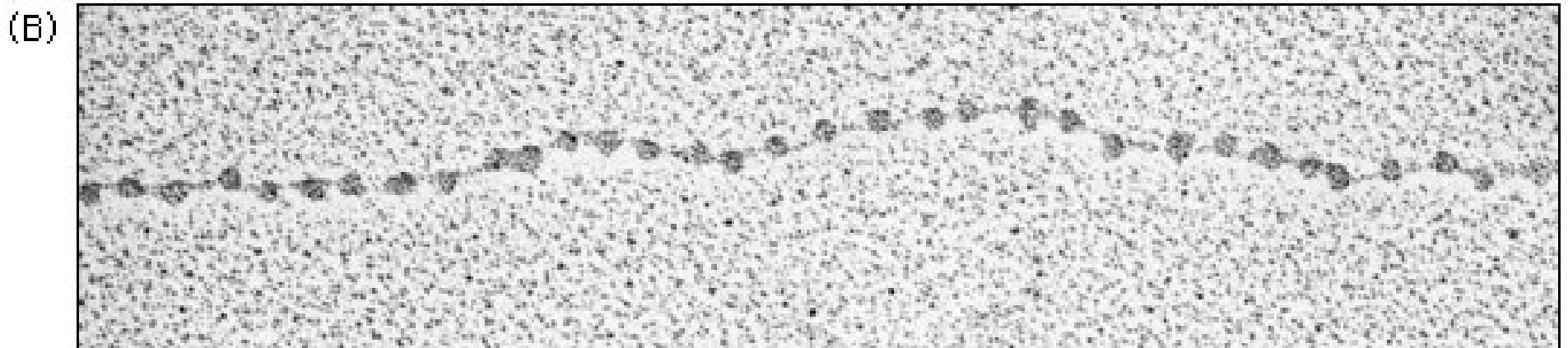
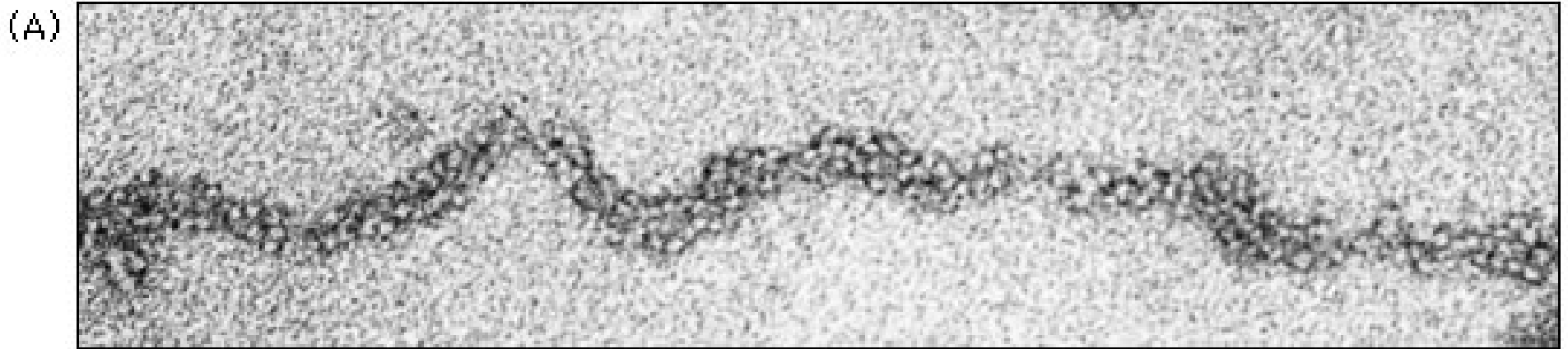


Humán genom

(B)

Figure 4–16. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

## A nukleoszómák elektronmikroszkópos felvételén



50 nm

„gyöngyök a zsinóron”

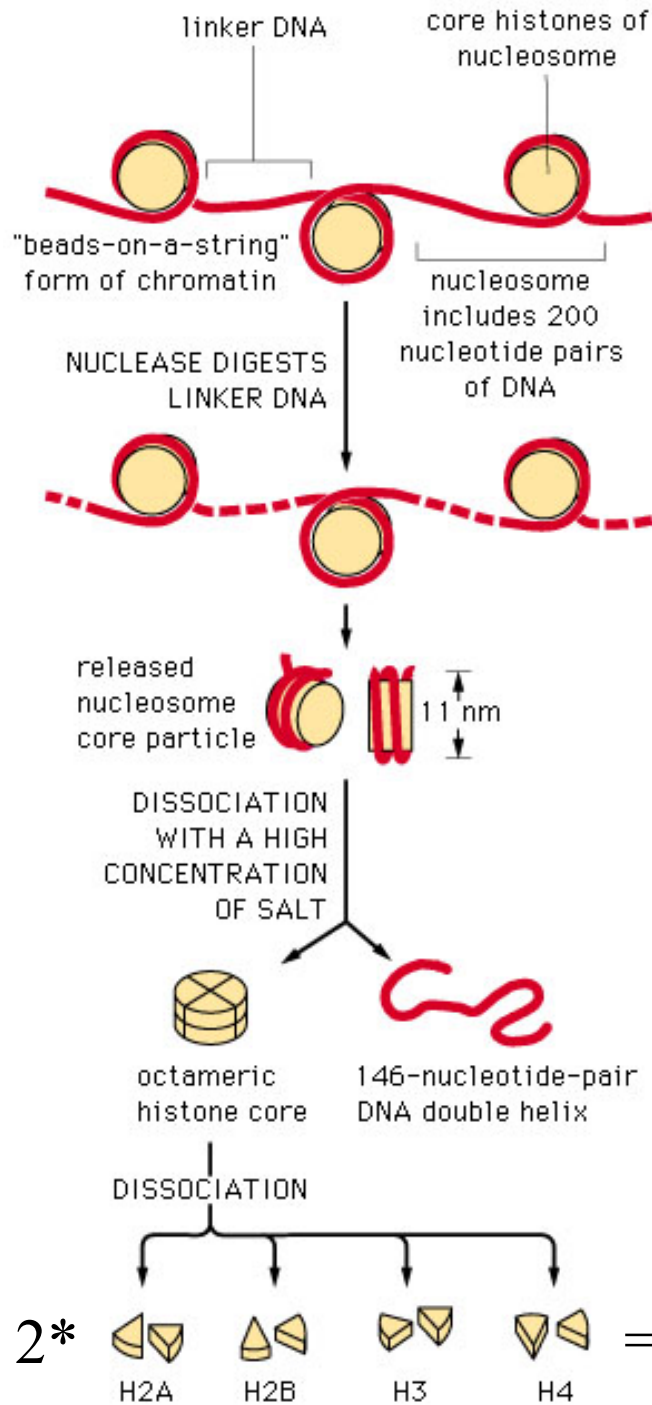
DNS + fehérje = kromatin

Hiszton

Nem hiszton

Nukleoszóma

©1998 GARLAND PUBLISHING



146 nukleotid pár  
 rátekeredve egy  
 nukloszómára

összekötő szakasz  
 0-80 bázispár

DNS tömeg  $\approx$  Hiszton tömeg

Replikációkor épül be, sok kell hirtelen  
 $\sim 20$  kópia minden hisztonból a gerinces  
 genomban

