

## **Genetikai alapfogalmak 2005/2006** (kidolgozott válaszok )

- 1. Gén:** az öröklődés fizikai és funkcionális alapegysége, amely egy meghatározott információt hordoz; a DNS egy szakasza, amely átírt és egy regulátor szekvenciából/régióból áll, utóbbi teszi lehetővé a transzkripciót. (Készítsen sematikus ábrát, jelezze a promóter, ATG és stop kodon helyét is!)
  
- 2. Cisztron:** funkcionális genetikai egység, amelyen belül két mutáció transz heterozigóta állapotban nem komplementál. A cisztron és a gén fogalma közé gyakran egyenlőségjelet tehetünk: mindkettő alatt a DNS olyan szakaszát értjük, amely egy polipeptidet vagy funkcionális RNS-t (pl.:tRNS, rRNS, ...) kódol. Egy operonban több cisztron is lehet, amelyeket struktúrgéneknek is neveznek. (Készítsen sematikus ábrát jelezze a promóter, ATG és stop kodon helyét is!)
  
- 3. allél:** egy adott gén vagy cisztron alternatív formái, pl.: vad típusú allél, mutáns allél, letális allél, ts allél, nonsense allél, hipomorf allél, stb.
  
- 4. crossing- over:** az egymásnak megfelelő részek fizikai kicserélődése homológ DNS szekvenciák között, törés-újraegyesülés útján. Egy vagy több inverzió lehetetlenné teszi a DNS szekvenciák párosodását és a crossing- overt (ezért crossover szupresszorként működik). A crossing-over a genetikai rekombináció forrása. A crossing- over folyamat „lelke” a Holliday szerkezet. A crossing- over folyamat citológiai megjelenése a kiazma. Készítsen egyszerű illusztrációt pl.:
  
- 5. ideális crossing- over:** pontszerű, autonóm, statisztikus fellépésű, a gyakorisága (valószínűsége) egyenesen arányos a crossing over régió

hosszával. A gyakoriság= a hosszmérték mérőszámával. Egysége a M, ill. cM (Készítsen sematikus ábrát egy crossing- over régióról – pl.:

- 6. Rekombináció:** újra kombinálódás, általában bármely folyamat egy diploid vagy parciálisan diploid sejtben, amely olyan új gén vagy haplotípus kombinációt eredményez, amelyek nem voltak jelen a kiindulási sejtben. Meióziskor olyan, haploid meiotikus termék jön létre, amelynek haplotípusa különbözik a meiotikusan osztódó diploid sejtet létrehozó haplotípusoktól. (Készítsen sematikus ábrát, jelölve:  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  haplotípus kombinációkat!)
  
- 7. Kapcsoltság:** (linkage) gének azonos kromoszómán való elhelyezkedése. Ezek a gének nem Mendel III. törvénye szerint kombinálódnak, hanem a crossing- over törvényei szerint (rekombináció). Készítsen egyszerű illusztrációt pl.:
  
- 8. Kapcsoltsági csoport:** (linkage group) Gének azon csoportja, amelyek azonos kromoszómán helyezkednek el. A kromoszómán lévő lókuszok rekombinációs adatok felhasználásával készült absztrakt térképét genetikai térképnek nevezzük. A kapcsoltsági csoportok száma megegyezik a haploid kromoszóma számmal.
  
- 9. Gén lókusz:** az a specifikus hely a kromoszómán, ahol egy gén lokalizálódik. Készítsen egyszerű illusztrációt pl.:

**10. Genetikai szitusz:** a gén/cisztron egy pontja, amelynek van legalább 2 változata, pl.: a mutáns és a vad típusú allélje. Készítsen egyszerű illusztrációt pl.:

**11. Géntérkép:** a heterozigóta allélikus variációkkal jelzett helyek lineáris ábrázolása. Szinoním kifejezése a kapcsolási térkép (=génsorrend, a mutációk sorrendje esetleg arányos távolságuk feltüntetésével.)

