Gonick - Wheelis

KÉPREGÉN

Genetika a vízözöntől a transzpozonig

GONDOLAT

A SZERZŐKRŐL

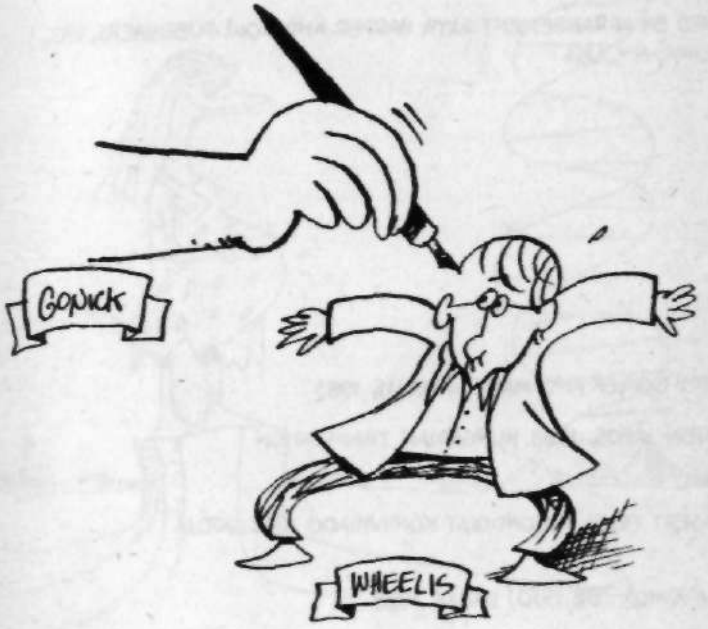
LARRY GONICK VALÓSZÍNŰLEG A VILÁG LEGISKOLÁZOTTABB KARIKATÚRARAJZOLÓJA. A HARVARD EGYETEMEN SZERZETT **SUMMA CUM LAUDE** MINŐSÍTÉSŰ DIPLOMÁT, MAJD ÖT ÉVEN ÁT MATEMATIKÁT TANULT. SAN FRANCISCÓBAN ÉL FELESÉGÉVEL, KUTYÁIVAL, MACSKÁIVAL MEG AZOK BOLHÁIVAL.

MARK WHEELIS – HA ÉPPEN NEM SZIKLÁKAT MÁSZIK, VAGY FOLYÓKON SODRÓDIK – MIKROBIOLÓGIÁT TANÍT DAVISBEN, A KALIFORNIAI EGYETEMEN. TÖBBFÉLE TANTÁRGYAT AD ELŐ, KÖZTÜK ÁLTALÁNOS BIOLÓGIÁT, MIKROBIOLÓGIÁT ÉS MIKROBIÁLIS GENETIKÁT. SZÁMOS TUDOMÁNYOS CIKKET ÍRT ÉS TÁRSSZERZŐJE A **BEVEZETÉS A MIKROBÁK VILÁGÁBA** CÍMŰ KÖNYVNEK.

Gonick - Wheelis

KÉPREGÉN

Genetika a vizöztöl a transzpozonig



GONDOLAT · BUDAPEST, 1988

A FORDÍTÁS ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ MŰ:

LARRY GONICK AND MARK WHEELIS: THE CARTOON GUIDE TO GENETICS
(RAJZOS GENETIKAI KALAUZ)

BARNES AND NOBLE BOOKS, HARPER AND ROW, PUBLISHERS, 1983

FORDÍTOTTA: **MARTON JÁNOS**

A FORDÍTÁST AZ EREDETIVEL EGYBEVETETTE: **KORÁNYI TAMÁS**

A KÖNYVET RAJZOLTA ÉS LEÍRTA: **PÁSZTOR GYÖNGYI**

ISBN 963 282 072 X

PUBLISHED BY ARRANGEMENT WITH HARPER AND ROW, PUBLISHERS, INC.,
NEW YORK, N.Y., USA

© LARRY GONICK AND MARK WHEELIS, 1983

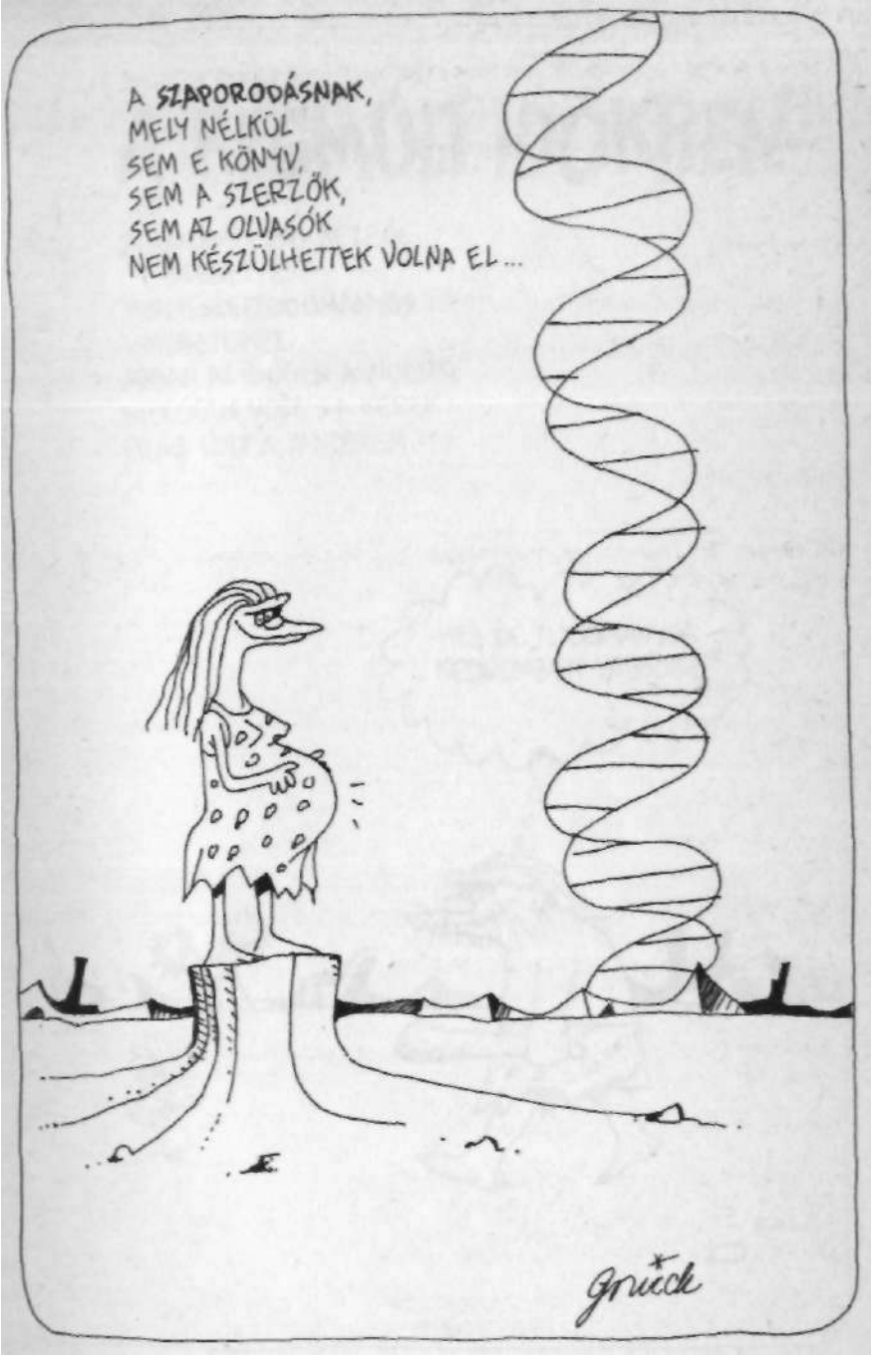
© MARTON JÁNOS, 1988. HUNGARIAN TRANSLATION

A KIADÁSÉRT FELEL A GONDOLAT KÖNYVKIADÓ IGAZGATÓJA

DABASI NYOMDA (88.1550) DABAS, 1988

FELELŐS VEZETŐ: **BÁLINT CSABA** IGAZGATÓ
FELELŐS SZERKESZTŐ: **GARAI ATTILA**
MŰSZAKI VEZETŐ: **TÓBI ATTILA**,
MŰSZAKI SZERKESZTŐ: **HODU PÁLNÉ**

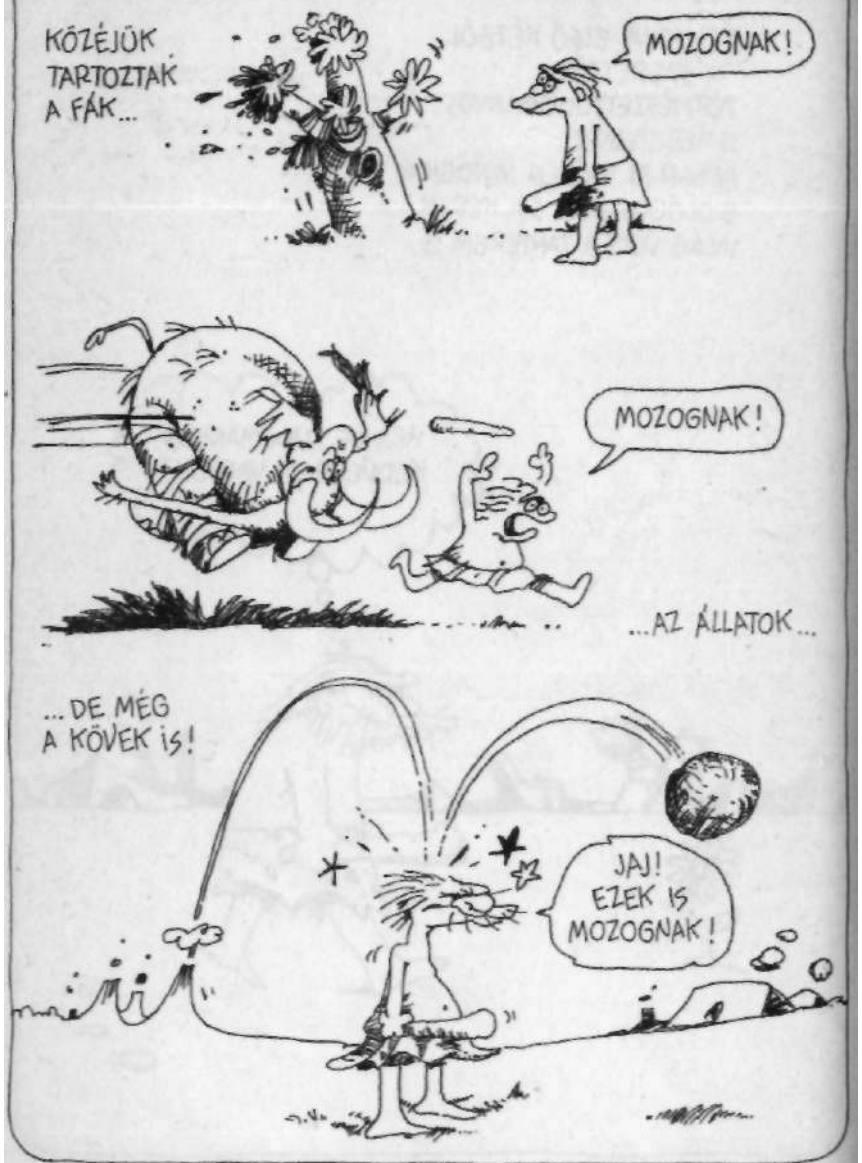
MEGJELENT 14,31 A/5 ÍV TERJEDELEMBEN,
AZ MSZ 5601-59 ÉS 5602-55 SZABVÁNY SZERINT