2\*  = Oktamer

nukleoszómás  
 hisztonok

## A H4-hisztin aminosavsorrendje

Nukleosómás hisztonok:  
~ 120 aminosav (rövid)

DNS – sav  $\ominus$ töltés

hiszton – bázis  $\oplus$ töltés

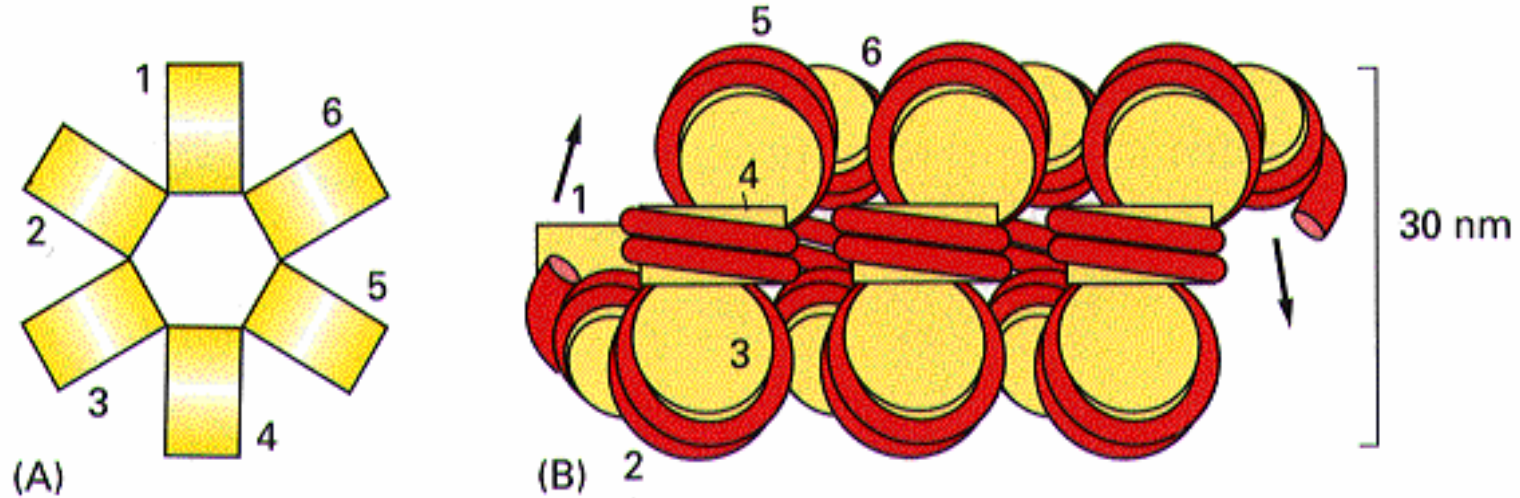


Bázikus aminosavak  
K - lizin  
R - arginin

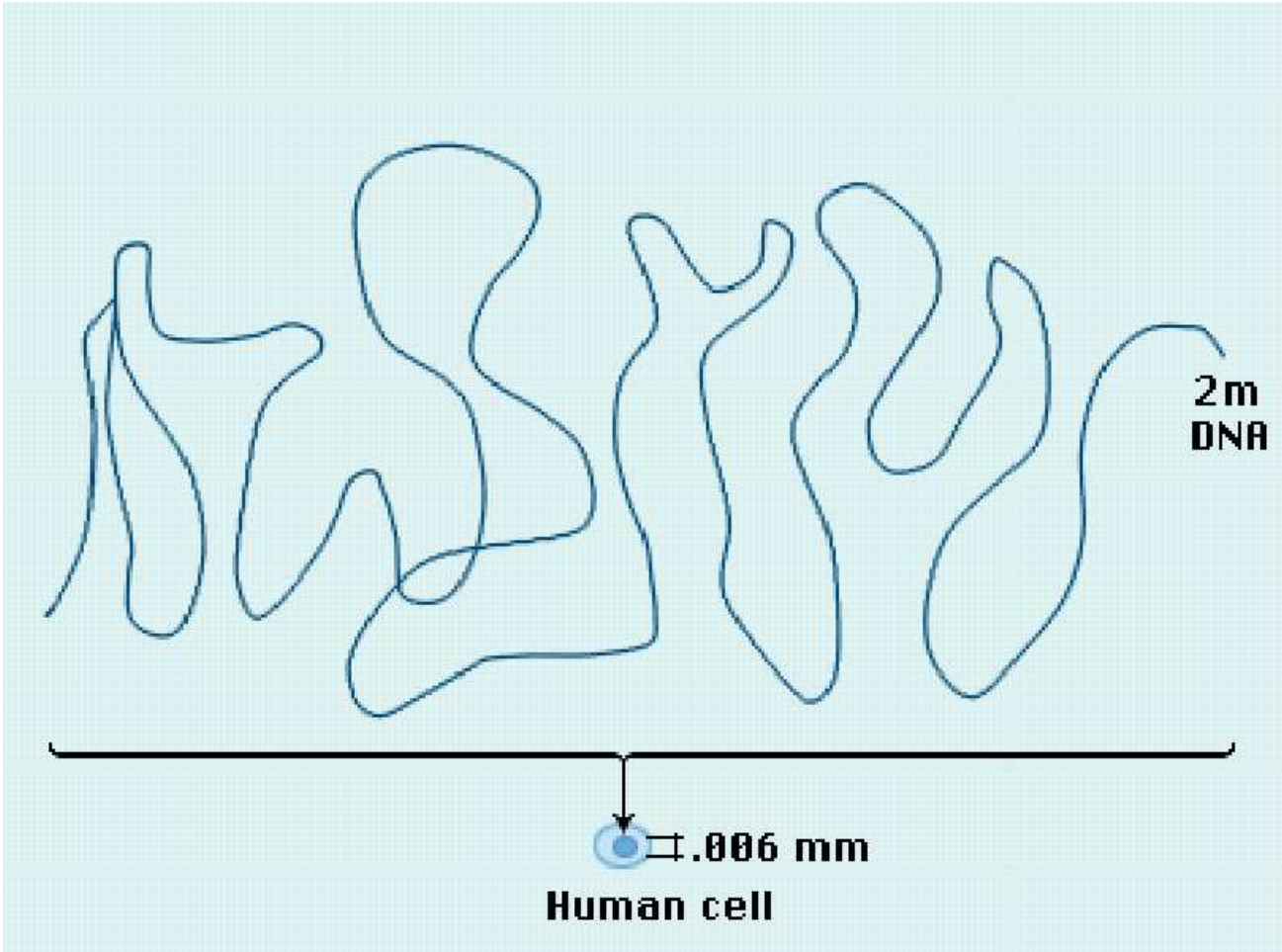
Hisztonok: konzervatívák

evolúció keveset változtatott rajta

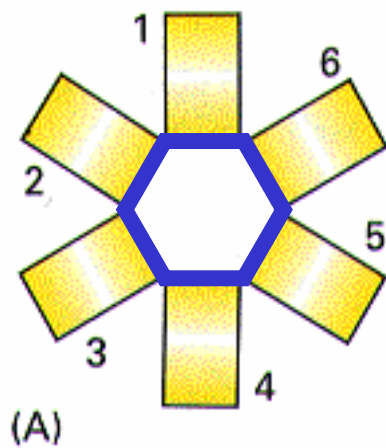
## A 30 nm vastag kromatin szál



Csomagolás második szintje: **Solenoid struktúra**