**12. Finomtérkép:** a kromoszóma kis területét, közel fekvő allélikus pontjait (mutáns szituszokat) ábrázoló géntérkép. (pl.: cisztonon vagy operonon belüli mutációk helyét ábrázolja)

**13. Heterozigóta állapot:** a homológ kromoszómák azonos pontjain különböző alléleket tartalmazó sejt vagy egyed. Pl.:  $a^+/a^-$ . Sztöchiometrikus genetikai képlettel, ill. keresztezési sémával válaszolja meg! Pl.: Mendel I törvényében:  $P: a^+/a^+ \times a^-/a^- \rightarrow F_1: a^+/a^-$  (uniformitás szabálya)

**14. Homozigóta állapot:** a homológ kromoszómák azonos pontjain azonos alléleket tartalmazó sejt v. egyed. Sztöchiometrikus genetikai képlettel, ill. keresztezési sémával válaszolja meg! pl.:  $A/A, a^-/a^-, a_1^-/a_1^-$ ; stb.  
 $P: a^-/a^- \times a^-/a^- \rightarrow F_1: a^-/a^-$ , beltenyésztve tiszta származéksort ad.

**15. Hemizigóta állapot:** olyan gén, amely egy diploid élőlényben csak egy példányban van jelen (pl.: X-hez kötött gének a hím emlősökben vagy dipterákban, madarak női szexusában a Z kromoszómán lévő gének). Nem érvényesül a dominancia, a recesszív allél fenotípusa megjelenik.

**16. Cisz heterozigóta:**  $\underline{a^+b^+}/\underline{a^-b^-}$ ;  $\frac{a^+b^+}{a^-b^-}$ . P típusú ( $\underline{a^+b^+}, \underline{a^-b^-}$ ) és R típusú ( $\underline{a^+b^-}, \underline{a^-b^+}$ ) haplotípusok keletkezhetnek belőle meióziskor.

**17. Transz heterozigóta:**  $a^+b^-/a^-b^+$ ;  $\frac{a^+b^-}{a^-b^+}$ . P ( $\underline{a^+b^-}, \underline{a^-b^+}$ )... R ( $\underline{a^+b^+}, \underline{a^-b^-}$ )

**18. Domináns fenotípus:** ha  $a^+ > a^-$ ,  $A > a$ , stb.  $\rightarrow \frac{a^+}{a^-}$ ,  $\frac{A}{a}$  homozigóta

domináns,  $\frac{a^+}{a^-}$ ,  $\frac{A}{a}$  heterozigóta domináns.

**19. Recesszív fenotípus:** ha  $a^+ > a^-$ ,  $A > a$ , stb.  $\rightarrow \frac{a^-}{a^-}$  homozigóta állapotban jelenik meg  $a^-$ ,  $a$  allél stb. fenotípusa, ill. hemizigóta (haploid) állapotban.

**20. Kodominancia:** a heterozigóta állapot esetén mindkét allél fenotípusát mutatja. Pl.: AB vércsoport. A gén cisz elemének heterozigóta állapota is kodominanciához vezet.

**21. Tiszta származéksor:** egy adott allélra homozigóta populáció, az utódgenerációt inter- se tovább tenyésztve homozigóta marad, azaz nem hasad különböző fenotípusokra. Írja le keresztezési sémával!  
Pl.: P:  $a^-/a^- \times a^-/a^- \rightarrow F_1: a^-/a^-$  (inter se)  $\rightarrow F_2: a^-/a^- \rightarrow F_3: a^-/a^-$  stb.

**22. Mendel I reciprocitás törvénye:** homozigóta szülői formák keresztezéséből származó valamennyi utód mind geno- mind fenotípusát illetően megegyezik, függetlenül attól, hogy melyik szülőtől kapták gamétáikat. Írja le keresztezési sémával! Pl:  
P:  $a^+/a^+ \times a^-/a^- \rightarrow F_1: a^+/a^-$ , (uniformitás) ; P:  $a^-/a^- \times a^+/a^+$   
 $\rightarrow$  azonos eredményt ad.