A RÉGMÚLT IDŐKBEN...

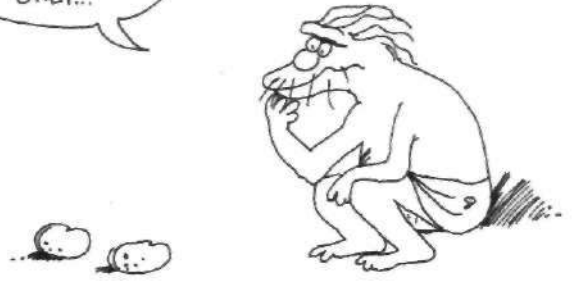
ŐSEINK ELSŐ KÉZBŐL SZEREZTÉK TERMÉSZETTUDOMÁNYOS ISMERETEIKET.
ABBAN AZ IDŐBEN MINDENKI BIOLÓGUS VOLT, S A KEREK VILÁG VOLT A TANTEREM !!

AZT MONDJÁK, HOGY A GONDOLKODÁS ELSŐ DERENGÉSÉNEK KORÁBAN AZ EMBEREK NEM KÜLÖNBÖZTETTEK MEG **ÉLŐ** ÉS **ÉLETTELEN** DOLGOKAT. SZÁMUKRA MINDEN ÉLŐ VOLT, S ENNÉLFOGVA „BIOLÓGIAI KUTATÁSOK" TÁRGYÁUL SZOLGÁLT.



TANULMÁNYAIK SORÁN ŐSEINKNEK ÉSZRE KELLETT VENNIÖK EGY NYILVÁNVALÓ TÉNYT: EGYES DOLGOK SZAPORODNAK.

SZÁMOS ŐSKOROLÓGUS ÚGY VÉLI, HOGY AZ ŐSEMBER NEM TUDOTT A SZEX ÉS A SZAPORODÁS KAPCSOLATÁRÓL. A FOGANTATÁS ÉS A SZÜLETÉS KÖZTI KILENC HÓNAP MÉG A LEGJOBB KŐKORSZAKIK EMLÉKEZŐTEHETSÉGÉNEK IS SOK VOLT. ÉS KÜLÖNBEN IS, MI KÖZE A SZEXNEK A KÖVEK SZAPORODÁSÁHOZ ??!!



MINDAZONÁLTAL ENNEK AZ ELMÉLETNEK IS MEGVAN A MAGA GYENGÉJE: LEHET, HOGY A **FÉRFIAK** NEM ÉRZÉKELIK AZ EMLÍTETT KAPCSOLATOT, NO DE A **NŐK**? CSAK ÉSZREVETTÉK, HOGY MI ZAJLIK BENNÜK!?

AZ EMLÍTETT ELKÉPZELÉS SZERINT AKKOR VILÁGOSODOTT MEG A DOLOG, AMIKOR ELKEZDŐDÖTT AZ **ÁLLATOK HÁZIASÍTÁSA**, ÉS AZ EMBEREK MEGFIGYELHETTÉK A SZAPORODÁSI CIKLUST: A PÁRZÁST AZ EGYIK ÉVSZAKBAN, AZ ELLÉST A MÁSIKBAN...

NAGY MEGRÁZKÓDTATÁS LEHETETT, AMIKOR KIDERÜLT, HOGY A CSECSEMŐK VILÁGRAJÖTTÉHEZ A FÉRFIAKNAK IS TENNI KELL VALAMIT... A TÁRSADALOMBAN KOMOLY VÁLTOZÁSOKHOZ VEZETETT EZ A FÖLFEDEZÉS: A HÁZASSÁG, A PATRIARCHÁTUS, SŐT AZ APÁK NAPJA ÉS AZ APASÁGI KERESET IS ENNEK KÖSZÖNHETI LÉTÉT. DE MARADJUNK CSAK A BIOLÓGIÁNÁL, S NE MERÜLJÜNK BELE MÉLYEBBEN EZEKBE A PROBLÉMÁKBA...

KÉZENFEKVŐ VOLT EZEK UTÁN A FELISMERÉS, HOGY HOLLÓNAK HOLLÓ A FIA, AVAGY KUTYÁBÓL NEM LESZ SZALONNA – EZEK AZ ELSŐ IGAZÁN GENETIKAI GONDOLATOK...

EZZEL MÁRIS MEGKEZDŐDÖTT AZ

ALKALMAZOTT GENETIKA,

VAGYIS A **SZELEKCIÓS NEMESÍTÉS** KORSZAKA, A PÁSZTOROK SZABÁLYOZNI KEZDTÉK ÁLLATAIK PÁRZÁSÁT, KIVÁLASZTOTTÁK A „LEGJOBB" PÉLDÁNYOKAT TOVÁBBTENYÉSZTÉSRE, ÉS MEGSZABADULTAK A „LEGROSSZABBAKTÓL".

AZ EREDMÉNY?

A SZÍVÓS, RAVASZ, BÜSZKE VADÁLLATOKBÓL BÁRGYÚ GYAPJÚZSÁKOK LETTEK!!

A FEJLŐDÉS NEM ÁLLT MEG, HÁZIASÍTANI KEZDTÉK A **NÖVÉNYEKET** IS:

AZ ELSŐ FARMEREK UGYANAZT A MÓDSZERT KÖVETTÉK, MINT A PÁSZTOROK: KIGYOMLÁLTÁK A NEMKÍVÁNATOS EGYEDEKET, ÉS CSAK A LEGJOBBAK MAGVAIT VETETTÉK EL.

ÍGY MENT EZ CSAKNEM AZ EGÉSZ VILÁGON: A VÁNYADT FÜVEK ÉS GAZOK FOKOZATOSAN ÉRTÉKES HASZONNÖVÉNYEKKÉ VÁLTAK. ÁZSIÁBAN A RIZS, A BÚZA, AZ ÁRPA ÉS A DATOLYA; AMERIKÁBAN A KUKORICA, A TÖK, A PARADICSOM, A BURGONYA, A PAPRIKA; AFRIKÁBAN A JAMSZGYÖKÉR, A FÖLDIMOGYORÓ, A KABAKTÖK – MIND AZ EMBER MŰVE!

A NÖVÉNYEKNEK IS VAN NEMI ÉLETÜK, CSAK KISEBB A HŰHÓ KÖRÜLÖTTE, MINT AZ ÁLLATOKNÁL. AZ EMBER ELŐSZÖR A **MEGPORZÁS** JELENTŐSÉGÉT ISMERTE FEL: A VIRÁGRA VIRÁGPORNAK KELL SZÁLLNIA, CSAK ÍGY ÉRLEL A NÖVÉNY TERMÉKENY MAGVAKAT.

ÁMDE –

AZ ELSŐ FARMEREK NEM TUDTÁK, TULAJDONKÉPPEN MIRE IS VALÓ A MEGPORZÁS, EZÉRT EGY KIS HÓKUSZ-PÓKUSZT VITTEK BELE, ÉPP CSAK A BIZTONSÁG KEDVÉÉRT...

EZEK ITT ASSZÍR PAPOK, DATOLYA-PÁLMÁK MEGPORZÁSÁT VÉGZIK IDŐSZÁMÍTÁSUNK ELŐTT VAGY 800 ÉVVEL.

TUDOMÁNY ÉS VARÁZSLAT ILLETÉN ÖTVÖZÉSÉT GYÖNYÖRŰEN ILLUSZTRÁLJA EGY BIBLIAI TÖRTÉNET (**GENEZIS** KÖNYVE, 30. RÉSZ):

JÁKOB NYÁJÁNAK ESETE

JÁKOB PÁTRIÁRKA ELVÁLLALTA APÓSA, **LÁBÁN** NYÁJÁNAK ŐRZÉSÉT. FIZETSÉGKÉNT CSAK ANNYIT KÉRT, HOGY MAGÁNAK TARTHASSA MEG A „PETTYEGETETT ÉS TARKA" ÁLLATOKAT, MÍG LÁBÁNÉI MARADNAK A TISZTA FEKETÉK. A KÉTFÉLE ÁLLOMÁNYT NEM KERESZTEZHETTE.

A **BIBLIA** RÉSZLETESEN LEÍRJA JÁKOB **TERMÉKENYSÉGI VARÁZSLATÁT**: VESSZŐKET VÁGOTT, „ÉS MEGHÁNTA AZOKAT FEHÉRESEN CSÍKOSRA, HOGY LÁTHATÓ LEGYEN A VESSZŐK FEHÉRE", MAJD ELHELYEZTE ŐKET AZ ITATÓNÁL.