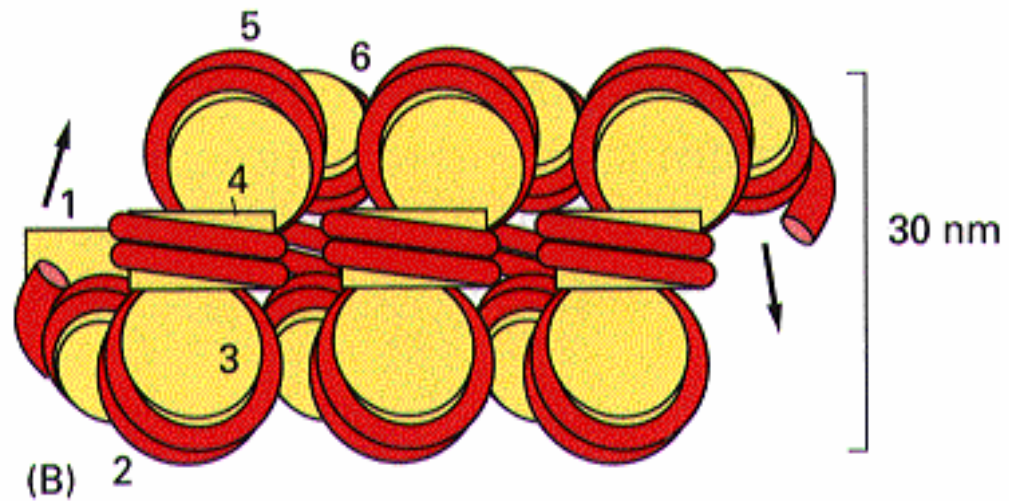


## Szolenoid struktúra



**H1 hiszton**  
(6 db)

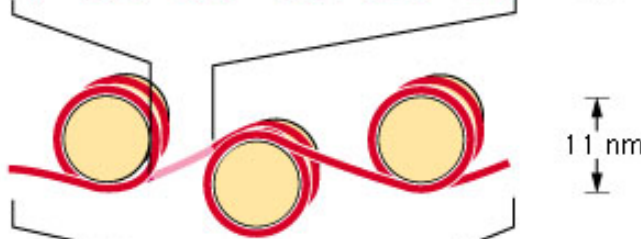
Nem nukleoszómás hiszton



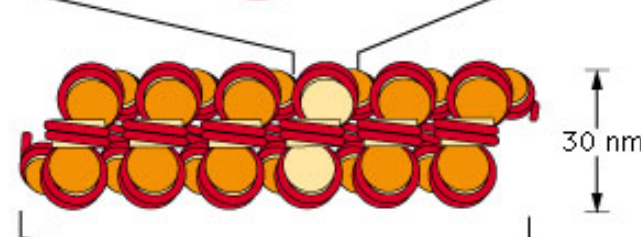
short region of  
DNA double helix



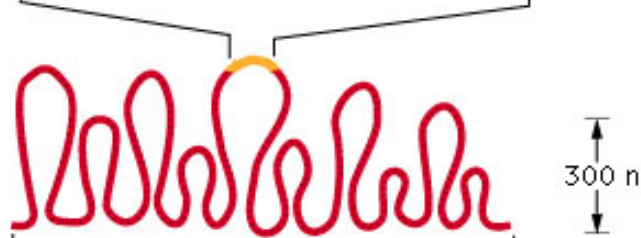
"beads-on-a-string"  
form of chromatin



30-nm chromatin  
fiber of packed  
nucleosomes



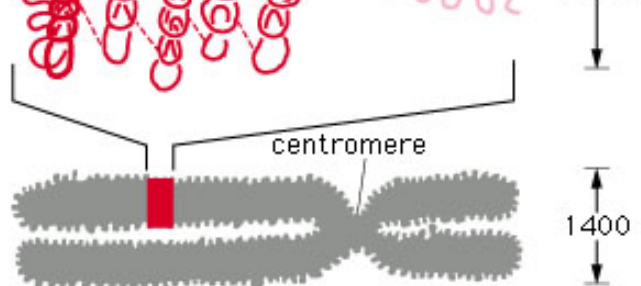
section of  
chromosome in an  
extended form