**23. Uniformitás törvénye :** írja le keresztezési sémával! P.: P:  $a^+/a^+ \times a^-/a^-$   
 $\rightarrow F_1: a^+/a^-$  (uniformitás szabálya)

**24. Mendel II törvénye :** a hasadás törvénye, a szülői allélok nem olvadnak össze  $F_1$ -ben, hanem tovább adódnak  $F_2$ -be.  $F_1$  inter se keresztezéskor, domináns/recesszív öröklődés esetén 3:1 fenotípusos, 1:2:1 genotípusos hasadást kapunk, kodominancia esetén 1:2:1 fenotípusos és genotípusos hasadást. Írja le keresztezési képlettel és Punnett táblával!  
Pl.:  $F_1: a^+/a^- \times a^+/a^- \rightarrow F_2: 1/4 a^+/b^+, 1/2 a^+/b^-, 1/4 a^-/a^-$

**25. Mendel III törvénye:** független kombinálódás (hasadás) törvénye. Mendel II (hasadási) törvényének együttes érvényesülése ha két olyan allélpár öröklésmentét követjük, amelyek különböző kromoszómákon fekszenek. Ha mindkét gén domináns/recesszív heterozigóta állapotban van és nincs episztázis vagy szuppresszó közöttük, akkor  $F_2$ -en 9:3:3:1 hasadást kapunk. Ha van kölcsönhatás a gének között, akkor a 9:3:3:1 valamely variációját kapjuk. Egyszerű keresztezési sémával válaszoljon: pl.:  $a^+/a^+$ ,  $a^+/a^-$  fenotípusa A,  $a^-/a^-$  fenotípusa a,  $b^+/b^+$ ,  $b^+/b^-$  fenotípusa B,  $b^-/b^-$  fenotípusa b,  $F_2: 9 AB, 3 Ab, 3aB, 1ab$  a fenotípus hasadása.

Teszt cross:  $F_1 \frac{a^+}{a^-} \frac{b^+}{b^-} \times \frac{a^-}{a^-} \frac{b^-}{b^-} \rightarrow$  heterozigóta szülő gamétái  $1/4 a^+b^+, 1/4 a^-b^+, 1/4 a^+b^-, 1/4 a^-b^-$

**26. Criss- cross öröklődés :** Az X (ill. madaraknál Z) kromoszómán fekvő gén öröklésmentete. Írja le az öröklésmentet sémájával, pl.: a fiú az X

kromoszómáját anyától kapja és a lányának adja tovább. P:  $a^+/a^+ \times a^-/Y \rightarrow F_1: a^+/a^-, a^+/Y \rightarrow F_2: a^+/a^+, a^+/a^-, a^-/Y, a^+/Y$

**27. XY és ZW szex determináció:** embernél , emlősöknél, dipteráknál XX , XY ; madaraknál: ZZ , ZW .

**28. turner-** szindróma: XO kariotípus, fenotípusosan nő,  $2n = 45$ , nincs Barr test

**29. Klinefelter szindróma:** XXY kariotípusú, fenotípusosan férfi, nőies jelleggel

**30. Rekombinációs gyakoriság (r, R):** több kapcsolt allélpár kombinálódása a heterozigóta meiosis során, a rekombináns gaméták gyakorisága. Írja

le a sztöchiometrikus genetikai képlettel! Pl.:  $\frac{a^+b^+}{a^-b^-} \rightarrow P_1 \underline{a^+b^+}, P_2 \underline{a^-b^-}, R_1 \underline{a^+b^-}, R_2 \underline{a^-b^+} \rightarrow R_1+R_2/P_1+P_2+R_1+R_2 = r$

**31. 1 Morgan (M):** azon távolság, (crossing over régió hossza) a géntérképen, ahol átlagosan 1 crossing over fordul elő, 1cM , ahol átlagosan 0,01 a crossing over fordul elő. 1M = 100cM

**32. Két faktoros (pontos) térképezés:** Írja le keresztezési sémával!

Pl.:  $\underline{a^+b^+} / \underline{a^-b^-} \rightarrow r_{(a-b)} \rightarrow d_{(a-b)}, \underline{a^+c^+} / \underline{a^-c^-} \rightarrow r_{(a-c)} \rightarrow d_{(a-c)}, \underline{b^+c^+} / \underline{b^-c^-} \rightarrow r_{(b-c)} \rightarrow d_{(b-c)},$   
 $d$  arányos a fizikai távolságokkal, ha  $d_{ac} = d_{ab} + d_{bc} \rightarrow$  a térképsorrend a- b- c

**33. 3 faktoros térképezés:** 3 allélpár kombinálódását követi a heterozigóta meiózisa során. Egyenértékű 3 kétfaktoros térképezéssel. Írja le keresztezési sémával!