JÁKOB MANŐVERE MÖGÖTT A „HOLLÓNAK HOLLÓ A FIA" ELV HÚZÓDOTT MEG: ÚGY VÉLTE, HOGY A FEHÉR FOLTOK BEMUTATÁSÁVAL ELŐ IS IDÉZHETI AZOKAT LÁBÁN ÁLLATAIN !! NEM MÁS EZ, MINT **HASONSZENVI VARÁZSLAT**...

A GENETIKAI POÉN PEDIG AZ, HOGY A DOLOG ÉRVÉNYESSÉGET NYERT: A TISZTA FEKETE JÓSZÁGOKNAK **TARKA IVADÉKAIK** IS LETTEK, MELYEK A JÁKOB NYÁJÁT GYARAPÍTOTTÁK ! HOGYAN TÖRTÉNHETETT EZ ??

ERRE MÉG VISSZATÉRÜNK!

ITT TEHÁT EGY HELYES GENETIKAI FELISMERÉS TANÚI LEHETTÜNK, DACÁRA ANNAK, HOGY A LÉNYEG MEGÉRTÉSÉNEK NYOMA SINCS.

LÁBÁN MINDENESETRE NEM ÉRTETTE !!

NÉHÁNY TOVÁBBI GENETIKAI ÉRDEKESSÉG AZ ÓKORI TÖRTÉNELEMBŐL:

A KÍNAIAK FELFEDEZTÉK A „KERINGŐZŐ" EGEREKET: EGY MUTÁCIÓT, AMELYNEK AZ A KÖVETKEZMÉNYE, HOGY AZ ÁLLAT KÖRBEN TÁNTOROG.

A HINDUK MEGFIGYELTÉK, HOGY BIZONYOS BETEGSÉGEK A LESZÁRMAZOTTAKBAN IS MEGJELENNEK. MI TÖBB, ÚGY HITTÉK, HOGY A GYERMEKEK SZÜLEIK MINDEN TULAJDONSÁGÁT ÖRÖKLIK. „AZ ALACSONYRENDŰ EMBER NEM SZABADULHAT MEG GYÖKEREITŐL" – MONDJA MANU TÖRVÉNYE.

XENOPHÓN, A GÖRÖG MONDTA A KUTYATENYÉSZTÉSRŐL:

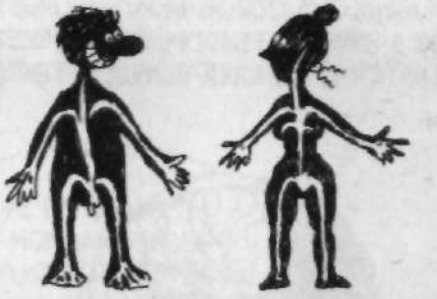
MÁS, XENOPHÓNNÁL MÉLYEBBEN GONDOLKODÓ GÖRÖGÖK MÁR IGAZI **ÁTÖRÖKLÉSI** ELMÉLETEKET IS KIAGYALTAK. MINDENEKELŐTT FELTETTÉK A KÉRDÉST, HOGY „MIÉRT HASONLÍTANAK A GYERMEKEK SZÜLEIKRE?"

A FILOZÓFUS **SZÓKRATÉSZ** AZONBAN AZT IS ÉSZREVETTE, HOGY NÉHA **NEM** HASONLÍTANAK... AZT MONDTA, HOGY A NAGY ÁLLAMFÉRFIAK GYERMEKEI ÁLTALÁBAN SEMMIREKELLŐ LÉHÜTŐK. EZT NEKÜNK IS MINDIG SZEM ELŐTT KELL TARTANUNK – MÁRMINT HOGY NEM MINDEN TULAJDONSÁG ÖRÖKLŐDIK...

KÉRLELHETETLEN ŐSZINTESÉGÉVEL SZÓKRATÉSZ CSAK AZT ÉRTE EL, HOGY A MEGSÉRTETT ATHÉNIAK HALÁLRA ÍTÉLTÉK.

A LEGEGYSÉGESEBB ÓGÖRÖG ÁTÖRÖKLÉSI ELMÉLETET A HÍRES DOKTOR, **HIPPOKRATÉSZ** ALKOTTA MEG.

HIPPOKRATÉSZ FELISMERTE, HOGY AZ APA TULAJDONSÁGAIT AZ **ONDÓ** VISZI ÁT A GYERMEKBE. EBBŐL KIINDULVA FELTÉTELEZTE, HOGY A NŐKBEN IS LENNIE KELL VALAMI HASONLÓ NEDVNEK.



E NEDVEK – OKOSKODOTT HIPPOKRATÉSZ – A TEST LEGKÜLÖNBÖZŐBB RÉSZEIBEN KELETKEZNEK, MAJD A SZAPORÍTÓSZERVEKBEN GYŰLNEK ÖSSZE.

AZ UJJAKBÓL EREDŐ ONDÓ RÉVÉN UJJAK KELETKEZNEK, A HAJBÓL SZÁRMAZÓ ONDÓ RÉVÉN HAJ KELETKEZIK STB.

A FOGAMZÁSKOR A SZÜLŐI NEDVEK HARCRA KELNEK EGYMÁSSAL, ÉS PÉLDÁUL ATTÓL FÜGGŐEN, HOGY AZ APAI VAGY AZ ANYAI UJJONDÓ GYŐZ-E, A GYERMEK KEZE AZ EGYIK VAGY A MÁSIK SZÜLŐÉRE HASONLÍT.

SAJNOS A KÖVETKEZŐ GENERÁCIÓK GONDOLKODÁSÁT LEGJOBBAN BEFOLYÁSOLÓ GÖRÖG NEM HIPPOKRATÉSZ VOLT, HANEM **ARISZTOTELÉSZ**, AMI A TERMÉSZETTUDOMÁNYOKAT ILLETI, ARISZTOTELÉSZT AZ ISMERETEK HIÁNYA NEM GÁTOLTA ELMÉLETE KIAGYALÁSÁBAN.

ARISZTOTELÉSZ – AKIT A „PERIPATETIKUS" JELZŐVEL ILLETTEK, MIVEL ELŐADÁSAIT SÉTA KÖZBEN TARTOTTA – AZT HITTE, HOGY MINDEN ÖRÖKLÖTT TULAJDONSÁG AZ **APÁTÓL** ERED... AZ APAI ONDÓ HATÁROZZA MEG A GYERMEK FORMÁJÁT, MÍG AZ ANYA CSUPÁN A MEGFORMÁLANDÓ NYERSANYAGOT SZOLGÁLTATJA...

HÁT IGEN, EBBEN VAN VALAMI, HISZEN ÍGY MINDEN GYERMEKNEK FIÚNAK KELLENE LENNIE.. DE KI TUDJA... LEHET, HOGY ARISZTOTELÉSZ TUDAT ALATTI ÓHAJA FEJEZŐDÖTT KI AZ ELMÉLETÉBEN. MINDENESETRE A RÉGI GÖRÖGÖK SOKKAL TÖBBRE ÉRTÉKELTÉK A FIÚKAT, MINT A LÁNYOKAT.

NYILVÁNVALÓ AZONBAN, HOGY EGY VALAMIREVALÓ FILOZÓFUS NEM MEHET EL A LÁNYCSECSEMŐK LÉTEZÉSE MELLETT. ARISZTOTELÉSZ IS KIFOLTOZTA ELMÉLETÉT, IMIGYEN: A LÁNYOK LÉTREJÖTTE AZ ANYAI VÉR „KÖZBEAVATKOZÁSÁNAK" KÖSZÖNHETŐ.

AZ EMLÍTETT TETSZETŐS ELMÉLETEK HIBÁDZANAK, HA A GYERMEK **EGYIK SZÜLŐJÉRE SEM** HASONLÍT. BARNA SZEMŰ SZÜLŐKNEK NEMRITKÁN KÉK SZEMŰ KISBABÁJUK SZÜLETIK, ÉS GONDOLJUNK CSAK JÁKOB TARKA KECSKÉIRE!

EGY MÁSIK FILOZÓFUS, **EMPEDOKLÉSZ** ÚGY VÉLTE, HOGY ILYESMI AKKOR KÖVETKEZIK BE, HA AZ ANYÁNAK A TERHESSÉGE ALATT MEGTETSZIK EGY SZOBOR.

A GÖRÖG KULTÚRA LEÁLDOZOTT, DE

A TUDOMÁNY HALAD!

A GÖRÖG TÓGA ILLETT A

RÓMAIAKRA

IS, AKIKNEK KEVÉS ÉRZÉKÜK VOLT A FILOZÓFIA IRÁNT... AZ ÉLET TUDOMÁNYÁVAL SZEMBEN A HALÁL TECHNIKÁJÁT RÉSZESÍTETTÉK ELŐNYBEN.

AZ EGYETLEN GENETIKAI ESZME, AMI TŐLÜK ERED, HOGY A KANCÁK MEGTERMÉKENYÜLHETNEK A SZÉLTŐL...

A KÖZÉP-KORBAN

A TUDOMÁNY TOVÁBB SENYVEDEZETT. AZ ÁTÖRÖKLÉS ELMÉLETEIT ÁLLÍTÓLAGOS SZÖRNYSZÜLÖTTEK LAJSTROMAI VÁLTOTTÁK FEL...

AKADTAK EZEKBEN VALÓS MEGFIGYELÉSEK IS, ÁM MIT LEHET KEZDENI AZ OLYASFÉLE KOHOLMÁNYOKKAL, MINT PÉLDÁUL HOGY MENNYKŐ-CSAPÁSKOR EGY FÉL TEHÉN ESIK LE AZ ÉGBŐL?

NAGYON NEKILÓDULT ELMÉTŐL TELIK CSAK ILYESMI... PERSZE TRÉFÁNAK IS SZÁNHATTA VALAKI...

IGEN... HOGY IS VOLT A ZÁRDAFŐNÖKNŐ ÉS AZ APÁTÚR ESETE A KÉTFEJŰ DISZNÓVAL...

AZ EGYIK KÖZÉPKORI HIEDELEM KÜLÖNÖSEN ÚTJÁBAN ÁLLT A TUDOMÁNYNAK. EZ AZ

ŐSNEMZÉS TANA

VOLT.