condensed section  
of chromosome



entire  
mitotic  
chromosome



DNS

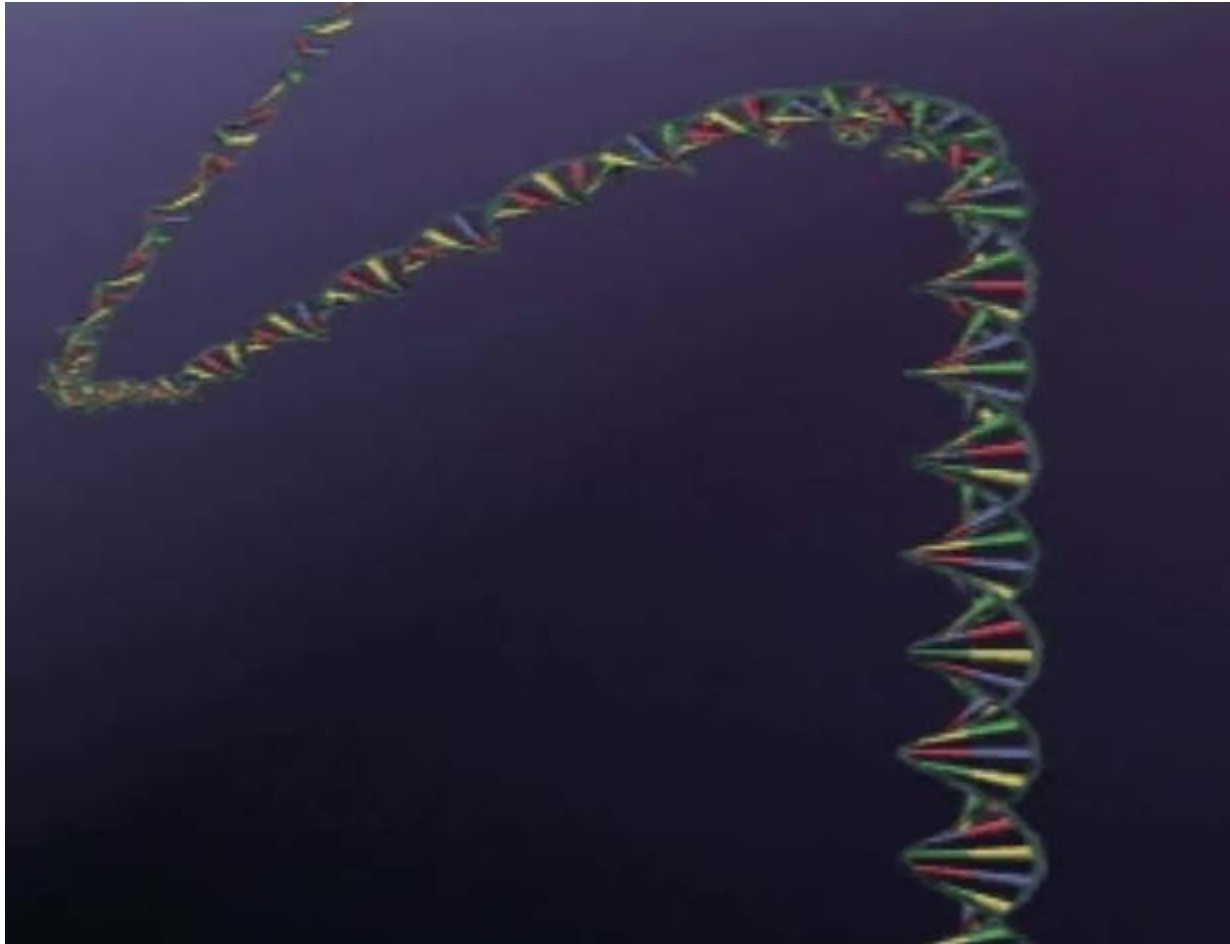
nukleoszóma  
H2a, H2b H3, H4  
hisztonok

Szolenoid struktúra  
H1 hiszton

Scaffold fehérjék

További feltekeredés

NET RESULT: EACH DNA MOLECULE HAS BEEN  
PACKAGED INTO A MITOTIC CHROMOSOME THAT  
IS 50,000x SHORTER THAN ITS EXTENDED LENGTH



Genetics:  
from genes to genomes.  
DNA package movie

# A kromatin kondenzáltsága változik a sejtek élete során

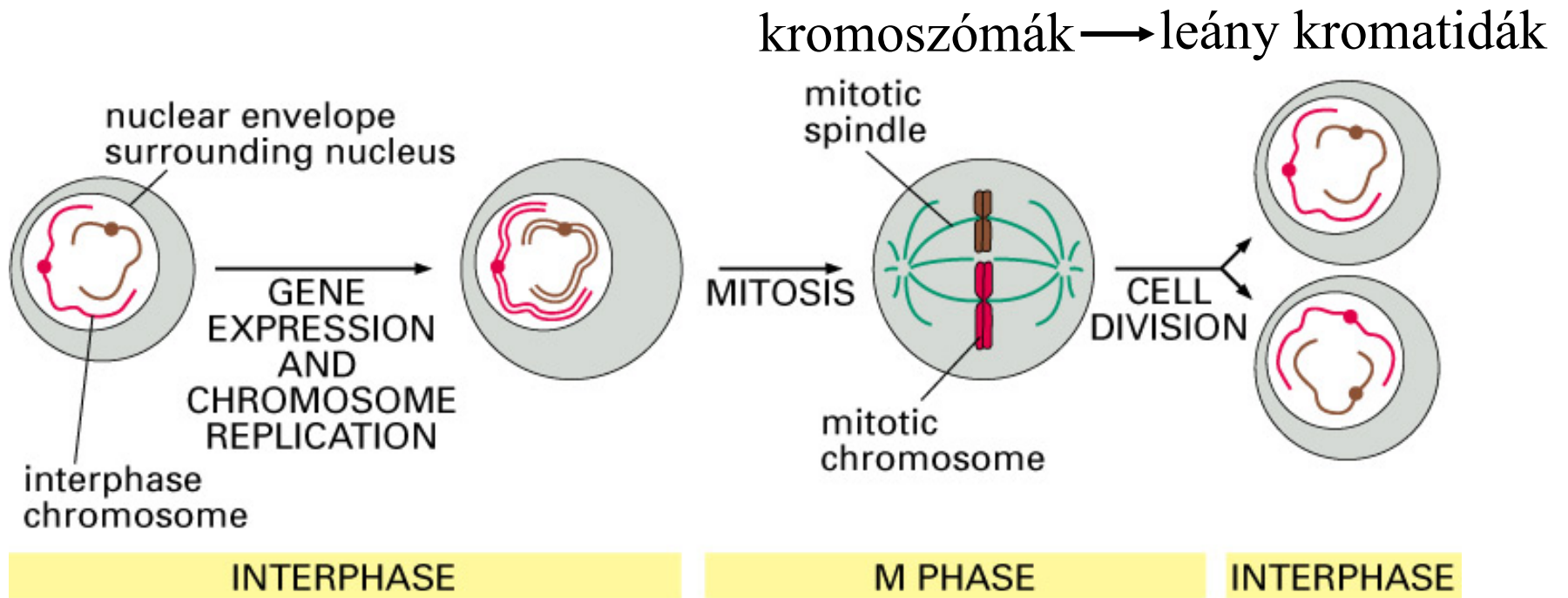
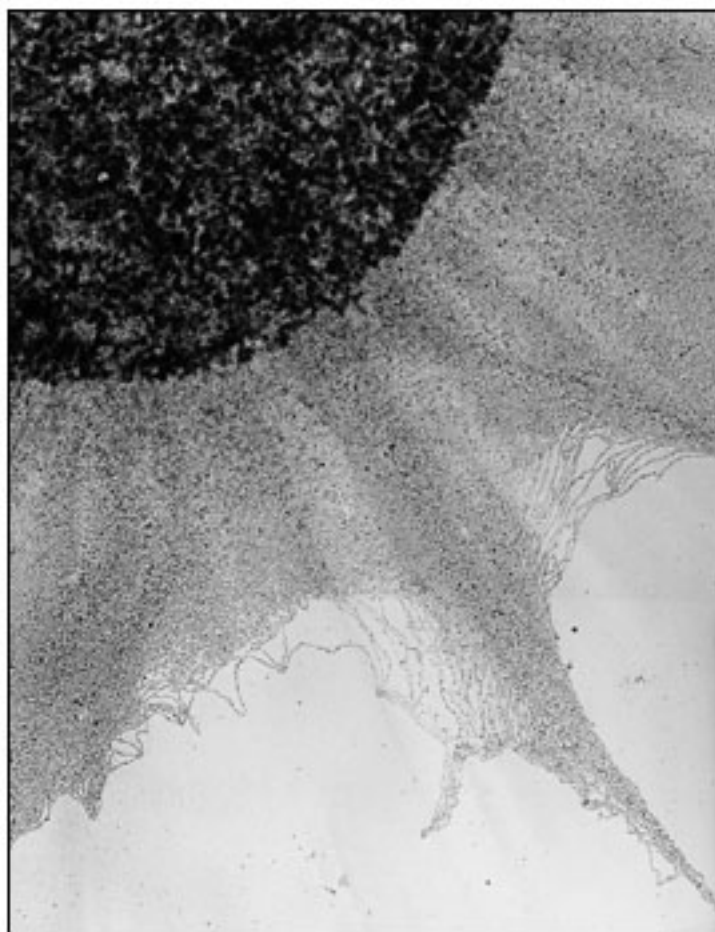