Pl.:  $\underline{a^+b^+c^+} / \underline{a^-b^-c^-} \rightarrow$  gaméták P1  $\underline{a^+b^+c^+}$ , P2  $\underline{a^-b^-c^-}$ , egyszeres rekombinánsok (gyakoriak) pl.:  $\underline{a^+b^+c^-}$ ,  $\underline{a^+b^-c^+}$  stb., kétszeres rekombinánsok (ritkák) pl.:  $\underline{a^+b^-c^-}$ ,  $\underline{a^-b^+c^+}$  azonnali sorrend meghatározást tesznek lehetővé.

**34. mutáció:** a nukleotidok sorrendjében bekövetkező változás, tranzíciók, transzverziók, frameshift, deléción stb.

**35. mutáns allél:** amely eltér a vad típusú alléltól (pl.: tranzíció, transzverzió, deléción, inverzió, frameshift, stb mutáció következtében.)

**36. tranzíció:** a pontmutáció egy fajtája, ahol purin- purin vagy pirimidin- pirimidin csere következett be. A  $\rightarrow$  G, G  $\rightarrow$  A, C  $\rightarrow$  T, T  $\rightarrow$  C, A bázisok tautomerizációjával magyarázható.

- 37.transzverzió:** a pontmutáció egy fajtája, ahol purin- pirimidin vagy pirimidin- purin csere következett be. 8 féle lehet, pl.: A→C, A→T, C→A,C→G stb.
- 38.deléció:** hiány, a DNS egy szakaszának kiesése. Jelölése:  $\Delta$ ,  $\delta$ , def. Írja fel a heterozigóta sztöchiometrikus képletét, ahol a vad típusú allélal szemben deléciós allél áll! Pl:
- 39.transzlokáció:** DNS szakasz áthelyeződése nem homológ kromoszómára
- 40.frameshift mutáció:** egy vagy két (ill. hárommal nem osztható) nukleotid inszerciója vagy deléciója egy kódoló régióban, ami az ORF eltolódását okozza, ezért a mutációtól disztális irányban (3' irányban a DNS sorrendben, C terminális irányban a polipeptid láncban) következő kodonok más fehérjeszekvenciát határoznak meg, ill. stop kódhoz vezethetnek.
- 41. nonsense mutáció:** (értelem nélküli) a kódoló régióban egy stop kodon kialakulásával járó mutáció. Ezáltal a génterméknek csak az N terminális darabja képződik. A nonszensz szuppresszor (mutáns tRNS gén) olyan mutáció, amely a nonszensz kodon esetén is aminosavat illeszt be translációkor, így teljes hosszúságú géntermék készül, amely működőképes is lehet.
- 42.missense mutáció:** olyan mutáció, amely úgy változtat meg a génen belül egy kodont, hogy az más aminosavat kódol. A mutáció (az aminosav csere) befolyásolhatja a funkciót, működés képtlenségtől, a fenotípusosan észrevehetetlen skálán.
- 43.samesense mutáció:** a mutáció szinonim kódhoz vezet, azaz nem történik aminosav csere a fehérjében.
- 44.ts mutáció:** termoszenzitív mutáció, a funkció sérülése csak non permisszív magasabb hőmérsékleten (pl. 30°C; non permisszív, restriktív hőmérsékleten) válik kifejezetté. Alacsonyabb hőmérsékleten (pl. 20°C permisszív hőmérsékleten) a funkció közel azonos a vad típusú allélal. Az érintett fehérje térszerkezete csak magasabb hőmérsékleten torzul funkcióképtelenné a mutáció következtében. Életfontosságú gének vizsgálatánál fontos eszköz, mivel a homozigóta, recesszív, letális genotípusú egyedek életben tarthatók a permisszív hőmérsékleten.