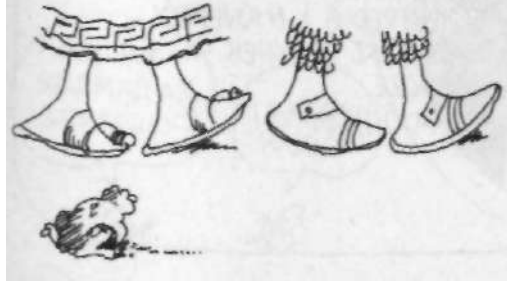
A GÖRÖGÖKRE HIVATKOZVA AZT HIRDETTÉK, HOGY **ÉLŐLÉNYEK** KELETKEZHETNEK „MAGUKTÓL" AZ ÉLETTELEN ANYAGBÓL.

A ROMLÓ HÚSBÓL NYŰVEK KELETKEZNEK, A LÓSZŐR KUKACCÁ VÁLHAT... BÉKÁK, EGEREK ÉS BOGARAK JÖNNEK LÉTRE, CSAK ÚGY, A SZEMÉTBŐL!!

NEM NEHÉZ KITALÁLNI, MIÉRT ÉPP **AKKOR** TERJEDT EL AZ ŐSNEMZÉS TANA. SZEMÉT HEVERT ÚTON-ÚTFÉLEN, ÍGY AZTÁN AZ EFFÉLE „KELETKEZÉSEKET" LÉPTEN-NYOMON MEGFIGYELHETTÉK!

KÖNNYŰ BELÁTNI AZT IS, MIÉRT NEM FÉR ÖSSZE AZ ŐSNEMZÉS TANA A GENETIKÁVAL. HA AZ ISZAPBÓL BÉKA KELETKEZHET, AKKOR BIZONY NINCS SOK ÉRTELME A TULAJDONSÁGOK ÁTÖRÖKLÉSÉRŐL BESZÉLNI.

MINDAZONÁLTAL – AHOGY EMLÍTETTÜK – A TUDOMÁNY HALADT.

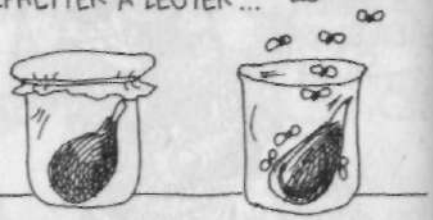


ELJÖTT A 17. SZÁZAD, AMIKOR EGY EGYSZERŰ KÍSÉRLET SÚLYOS CSAPÁST MÉRT AZ ŐSNEMZÉSRE...

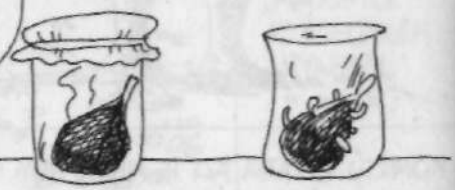
AZ ELEGÁNS BIZONYÍTÉKOT AZ OLASZ **FRANCESCO REDI** SZOLGÁLTATTA...

HA LE AKARJUK ROMBOLNI A GÁTAKAT, KI KELL ÁLLNI A GÁTRA!

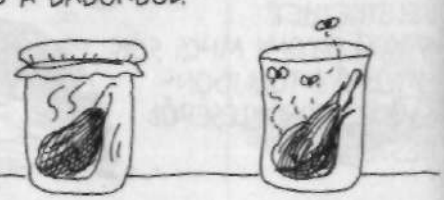
REDI FRISS HÚSDARABOT TETT TÖBB EDÉNYBE, MAJD EGYESEKET GÉZZEL LEFEDETT, MÁSOKAT PEDIG SZABADON BELEPHETTEK A LEGYEK...



EGY IDŐ MÚLVA AZT TAPASZTALTA, HOGY NYÜVEK CSAK A FEDETLEN EDÉNYEKBEN TALÁLHATÓK.



A NYÜVEK MEGNŐTTEK, BEBÁBOZÓDTAK, ÉS NEMSOKÁRA KÉSZ LEGYEK BÚJTAK ELŐ A BÁBOKBÓL.



REDI EZZEL BEBIZONYÍTOTTA, HOGY A NYÜVEK A LEGYEKTŐL VANNAK, A LEGYEK PEDIG A NYÜVEKBŐL LESZNEK, AZAZ EGYIKNEK SINCS SEMMI KÖZE A ROTHADÓ HÚSHOZ!

AZ ÖSNEMZÉS HÍVEI AZONBAN NEM ADTÁK FEL MINDJÁRT...

JÓ, JÓ, LEHET HOGY A LEGYEKKEL MELLÉFOGTUNK... HÁT AZTÁN?

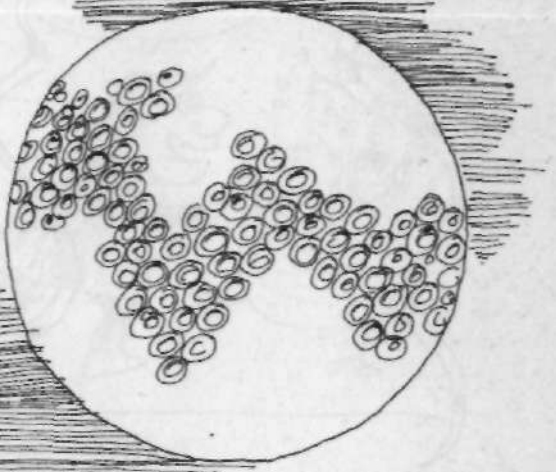
AZ EMBEREK TOVÁBBRA IS HITTÉK, HOGY A BOLHA HOMOKBÓL KELETKEZIK, A ZSIZSIK BORSÓBÓL, AZ ANGOLNA HARMATBÓL STB.

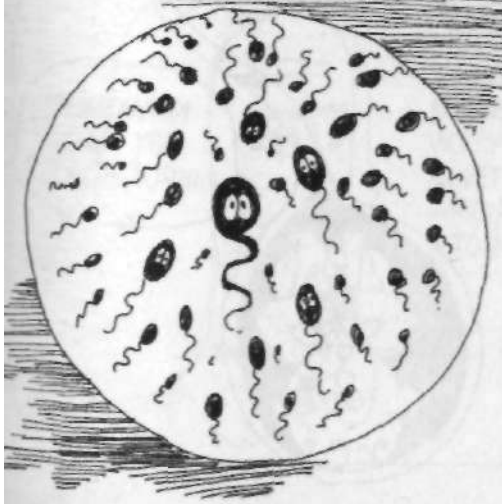
* * * \

PRIMITÍV KÉSZÜLÉKE SEGÍTSÉGÉVEL, AMELY TULAJDONKÉPPEN EGY PÁRJÁT RITKÍTÓ NAGYÍTÓLENCSE VOLT CSUPÁN, LEEUWENHOEK SOKFÉLE APRÓ ÉLŐLÉNYT TANULMÁNYOZOTT. A BOLHA VOLT AZ EGYIK LEGELSŐ: MEGFIGYELÉSEI MÁIG IS HELYTÁLLÓK !!

FELFEDEZTE, HOGY A BOLHÁK, AKÁRCSAK A HALAK, A KUTYÁK VAGY AZ EMBEREK, **SZEXUÁLIS LÉNYEK**!

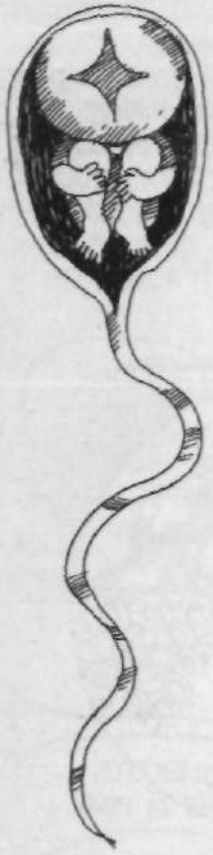
Ő VOLT AZ ELSŐ, AKI LÁTTA A **BAKTÉRIUMOKAT**, E RENDKÍVÜL APRÓ LÉNYEKET, AMELYEK ANNYIRA FONTOS SZEREPHEZ JUTOTTAK A MODERN GENETIKÁBAN.





ÉS Ő FEDEZTE FEL A **SPERMIUMOKAT**. AZ ONDÓT VIZSGÁLVA PICINY „FÉRGEK" MILLIÓIT FIGYELTE MEG.

AZT MONDHATNÁ VALAKI, HOGY E FELFEDEZÉS CSAK A FÉRGEK SZÁMÁT GYARAPÍTOTTA, RÁADÁSUL ÚJABB TÉVESZMÉKHEZ VEZETETT. HÁT IGEN... LEEUWENHOEK MAGA IS AZT HITTE, HOGY MINDEN EGYES SPERMIUMBAN EGY KÉSZ EMBERKE LAPUL.



EBBŐL AZONBAN A KÖVETKEZŐ NEHÉZSÉG SZÁRMAZOTT: HA E KIS LÉNY FIÚ, AKKOR NEKI IS VANNAK HERÉI, AMELYEKBEN MÉG PARÁNYIBB SPERMIUMOKNAK KELL LENNIÖK, EZEKBEN VISZONT UGYANCSAK KOMPLETT EMBERKÉK REJTŐZNEK – ÉS ÍGY TOVÁBB, A VÉGTELENSÉGIG !!!

EX OVO OMNIA...

(A JÓ ÖREG DEÁK IDEÁK!)

MÍG LEEUWENHOEK A SPERMIUMOKON TÖPRENGETT, MÁS TUDÓSOK A NŐKNEK A SZAPORODÁSBAN BETÖLTÖTT SZEREPÉT VIZSGÁLTÁK.

WILLIAM HARVEY (1578–1657) A CSIRKEEMBRIÓ FEJLŐDÉSÉT TANULMÁNYOZTA, ÉS ARRA A MEGGYŐZŐDÉSRE JUTOTT, HOGY MINDEN ÁLLAT TOJÁSBÓL KELETKEZIK. „EX OVO OMNIA" – MONDTA, AZAZ: MINDEN A TOJÁSBÓL ERED.

ÖTLETÉTŐL INDÍTTATVA, HARVEY HALADÉKTALANUL HOZZÁLÁTOTT AZ **EMBERI TOJÁS** FELKUTATÁSÁHOZ.