Figure 4–20. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

**interfázis**

**mitózis**

**Interfázisú kromatin**



(A)

**Mitózisos kromoszóma**



(B)

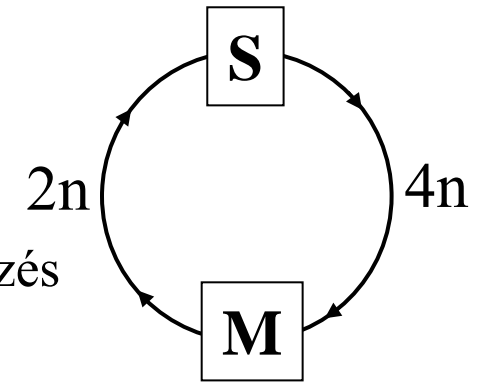
**Enzimek hozzáférjenek**

- DNS replikáció
- traszkripció

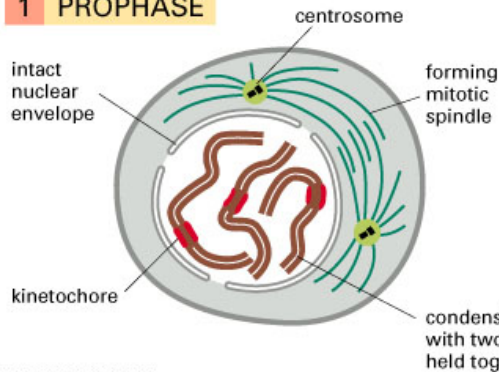
# Mitózis osztódás

## Számtartó osztódás

testi sejtek, kromoszóma szám duplázás, majd felezés



### 1 PROPHASE



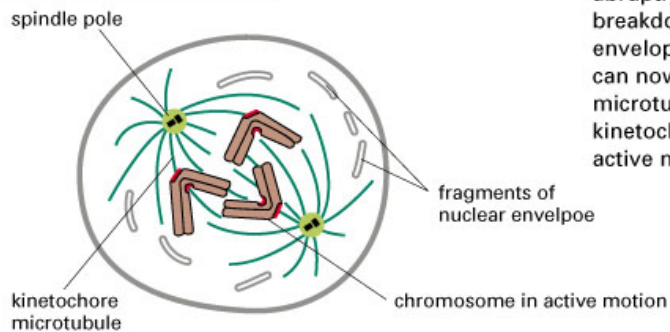
At **prophase** the replicated chromosomes, each consisting of two closely associated sister chromatids, condense. Outside the nucleus, the mitotic spindle assembles between the two centrosomes, which have replicated and moved apart.



time = 0 min

©1998 GARLAND PUBLISHING

### 2 PROMETAPHASE



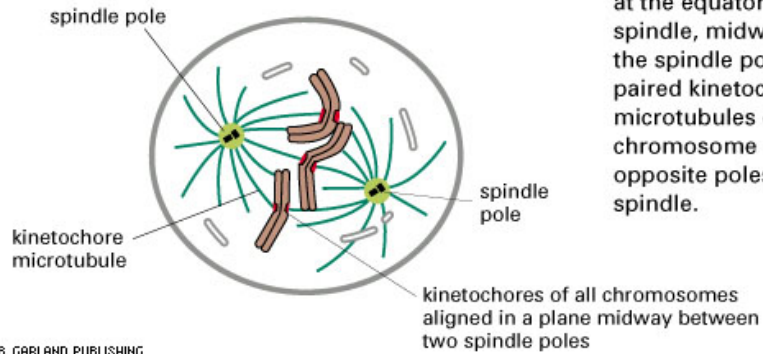
**Prometaphase** starts abruptly with the breakdown of the nuclear envelope. Chromosomes can now attach to spindle microtubules via their kinetochores, and undergo active movement.