**45.spontán mutációk:** mutációk, amelyek mutagén hiányában jelennek meg, pl. a sejt enzimeinek normális működése közben bekövetkező hibák, (pl.: DNS polimeráz tévesztése), vagy mozgó genetikai elemek mozgása következtében.

**46.indukált mutáció:** amely mutagén hatásokra jön létre (pl. kémiai anyagok (pl. H-NO<sub>2</sub>, EMS, NTG,..), sugárzások (pl. UV, X, stb.)).

**47.back mutáció:** a mutáns gén újabb mutációval revertálódhat, azaz újra funkcionáló terméket hoz létre, a vad fenotípus helyreáll.

**48.DNS bázispárok:** A=T, G≡C

**49.DNS bázisok:** purinok: A (adenin) és G (guanin), pirimidinek: C (citozin) és T (timin)

**50.RNS bázisok:** purinok: A (adenin) és G (guanin), pirimidinek: U (uracil) és C (citozin)

**51.ko- linearítások:** géntérkép – kromoszóma citológiai térkép  
cisztron géntérképén a mutációk helyzete – cisztron által  
kódolt

fehérjékben a mutáns aminosavak helyzete  
egyszerűen: a géntérkép és a kromoszóma kolineáris  
a géntérkép és a géntermék kolineáris  
a géntérkép és a DNS nukleotid sorrend kolineáris

**52.haplotípus:** allélok csoportja egyetlen kromoszómán.

**53.szinténia:** kapcsolt gének egy csoportja

**54.triplet:** triplet kód nem átfedő, vesszőmentes, bázishármas, számuk 64,  
ebből 3 stopkodon, AUG indító kód.

**55.cisztron:** rajzzal illusztrálja. Jelezze a promotert, az ATG, a stop kodont  
és a transzkripció termináció helyét is.

**56.exon:** (rajzzal illusztrálja)

**57.intron:** (rajzzal illusztrálja)

**58.a gén cisz eleme:** a szabályozó fehérjét megkötő aktív DNS felszínek.  
pl. promóter, operátor. Mutáns allélja kodominánsan öröklődik.  
(vázlatos rajzzal illusztrálja)



**59.a gén transz eleme:** a gén kodonokat tartalmazó része. Mutációja általában recesszíven öröklődik. (vázlatos rajzzal illusztrálja)

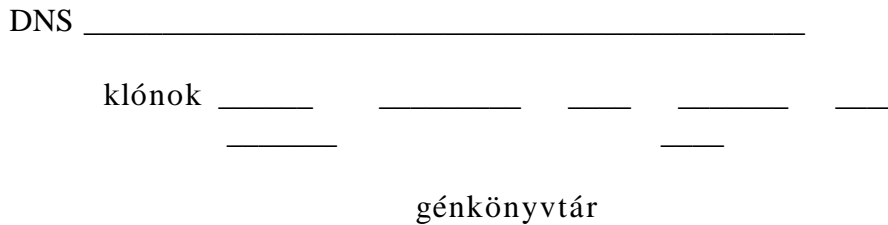
**60.példa cisz elemre:** operátor, promóter, transzkripció terminátor hely.

**61.komplementáció:** A transz heterozigóta fenotípusa vad. Vad fenotípus megjelenése abban az esetben, amikor két cisztron különböző recesszív mutáns alléljait hozzák össze egy diploidban transz helyzetben. Tágabb értelmezésben: mutáns allél(ok) mellé bejuttatott vad típusú allél vad fenotípus kialakulását segíti elő (= a mutáns fenotípust menekíti). (készítsen vázlatos rajzot)

**62.komplementációs csoport:** azon mutáns allélek csoportja, amelyek transz helyzetben nem komplementálódnak. A diploid állapot mutáns fenotípust ad. A komplementációs csoport a cisztron fogalom szinonímája. Egyszerű rajzon is megválaszolhatja: pl. nem képződik működőképes polipeptid a diploidban  $\rightarrow a^{-1}$  és  $a^{-2}$

Az allélok egyazon komplementációs csoportba (cisztronba) esnek.