RÁVETTE A KIRÁLYT, HOGY ENGEDÉLYEZZE SZÁMÁRA AZ EMLŐSÖK TOJÁSA UTÁNI KUTATÁST A KIRÁLYI VADASKERTBEN. SZARVASOK TUCATJAI ESTEK ÁLDOZATUL TRANCSÍROZÁSI DÜHÉNEK, MIRE BELÁTTA, HOGY EZÚTTAL MELLÉFOGOTT.

MINDAZONÁLTAL MÉG KÉTSZÁZ ÉVIG FOLYT A HAJSZA, DE A TOJÁS CSAK NEM KERÜLT ELŐ.

MA MÁR TUDJUK, MIÉRT FULLADTAK KUDARCBA E PRÓBÁLKOZÁSOK. AZ EMLŐSPETE MIKROSZKOPIKUS MÉRETŰ, ÉS RÁADÁSUL IGEN RITKA.

AZ EMLŐSÖK NAGYON KEVÉS „TOJÁST RAKNAK". A NŐI PETEFÉSZEKBEN HAVONTA CSUPÁN EGYETLEN PETE ÉRIK MEG, EZZEL SZEMBEN A FÉRFIAK TÍZMILLIÓSZÁM TERMELIK A SPERMIUMOKAT.

A KUTATÁS AZONBAN FOLYTATÓDOTT... MEGVOLT UGYANIS A KELLŐ „ALAP" ARRA, HOGY HIGGYENEK AZ EMLŐSTOJÁS LÉTEZÉSÉBEN: VAN PETEFÉSZEK, VAN PETEVEZETÉK, AKKOR HÁT TOJÁSNAK IS KELL LENNIE...

A TUDÓSOK ANNYIRA MEG VOLTAK GYŐZŐDVE AZ EMLŐSTOJÁS LÉTÉRŐL, HOGY AMIKOR 1827-BEN VÉGRE FÖLFEDEZTÉK A KUTYA PETÉJÉT, A BIZONYSÁG INKÁBB MEGKÖNNYEBBÜLÉST OKOZOTT, MINT MEGLEPETÉST!!

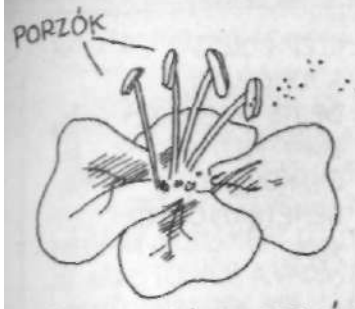
EGY REJTÉLY MARADT MÉG, DE AZ IS MEGOLDÓDOTT, MIKOR **OSCAR HERTWIG** MEGFIGYELTE, HOGY A **MEGTERMÉKENYÍTÉS** NEM MÁS, MINT EGYETLEN SPERMIUM ÉS EGYETLEN PETE EGYESÜLÉSE.

EKÖZBEN

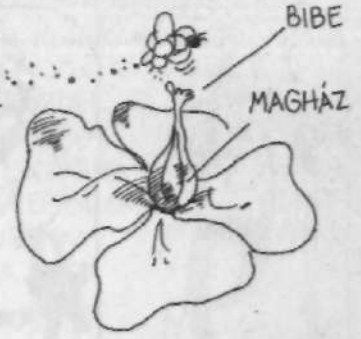
ELŐRELÉPÉS TÖRTÉNT A **NÖVÉNYEK** IVARI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGALATÁBAN IS.

CAMERARIUS, AKINEK NEVE AKÁR NÖVÉNYÉ IS LEHETNE, 1700-RA JÓRÉSZT FELTÁRTA A NÖVÉNYEK SZEXUÁLIS SAJÁTOSSÁGAIT...

KIMUTATTA, HOGY AZ IVARSZERVEK, AMELYEK MEGFELELNEK AZ ÁLLATOK IVARSZERVEINEK, A **VIRÁGOKBAN** VANNAK.



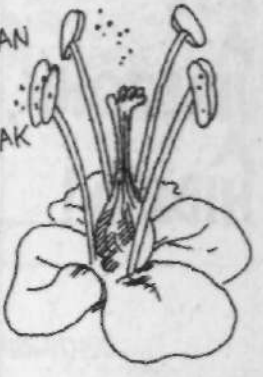
A HÍMIVARSZERVEK, A **PORZÓK** TARTALMAZZÁK A VIRÁGPORT, AMELY AZ ÁLLATOK SPERMIUMÁNAK FELEL MEG.



A NŐI IVARSZERV A **BIBE**, AMELYEN A VIRÁGPOR MEGTAPAD.

A VIRÁGPOR, VAGY ANNAK EGY RÉSZE BEHATOL A MAGHÁZBA, AHOL MEGINDÍTJA A MAG FEJLŐDÉSÉT.

HOGY A DOLOG NE LEGYEN OLYAN EGYSZERŰ, SOK NÖVÉNYNEK EGYARÁNT VANNAK HÍM ÉS NŐI IVARSZERVEI, ÍGY EZEK SAJÁT MAGUKAT IS MEGTERMÉKENYÍTHETIK.



TEHÁT AZ 1800-AS ÉVEK ELEJÉRE ISMERTTÉ VÁLT, HOGY A NÖVÉNYEK IS, AZ ÁLLATOK IS IVAROSAN SZAPORODNAK. A HÍM EGYEDEK ADJÁK A VIRÁGPORT, ILLETVE A SPERMIUMOT, A NŐEGYEDEK PEDIG A PETÉT. EZZEL AZ ŐSNEMZÉS TANA MEGKAPTA A KEGYELEMDÖFÉST – ÚGYSZÓLVÁN...

EGY A JELSZÓNK, A HIBRID!

SZÉP DOLOG A TUDOMÁNY, DE NE FELEDKEZZÜNK MEG A GYAKORLATI GENETIKUSOKRÓL SEM.

A PARASZTOKRÓL, MEG A KERTÉSZEKRÓL, AKIK A FÖLDET TÚRVA ÉRTÉK EL NEM KEVÉSBÉ ÉRTÉKES EREDMÉNYEIKET.

SZÁMUKRA A 19. SZÁZAD ELEJE SZINTÉN A NAGY UGRÁS KORSZAKA VOLT, A NÖVÉNYTERMESZTÉS ÉS AZ ÁLLATTENYÉSZTÉS EKKOR FELVETETT GYAKORLATI KÉRDÉSEI TÖBBÉ-KEVÉSBÉ EGYENES ÚTON VEZETTEK EL A GÉNEK FÖLFEDEZÉSÉHEZ.

NÉZZÜK HÁT, MIT ADOTT A GYAKORLAT A TUDOMÁNYNAK:

1. A STABIL FAJTÁK ÉS VÁLTOZATOK EGYEDEI CSAKNEM MINDIG AZONOS UTÓDOKAT HOZNAK LÉTRE, A SZÜLŐK ÉS A LESZÁRMAZOTTAK TELJESEN MEGFELELNEK EGYMÁSNAK. NÉHÁNY KÖZISMERT PÉLDA: A JONATÁNALMA AZ ARAB TELIVÉR, A VADÁSZKUTYAFAJTÁK, A KÉK SZEMŰ EMBEREK STB...

UGYANAKKOR EGYES TENYÉSZCSOPORTOK NAGY VÁLTOZÉKONYSÁGOT MUTATNAK. JÁKOB NYÁJA JÓ PÉLDA A SZÍNEK VÁLTOZÉKONYSÁGÁRA. BARNA SZEMŰ EMBEREK GYERMEKE KÉK SZEMŰ IS LEHET!

2. NÉHA KÜLÖNBÖZŐ FAJTÁKHOZ, SŐT FAJOKHOZ TARTOZÓ SZÜLŐK PÁROSÍTÁSA IS LEHETSÉGES. EKKOR **HIBRIDEK** KELETKEZNEK: KÖZISMERTEK A KUKORICA HIBRIDFAJTÁI, VAGY A LÓ ÉS A SZAMÁR KERESZTEZÉSÉBŐL SZÁRMAZÓ ÖSZVÉR, AMELY FÉLIG LÓ, FÉLIG SZAMÁR. PERSZE A HIBRIDIZÁLÁS NEM MINDIG LEHETSÉGES !!!

LEHETETLEN HIBRIDEK:

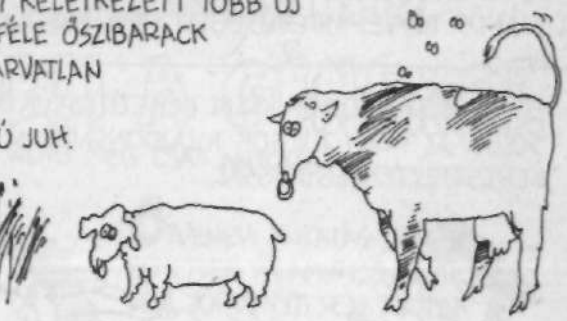
SERTÉS/FA EMBER/SZAMÓCA

A HIBRIDEK MILYENSÉGÉT NEHÉZ ELŐRE MEGJÓSOLNI. LEHET, HOGY CSUPÁN AZ EGYIK SZÜLŐRE HASONLÍTANAK, DE LEHET, HOGY MINDKETTŐ TULAJDONSÁGAIT EGYESÍTIK. HA PEDIG HIBRIDET KERESZTEZÜNK HIBRIDDEL, A VÁLTOZATOK TÖMKELEGE VÁRHATÓ.

3. MINDEN FAJTA, MÉG A LEGSTABILABB IS LÉTREHOZHAT IDŐNKÉNT OLYAN VÁLTOZATOT, AMELY MINDKÉT SZÜLŐTŐL KÜLÖNBÖZIK. AZ ELTÉRÉS ESETLEG AKKORA, HOGY „SZÖRNYSZÜLÖTTRŐL" LEHET BESZÉLNI.

NÉHA AZ ÚJ, SPONTÁN VÁLTOZAT CSAK KEVÉSSÉ TÉR EL A SZÜLŐKTŐL. ILYEN PÉLDÁUL A RÖVID LÁBÚ JUH, AMELY 1800 KÖRÜL TŰNT FEL.