time = 79 min

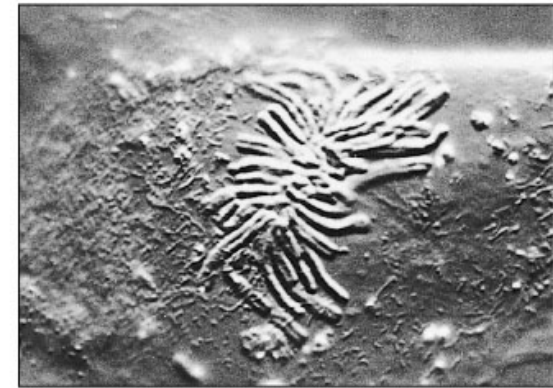
©1998 GARLAND PUBLISHING

### 3 METAPHASE



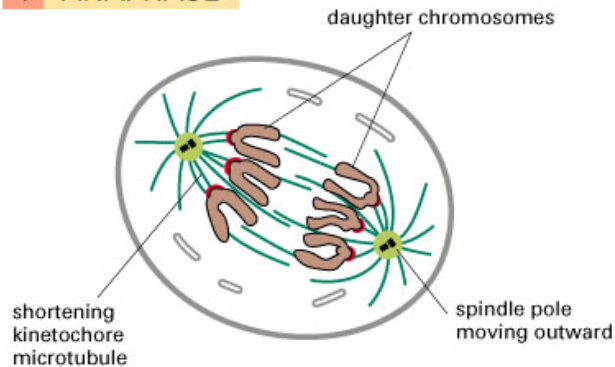
©1998 GARLAND PUBLISHING

At **metaphase** the chromosomes are aligned at the equator of the spindle, midway between the spindle poles. The paired kinetochore microtubules on each chromosome attach to opposite poles of the spindle.



time = 250 min

### 4 ANAPHASE

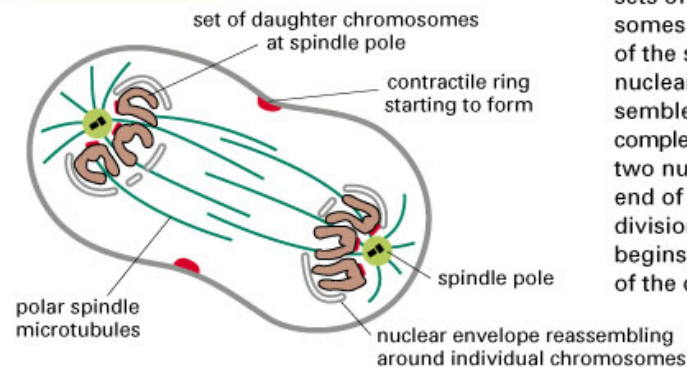


At **anaphase** the paired chromatids synchronously separate to form two daughter chromosomes, and each is pulled slowly toward the spindle pole it faces. The kinetochore microtubules get shorter and the spindle poles also move apart, both contributing to chromosome separation.

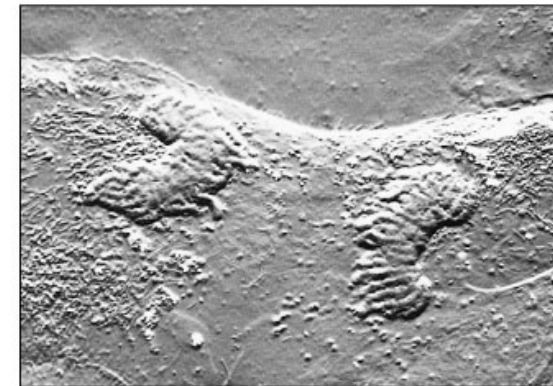


time = 270 min

### 5 TELOPHASE



During **telophase** the two sets of daughter chromosomes arrive at the poles of the spindle. A new nuclear envelope reassembles around each set, completing the formation of two nuclei and marking the end of mitosis. The division of the cytoplasm begins with the assembly of the contractile ring.

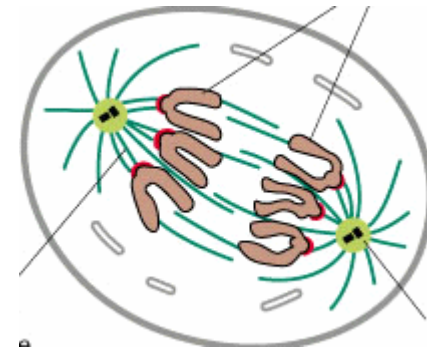


time = 315 min

©1998 GARLAND PUBLISHING



C1\_mitosis.mov

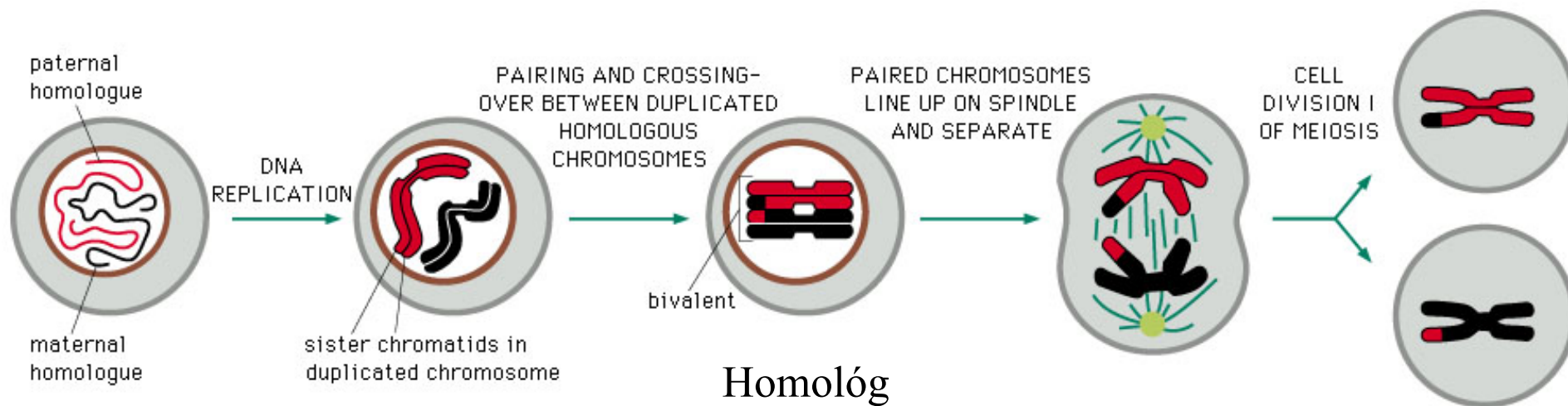
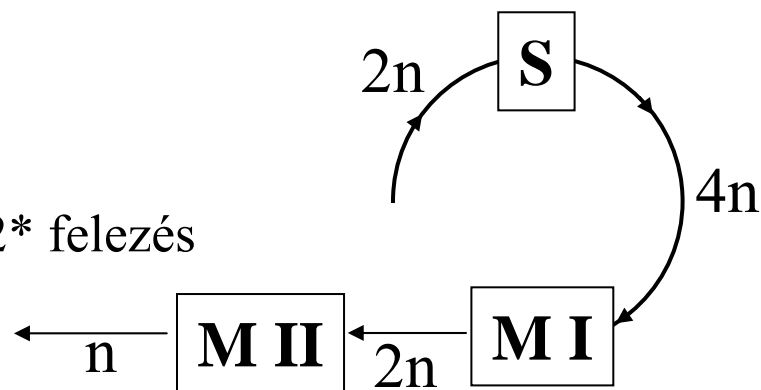