**63.génkönyvtár:** klónozott DNS szakaszok halmaza. Egyszerű rajzon is kifejezhető: (kromoszóma)



**64.cDNS génekönyvtár:** mRNS-ről reverz transzkriptázzal átírt DNS szakaszok, klónok halmaza. Egyszerű rajzon is kifejezhető:

**65.genomikus gén kópia:** a kromoszóma DNS-ből klónozott gén. Ha mRNS-ről készítünk DNS-t reverz transzkriptázzal, akkor csak exonokat tartalmaz (cDNS), a genomikus gén kópia esetén viszont tartalmazza a gén intronjait és cisz elemeit is.

**66.knock out allél:** deléció, inszerció, deléció/inszerció következménye. 0 allél (recesszív allél), funkcióvesztéses allél a következménye.

**67.ortológ gének:** pl. ember, macska, szarvas, egér, stb. ugyanazon funkciót kódoló génjei. Evolúciós leszármazásban vannak. Az egyik ortolog ismeretében DNS-DNA hibridizációval kihalászható a mások faj ortologja, a DNS szekvencia ismeretében kihalászható az adatbázisból más fajok ortologja.

**68.paralóg gének:** egyazon gén sokszorozódásával létrejött gének családja a faj genomjában. Az egyes gének önálló evolúciós útra térnek, eltérő funkciókat nyerhetnek. Rajzzal is illusztrálható:

faj genomjának egy része  
a paralógok egy közös ős „a” gén duplikációival keletkeznek, a  
mutációkat már önállóan halmozzák ezután.

**69.genom program:** egy élőlény DNS készlete, szekvenciájának meghatározása. Az egyes gének DNS szekvenciáinak kijelölése, a gének annotálása.

Legismertebb a Human Genom Program. Sok más élőlény genom programja ismert: *C. elegans*, *Drosophila*, *E. coli*, malária kórokozó, fágok, baktériumok, élesztők, csimpánz, ló, kutya, egér, patkány, szarvasmarha, macskák stb. Az emlősök mintegy 35000 gént ( $3 \times 10^9$ bp), a *Drosophila* ~ 12000 gént ( $1,3 \times 10^8$ bp), a *C.elegans* ~ 18000 gént ( $10^8$ bp) *E.coli* ~ 3000 gént ( $4,3 \times 10^6$ bp), élesztő ~ 6000 gént ( $1,2 \times 10^7$ bp), fág ~ 50 gént ( $4,9 \times 10^4$ bp), Mycoplasma (sejtparazita) ~ 800 gént ( $8,2 \times 10^5$ bp) hordoznak a genomjukban.

**70.transzgénikus élőlény:** egy másik élőlényből átültetett gént hordoz genomjában.

**71.gén chip (microarray):** pl. kb. postabélyeg nagyságú lemezen meghatározott rendben rögzített gének (DNS-ek) halmaza. A gént a chipen elfoglalt ismert pozíciója alapján azonosítani lehet, pl. a génkönyvtárban.

**72.BAC:** baktérium mesterséges kromoszóma.

**73.YAC:** élesztő mesterséges kromoszóma.

**74.BAC könyvtár:** DNS szakaszok (pl. 0,2- 0,3 Mbp) halmaza, amelyeket BAC segítségével klónoztak és tartanak fenn *E.coli* baktériumban.

**75.YAC könyvtár:** DNS szakaszok (pl. 0,3- 1,0 Mbp) halmaza, melyeket YAC segítségével klónoztak és tartanak fenn élesztőben.

**76.genetikai mozaik:** két vagy több genetikailag különböző sejttypusból álló szervezet. Pl. gynander mozaikok, SCO (szomatikus crossing over, mitotikus rekombináció) következtében létrejött sejt klónokat hordozó mozaikos testek.