A SPONTÁN VARIÁNST VISSZAKERESZTEZVE A NORMÁLIS EGYEDEKKEL, A 19. SZÁZADI TENYÉSZTŐK SZÁMOS ÚJ, STABIL VÁLTOZATOT HOZTAK LÉTRE. ÍGY KELETKEZETT TÖBB ÚJ BÚZAFAJTA, A SOKFÉLE ŐSZIBARACK ÉS SZAMÓCA, A SZARVATLAN SZARVASMARHA, MEG A RÖVID LÁBÚ JUH.



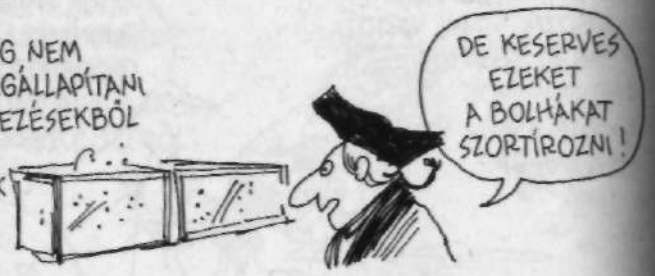
EZEK AZONBAN CSAK AFFÉLE PRÓBÁLGATÁSOK VOLTAK, ÉS NEM MINDIG JÁRTAK EREDMÉNNYEL. FELVETŐDÖTT, HOGY NEM LEHETNE-E TUDOMÁNYOS MÓDSZERT KIDOLGOZNI STABIL VÁLTOZATOKNAK AZ ELŐNYÖS TULAJDONSÁGOK SZELEKTÁLÁSÁVAL VALÓ KIALAKÍTÁSÁRA.

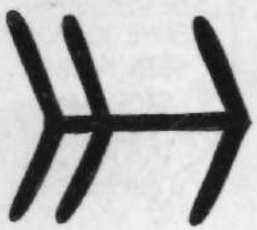
BÁR

A GYAKORLATI NEMESÍTŐK SOK EREDMÉNYT ÉRTEK EL, AZ ÁTÖRÖKLÉS ÁLTALÁNOS TÖRVÉNYSZERŰSÉGEIT NEM SIKERÜLT FÖLFEDEZNIÖK.

EGYES BÚVÁRKODÓK AZZAL NEHEZÍTETTÉK MEG SAJÁT DOLGUKAT, HOGY TÚL SOK TULAJDONSÁGBAN ELTÉRŐ EGYEDEKET KERESZTEZTEK EGYMÁSSAL.

MÁSOK MEG NEM TUDTÁK MEGÁLLAPÍTANI A KERESZTEZÉSEKBŐL SZÁRMAZÓ VÁLTOZATOK PONTOS SZÁMÁT.





ÍGY AZTÁN KILÁTÁSTALANNAK TŰNT A HELYZET. A TUDÓSOK SORRA FELADTÁK PRÓBÁLKOZÁSAIKAT, ÉS KÖNNYEBB TÉMÁKAT KERESTEK. ÉS ÉPPEN EZ VEZETETT ODA, HOGY AMIKOR VÉGRE SIKERÜLT KIÓKUMLÁLNI A TÖRVÉNYEKET, A FELFEDEZÉSRE HARMINC ÉVIG RÁ SE HEDERÍTETT A TUDÓSVILÁG ...

EGY SZERZETES FELFEDEZI A GÉNEKET,

A VILÁG MEG CSAK ÁSÍTOZIK!

ÖTVENÉVI KUTATÁS UTÁN EGYETLEN VALAMIREVALÓ ÁTÖRÖKLÉSI TÖRVÉNYT SEM TUDTAK FELMUTATNI. CSAK AZ VÁLT BIZONYOSSÁ, HOGY HA LEHETSÉGES EGYÁLTALÁN ILYEN TÖRVÉNYT TALÁLNI, AKKOR A SIKER EMBERFELETTI TÜRELMET, VÉGTELEN SOK IDŐT, ÉS MINDENEKFELETT – AHOGY A TÖRTÉNTEK IS IGAZOLTÁK – HALLATLAN SZERENCSÉT KÍVÁN.

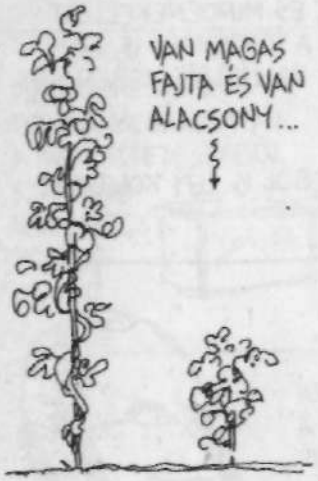
NEM CSODA, HOGY A FELFEDEZÉSRE VÉGÜL IS EGY KOLOSTORBAN KERÜLT SOR

GREGOR MENDEL

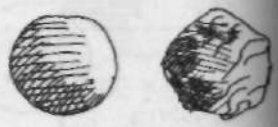
(1822–1884) SZENT ÁGOSTON-RENDI SZERZETES VOLT BRÜNNBEN. SZABAD IDEJÉBEN BORSÓT TERMESZTETT A KOLOSTOR KERTJÉBEN.

ÁM MENDEL NEMCSAK AFFÉLE MŰKEDVELŐ KERTÉSZ VOLT, HANEM IGAZI **TUDÓS** IS. A LEGNAGYOBB ALAPOSSÁGGAL TANULMÁNYOZTA KEDVENC NÖVÉNYEIT, AMELYEKET GYERMEKEINEK NEVEZETT.

A BORSÓ FELETTÉBB SZERENCSÉS VÁLASZTÁS VOLT: TÖKÉLETESEN ALKALMAS ALANY A GENETIKAI KUTATÁSOKHOZ, MIVEL SZÁMOS STABIL VÁLTOZATA VAN, AMELYEK KÖZT HIBRIDEK KÉPEZHETŐK:



VAN MAGAS FAJTA ÉS VAN ALACSONY...



VAN SIMA, KEREK MAGVÚ, ÉS VAN SZÖGLETES, RÁNCOS MAGVÚ...

EGYIKNEK TELT HÜVELYE VAN, A MÁSIKNAK SZŰK...

VAN SÁRGA ÉS VAN ZÖLD, A MAGBUROK LEHET SZÜRKE VAGY FEHÉR. KÜLÖNBSÉG LEHET AZ ÉRETLEN HÜVELYEK SZÍNÉBEN, A MAGBÉL SZÍNÉBEN ÉS A VIRÁGOK HELYZETÉBEN.

MINDEN BORSÓVIRÁGBAN MEGTALÁLHATÓ A HÍM ÉS NŐI IVARSZERV, ÍGY MINDEN TOVÁBBI NÉLKÜL KÉPESEK MAGUKAT MEGTERMÉKENYÍTENI.

HOGYAN CSINÁLTA MENDEL A HIBRIDEKET?

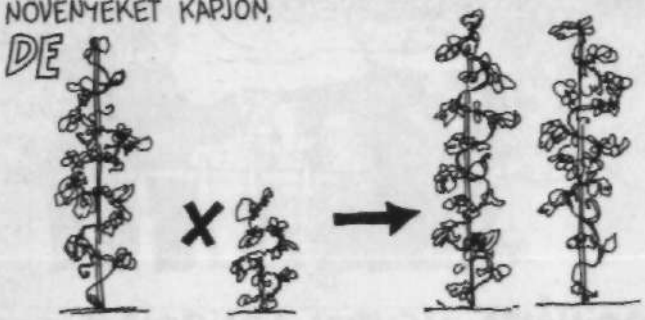
ELŐSZÖR KICSÍPTE A VIRÁGOKBÓL A MÉG ÉRETLEN PORZÓKAT, HOGY MEGGÁTOLJA AZ ÖNTERMÉKENYÜLÉST.

EZUTÁN MEGPOROZTA A BIBÉT EGY MÁSIK, „APAI" NÖVÉNY VIRÁGJÁBÓL SZÁRMAZÓ VIRÁGPORRAL.

VÉGÜL ZACSKÓVAL LEFEDTE A MEGTERMÉKENYÍTETT VIRÁGOKAT, HOGY KIZÁRJA AZ IDEGEN VIRÁGPORRAL VALÓ „MEGCSALATÁST".

ÍGY MENDEL MINDEN GENERÁCIÓBAN SZABÁLYOZNI TUDTA A SZÜLŐSÉGET.

MENDEL ELSŐ NAGY EREDMÉNYE A **DOMINANCIA** FELFEDEZÉSE VOLT. MI TÖRTÉNT, HA A MAGAS NÖVÉNYT KERESZTEZTE AZ ALACSONNYAL? A LOGIKUS AZ LETT VOLNA, HOGY KÖZEPES NÖVÉNYEKET KAPJON,

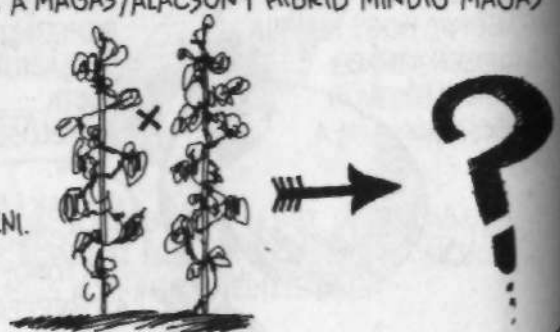


MINDEN UTÓD MAGAS LETT!

MENDEL EZT ÚGY FEJEZTE KI, HOGY A MAGAS TERMET DOMINÁNS AZ ALACSONY TERMETTEL SZEMBEN (A BORSÓNÁL!). AZ ALACSONY TERMET RECESSZÍV. AZ ÁLTALA VIZSGÁLT ESETEKBEN VALAMELYIK TULAJDONSÁG MINDIG DOMINÁNS VOLT.