Mitosis.mov

# Meiózisos osztódás

## Számfelező osztódás

ivarsejtek, kromoszóma szám duplázás, majd 2\* felezés



©1998 GARLAND PUBLISHING

Homológ  
kromoszómák  
összekapcsolódnak  
**Rekombináció**

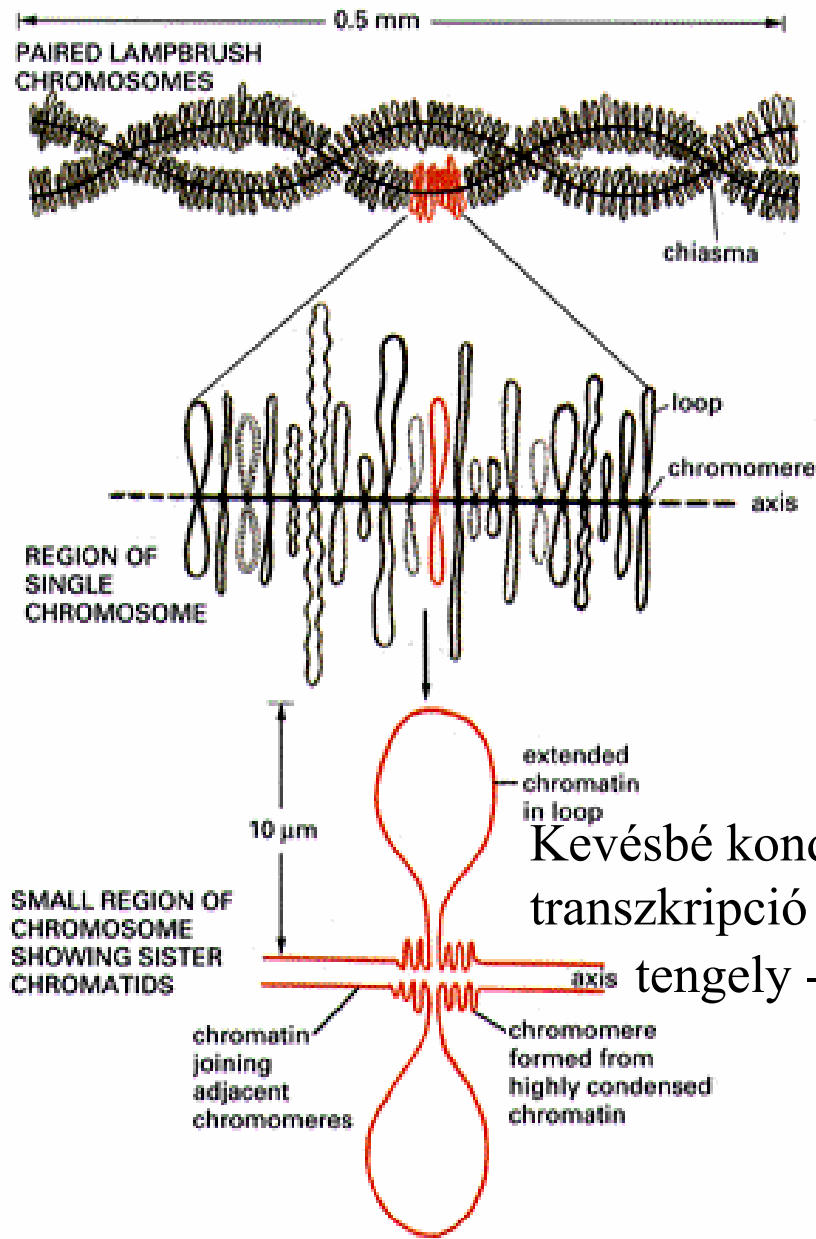
4 kópia minden génszakaszból

Ivarsejt

S fázis

2 anyai

2 apai



Kevésbé kondenzált régió  
 transzkripció (30 nm - szolenoid)  
 tengely - scaffold