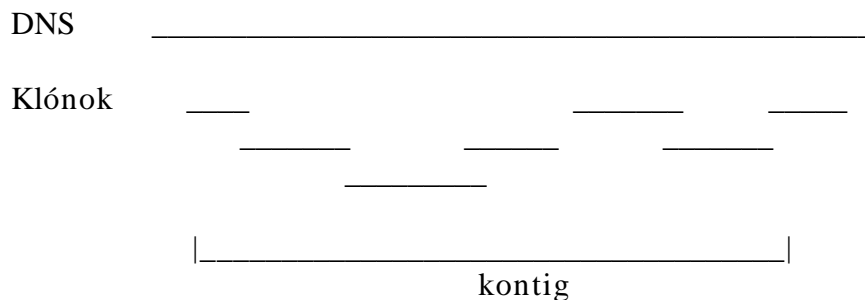
**77.szex- limitált öröklődés:** a gén valamely alléljének fenotípusa csak az egyik nemben nyilvánul meg. ( és hormonális környezete különbségei miatt)

Pl. kopaszság, fenotípus: csak homozigóta recesszív állapotban heterozigótában is izmoltság (miosztatin represszor gén deléció, frameshift mutáns ellélje esetén): dominánsan öröklődik a mutáns (nagyon izmolt) fenotípus, intermedier.

**78.klónozó vektor:** olyan kisebb DNS molekula, amely egy adott sejtben a kromoszómá(k)tól függetlenül replikálódni képes, sok példányban van jelen, így a génebézéseti vagy más módszerrel bele épített DNS szakasz (= fragment, inszert) nagy mennyiségben felszaporítható és tisztítható.

Klónozó vektor lehet az erre a célra kifejlesztett plazmid (pl. pBR322, pKS stb.) vagy fág, vírus, vagy a kettő kombinált változata (pl. cosmid), de lehet mesterséges kromoszóma (YAC, BAC) is.

**79.kontig:** egymással kontinuuusan átfedő DNS klónok halmaza, amely nagy távolságot magába foglaló DNS-szakaszt fed át



**80.anyai vérvonal:** (anyai leszármazás) a mitokondriális gének illetve DNS allélikus változatainak meghatározásával lehetséges, mivel a mitokondriumok (és a bennük levő DNS szekvencia változatok) anyáról leányára öröklődnek.

**81.apai vérvonal:** (apai leszármazás) az Y kromoszómán lévő gének illetve DNS szakaszok allélikus változatainak meghatározásával lehetséges, mivel az Y kromoszóma apáról fiára öröklődik.

**82.LOD=3:** (*a* és *b* gének kapcsoltak), ha *a* és *b* gének kapcsoltágára, allélpárjaik rekombinációjára azt találjuk, hogy  $LOD=3$ , az azt jelenti, hogy *a* és *b* gének  $10^3$ -szor valószínűbb, hogy kapcsoltak (azaz, hogy egyazon kromoszómán vannak), mint az, hogy nem kapcsoltak (azaz függetlenül kombinálódnak).

**83.Anyai hatás:** az anya kromoszómális génjei a petesejt citoplazmáját előkészítik a majdani egyedfejlődés korai lépéseinek megvalósulásához. Fehérjéket és mRNS molekulákat helyeznek el a petesejt citoplazmájában. A megtermékenyített petesejt (zigóta) anyai hatású saját génjei is a saját petesejt előkészítését irányítják. Tehát fenotípusos hatásuk csak a következő nemzedékben érvényesül. Pl.: csigaház menetcsavarodása öröklése, „unokanélküli” muslicák, meddőség számos genetikai oka. A Mendel I törvénye (reciprocitás), Mendel II törvénye (hasadás) **egy generációt** késik.

**84.** Anyai öröklés, extrakromoszómális öröklés, citoplazmás gének öröklése, extranukleáris öröklés: A (petesejt) citoplazmájában lévő gének öröklésmenete: pl.: mitokondrium gének, kloroplastisz gének, szimbionta baktérium gének. A Mendel törvények nem érvényesek ez esetben. Az utód mindig az fenotípusát örökli.