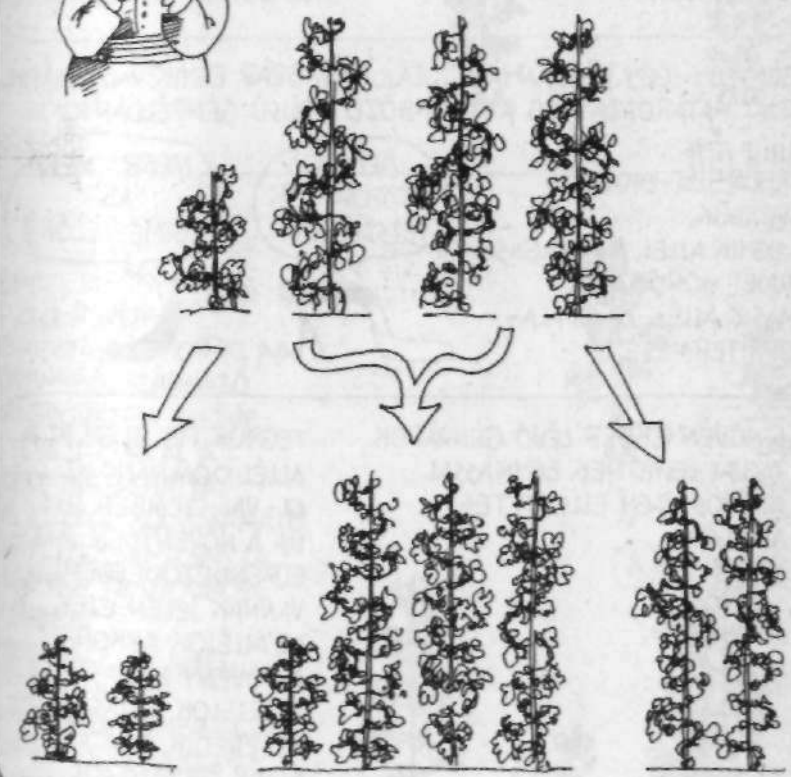
NEM SZÁMÍTOTT, HOGY MELYIK SZÜLŐ ADJA A VIRÁGPORT ÉS MELYIK A PETESEJTET. A MAGAS/ALACSONY HIBRID MINDIG MAGAS LETT.

AKKOR JÖN A BUKFENC, HA A HIBRIDEKET KEZDJÜK EL TOVÁBBTENYÉSZTENI.



HA A HIBRIDEKNÉL ÖNMEGTERMÉKENYÍTÉS TÖRTÉNT, UTÓDAIK MINTEGY ¼-E **ALACSONY** LETT.

FOLYTATVA AZ ÖNMEGTERMÉKENYÍTÉSES KÍSÉRLETET, MENDEL MEGÁLLAPÍTOTTA, HOGY A HIBRID EREDETŰ MAGAS BORSÓK EGYHARMADA CSAK MAGAS UTÓDOKAT AD, MÍG A TÖBBIEK UTÓDAI KÖZT 3:1 ARÁNYBAN LESZNEK MAGAS ÉS ALACSONY NÖVÉNYEK. AZ ALACSONYAKNAK MINDIG CSAK ALACSONY UTÓDAIK LESZNEK.



MENDEL MAGYARÁZATA:

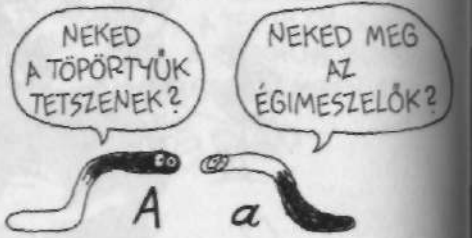
VAN VALAMI A VIRÁGPORBAN ÉS A PETESEJTBEN, AMI MEGHATÁROZZA A BORSÓNÖVÉNYEK MAGASSÁGÁT. EZT A „VALAMIT" MA

GÉN-NEK NEVEZZÜK.

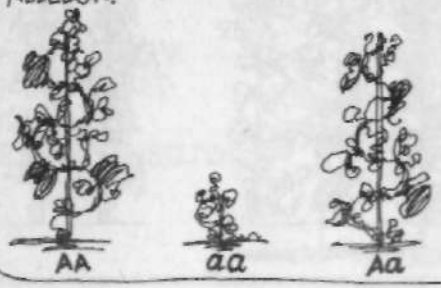
MINDEN VIRÁGPORSZEM ÉS MINDEN PETESEJT TARTALMAZ EGY MAGASSÁGGÉNT, ÍGY AZ EGYESÜLÉSÜKBŐL SZÁRMAZÓ NÖVÉNYBEN **KETTŐ** LESZ.

A GÉN EGY-EGY PÉLDÁNYA A TULAJDONSÁGPÁR EGYIK VAGY MÁSIK TAGJÁT HATÁROZZA MEG. A KÜLÖNBÖZŐ TÍPUSÚ GÉNPÉLDÁNYOKAT

ALLÉL-OKNAK NEVEZZÜK.
AZ EGYIK ALLÉL, **A** A MAGAS TERMET HORDOZÓJA, A MÁSIK ALLÉL, ***a*** AZ ALACSONY TERMETÉ.

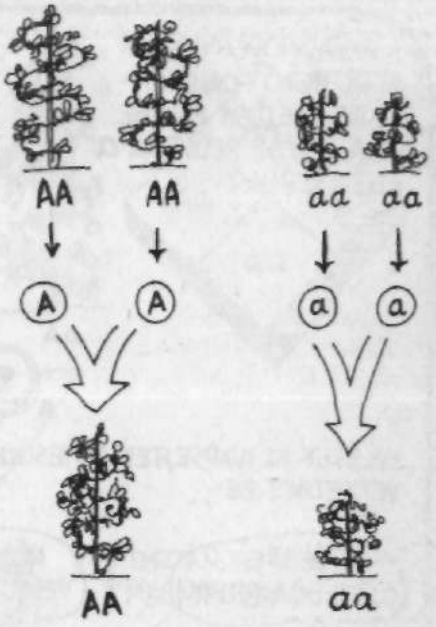


A NÖVÉNYEKBEN LÉVŐ GÉNPÁROK TAGJAI LEHETNEK EGYMÁSSAL AZONOS VAGY ELLENTÉTES ALLÉLOK.



TEGYÜK FEL, HOGY AZ **A** ALLÉL DOMINÁNS AZ ***a***-VAL SZEMBEN. ÍGY HA A NÖVÉNYBEN **Aa** ELRENDEZŐDÉSBEN VANNAK JELEN EZEK AZ ALLÉLOK, AKKOR A NÖVÉNY MAGAS LESZ. AZ ALLÉLOK HATÁSA NEM KEVEREDIK, CSAK AZ EGYIK ÉRVÉNYESÜL.

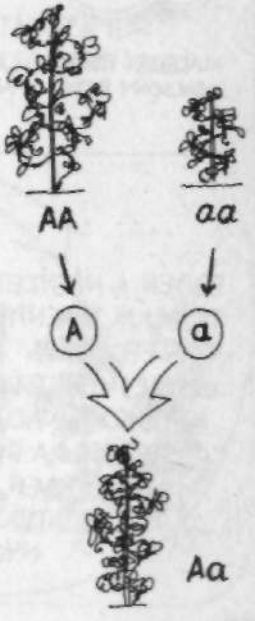
MI TÖRTÉNIK, HA EGY **AA** GENOTÍPUSÚ NÖVÉNY EGY MÁSIK **AA** NÖVÉNYT TERMÉKENYÍT MEG? A VIRÁGPOR ÉS A PETE A GÉNNEK EGY-EGY PÉLDÁNYÁT TARTALMAZZA... MIVEL EBBEN AZ ESETBEN MINDKÉT ALLÉL UGYANAZ, **A**, AZ UTÓDOKBAN **AA** ALLÉLPÁROK LESZNEK, AZAZ MAGAS NÖVÉNYEKET KAPUNK. UGYANÍGY, AZ ***aa*** ALLÉLPÁRT TARTALMAZÓ NÖVÉNY UTÓDAI CSAK ALACSONYAK LEHETNEK. EZEK A STABIL — MAGAS VAGY ALACSONY — VÁLTOZATOK.



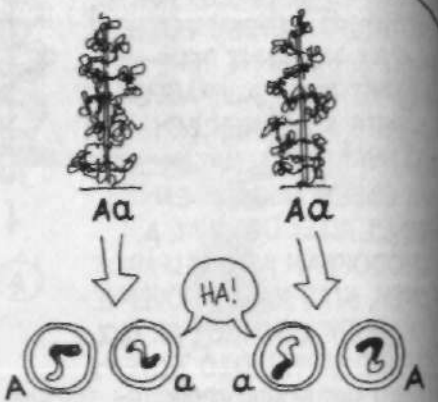
MENDEL ELSŐKÉNT **AA** ÉS ***aa*** NÖVÉNYEKET HIBRIDIZÁLT. EKKOR AZ **AA** NÖVÉNYBŐL SZÁRMAZÓ VIRÁGPORSZEM, ILLETVE PETESEJT CSAK AZ **A** ALLÉLT TARTALMAZZA, MÍG AZ ***aa***-BÓL SZÁRMAZÓ IVARSEJTEKBEN CSAK ***a*** ALLÉL VAN. AZ UTÓDNÖVÉNYEKBEN

TEHÁT

MINDIG **Aa** KOMBINÁCIÓ JÖN LÉTRE, ÍGY A DOMINANCIA ÉRTELMÉBEN EZEK MAGASAK LESZNEK.



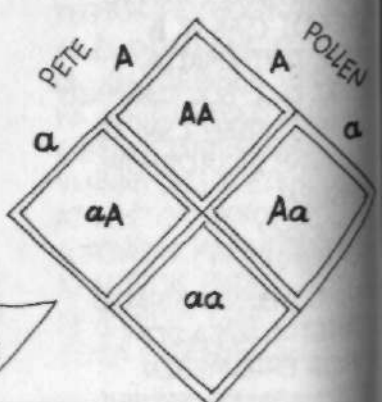
A HIBRIDNÖVÉNYEKBEN KELETKEZŐ POLLENEK ÉS PETESEJTEK FELÉBE AZ **A**, FELÉBE PEDIG AZ **a** ALLÉL KERÜL.