## Lámpakefe kromoszóma

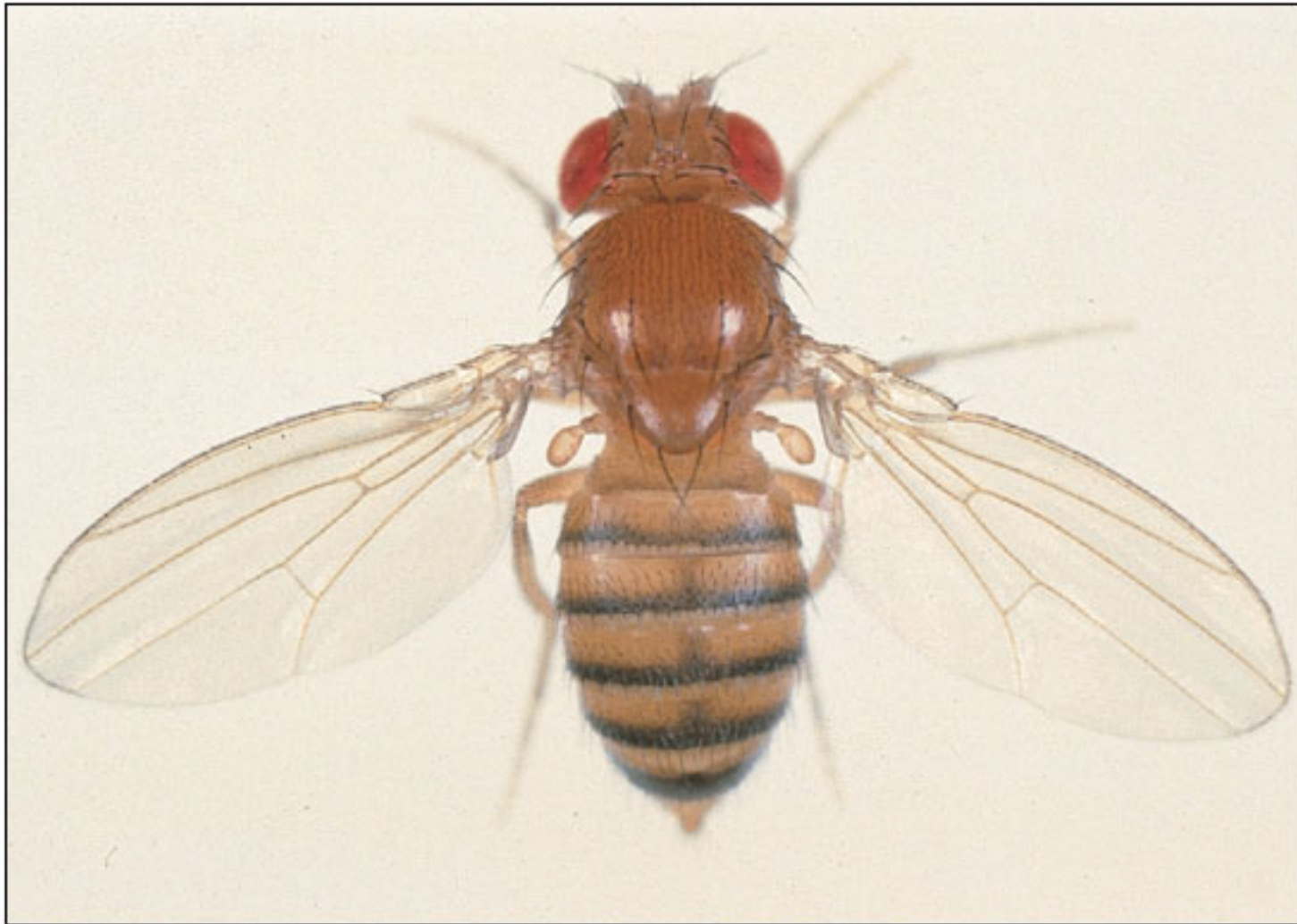


0.1 mm

Béka Oocita

From The Art of MBoC<sup>3</sup> © 1995 Garland Publishing, Inc.

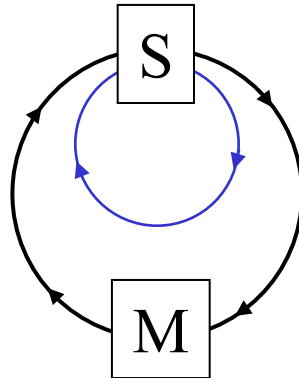
*Drosophila melanogaster*



ecetmuslica

©1998 GARLAND PUBLISHING

## Endoreplikációs ciklus



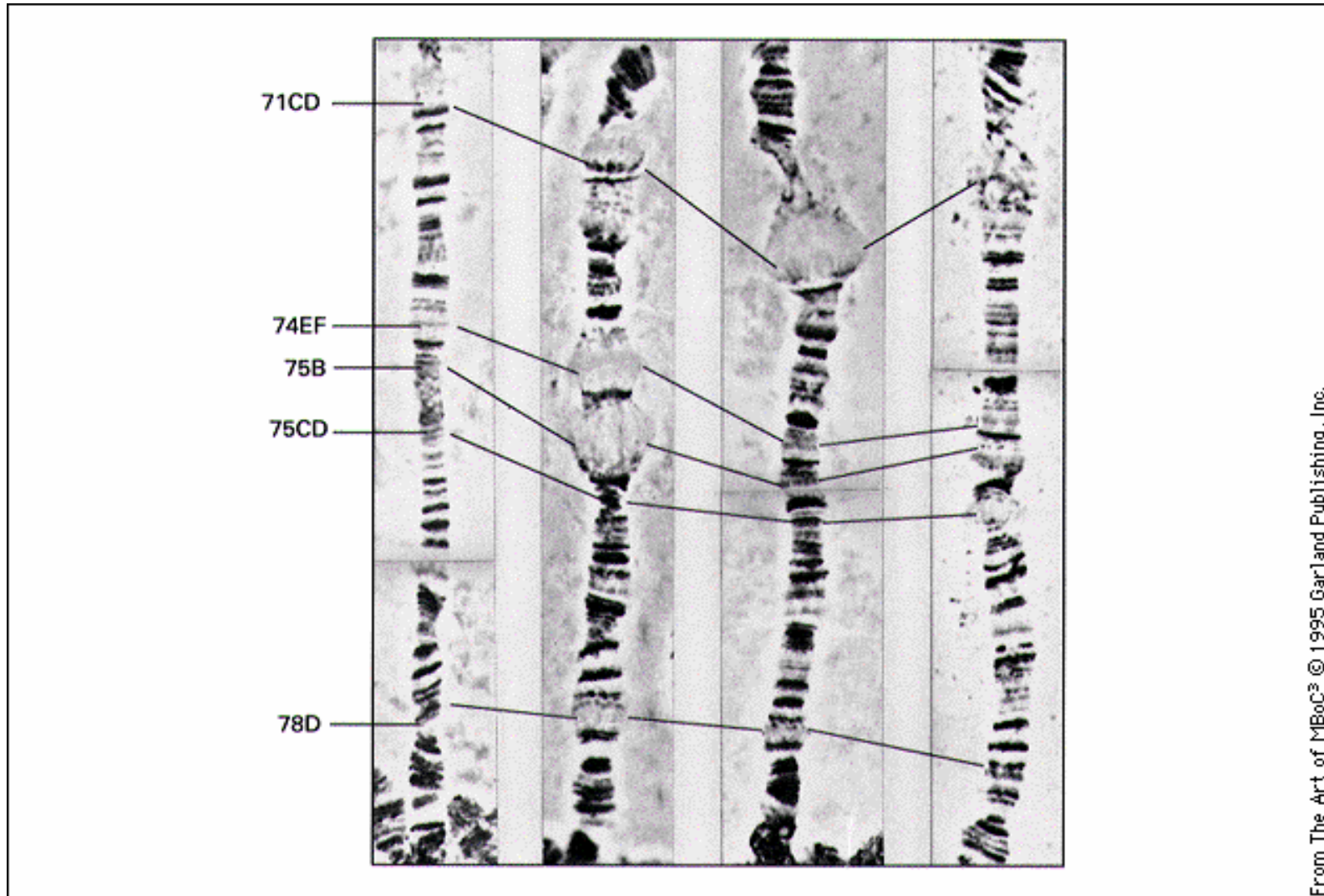
Kromoszóma szám növekszik

10 ciklus –  $2^{10}$  kromoszóma

1024 kromoszóma egymásmellé rendeződik

**Politén kromoszóma**

# Politén kromoszóma



Világos – kevésbé kondenzált → van transzkripció  
Sötét – erősen kondenzált → nincs transzkripció

## **Az interfázisú kromatin két típusa**

**eukromatin:** kevésbé kondenzált

Aktív (10%)

Inaktív

**heterokromatin:** erőssen kondenzált