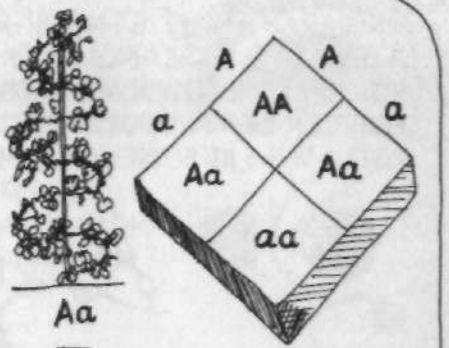
HA EZEK AZ IVARSEJTEK EGYESÜLNEK, NÉGYFÉLE KOMBINÁCIÓ KÖVETKEZHET BE:

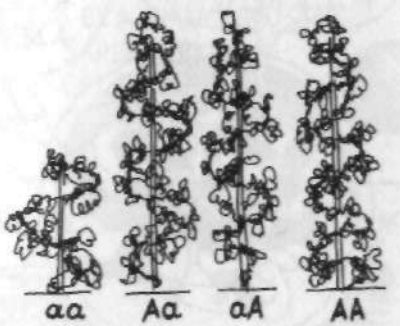
ALACSONY POLLEN ALACSONY PETE | MAGAS POLLEN ALACSONY PETE | ALACSONY POLLEN MAGAS PETE | MAGAS POLLEN MAGAS PETE

EBBEN A NÉGYZETBEN TALÁLJUK A FENTIEKET ÖSSZEFOGLALVA: AZ ÖSSZES LEHETSÉGES UTÓDKOMBINÁCIÓ SZEREPEL A REKESZEKBEN, BEMUTATVA AZ ARÁNYOKAT IS.



ITT MEGINT A HIBRID GENERÁCIÓ UTÓDAIT LÁTHATJUK ÚGY, AHOGY MENDEL ÉSZLELTE ŐKET. AZ ELSŐ UTÓDGENERÁCIÓ KOMBINÁCIÓI A KERESZTEZÉSI NÉGYZETBEN, A MÁSODIKÉI AZ ALSÓ SORBAN LÁTHATÓK.





$\frac{1}{4}$ TISZTÁN TENYÉSZŐ MAGASAK (**AA**)

$\frac{1}{2}$ MAGASAK, AMELYEKTŐL ALACSONYAK IS SZÁRMAZHATNAK (**Aa**)

$\frac{1}{4}$ TISZTÁN TENYÉSZŐ ALACSONYAK (**aa**)

MENDEL KERESZTEZTE TOVÁBBÁ A SIMA MAGVÚ VÁLTOZATOT A GÖMBÖLYŰ MAGVÚVAL, A PIROS VIRÁGÚT A FEHÉR VIRÁGÚVAL STB. MINDEN ESETBEN AZT LÁTTA, HOGY A TULAJDONSÁGOT EGYETLEN GÉN HATÁROZZA MEG, AMELYNEK KÉT ELLENTÉTES ALLÉLJA VAN, S AZ EGYIK DOMINÁNS A MÁSIKKAL SZEMBEN.

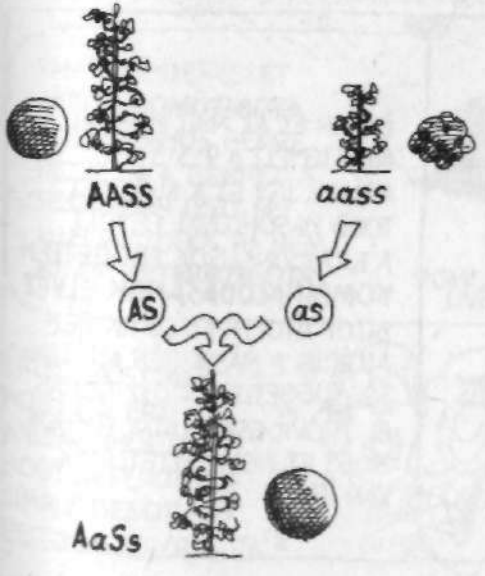
UGY LÁTSZOTT TEHÁT, HOGY A POLLEN IS, A PETESEJT IS MEG VAN TÖMVE EZEKKEL A KIS „VALAMIKKEL", AMELYEK A SZERVEZET ÖRÖKLŐDŐ TULAJDONSÁGAIÉRT FELELŐSEK. JÓ NAGY TÜLEKEDÉS LEHET!

ANÉLKÜL, HOGY AKÁR EGYETLEN GÉNT IS LÁTOTT VOLNA, MENDEL LEVONTA A KÖVETKEZTETÉST: AZ ÁTÖRÖKLÉST EZEK AZ „ÖRÖKÍTŐ ATOMOK" SZABÁLYOZZÁK, AMELYEK SOHASEM ESNEK SZÉT, S NEM IS KEVEREDNEK EGYMÁSSAL, HANEM NEMZEDÉKRŐL NEMZEDÉKRE VÁLTOZATLANUL FENNMARADNAK.

KÉSŐBB MENDEL KERESZTEZÉSEKET VÉGZETT OLYAN NÖVÉNYEK KÖZÖTT IS, AMELYEK KÉT TULAJDONSÁGBAN KÜLÖNBÖZTEK. ÍGY PÉLDÁUL KERESZTEZETT SIMA MAGVÚ, MAGAS NÖVÉNYT RÁNCOS MAGVÚ ALACSONNYAL. A FELVETŐDŐ KÉRDÉS: ÖSSZEFÜGG-E EGYMÁSSAL A MAGASSÁGNAK ÉS A MAG FORMÁJÁNAK AZ ÖRÖKLŐDÉSE?

NEVEZZÜK EL A SIMAMAGVÚSÁG ALLÉLJÁT **S**-NEK, A RÁNCOSMAGVÚSÁGÉT PEDIG **s**-NEK. **S** A DOMINÁNS, ÍGY

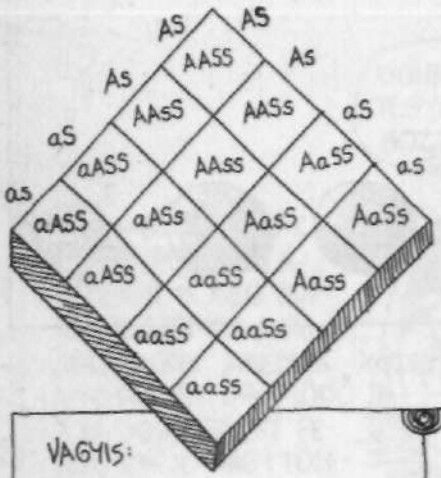
HA **AASS**-T ÉS **aass**-T KERESZTEZZÜK:



(MIVEL A MAGAS TERMET ÉS A SIMAMAGVÚSÁG DOMINÁNS.)

A HIBRID ÖNTERMÉKENYÜLÉSEKOR A KÖVETKEZŐ VARIÁCIÓK LÉPHETNEK FÖL:

HA A MAGASSÁG ÉS A MAGFORMA GÉNJEI EGYMÁSTÓL FÜGGETLENÜL KOMBINÁLÓDNAK, AKKOR EZEK A POLLEN- ÉS PETESEJTTÍPUSOK KELETKEZNEK, EGYENLŐ VALÓSZÍNŰSÉGGEL:



ENNEK MEGFELELŐEN ILYEN A KERESZTEZÉSI NÉGYZET:

VAGYIS:

1 AASS 2 AASs 2 AaSS 4 AaSs	9 MAGAS, SIMA MAGVÚ
1 AAss 2 Aass	3 MAGAS, RÁNCOS MAGVÚ
1 aaSS 2 aaSs	3 ALACSONY, SIMA MAGVÚ
1 aass	1 ALACSONY, RÁNCOS MAGVÚ

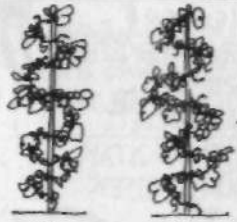
ÉPPEN EZ AZ, AMIT MENDEL MEGFIGYELT, A 9:3:3:1 ARÁNY! ÍGY EZ A KÍSÉRLET, TÖBB HASONLÓVAL EGYÜTT, A TULAJDONSÁGOK **FÜGGETLEN KOMBINÁLÓDÁSÁNAK ELVÉT** BIZONYÍTOTTA. AZ EGYIK GÉN ALLÉLJAI A MÁSIK GÉN ALLÉLJAITÓL FÜGGETLENÜL OSZTÓDNAK EL. (RÖVIDESEN LÁTNI FOGJUK, HOGY EZ NEM FELTÉTLENÜL VAN ÍGY.)

MOST, HOGY LÁTTUK, HOGYAN MŰKÖDNEK A GÉNEK, FOGLALKOZZUNK EGY KEVESET A GENETIKA TOLVAJNYELVÉVEL, HOGY KIHALLGATHASSUK A MAI GENETIKUSOKAT...

ÉS MOST EGY KIS SZEMLÉLTETŐ GÉNTECHNIKAI OKTATÁSBAN RÉSZESÍTELEK, BÉBI! ...ENGEM ELŐSZÖR IS A GÉNBANKSZÁMLÁJA ÉRDEKELNE, PROFESSZORKÁM!

NOS... **ENNYIRE** AZÉRT NE LEGYÜNK KÍVÁNCSIAK...

A GENETIKUSOK MEGKÜLÖNBÖZTETIK A SZERVEZETEK **FENOTÍPUSÁT**, AZAZ A MEGJELENÉST, ÉS A **GENOTÍPUST**, HOGY TUDNILLIK MILYEN ALLÉLOKAT TARTALMAZNAK.

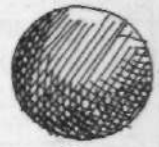


AA Aa

AZONOS FENOTÍPUS ELTÉRŐ GENOTÍPUS

VALAMELY SZERVEZET AKKOR **HOMOZIGÓTA** EGY BIZONYOS GÉNRE NÉZVE, HA A GÉNNEK A SEJTJEIBEN LÉVŐ KÉT ALLÉLJA AZONOS. HA NEM, AKKOR **HETEROZIGÓTA**.

SS HOMOZIGÓTA



Ss HETEROZIGÓTA

ÉRTED MOST MÁR, HOGY MIT ÉRT A GENETIKUS AZON, HOGY „A FENOTÍPUS SIMA, A GENOTÍPUS PEDIG HETEROZIGÓTA"?

IGEN, IGEN... DE MI IS A HELYZET A GÉNBANKSZÁMLÁVAL?

MELLESLEG, MOST MÁR MEGÉRTHETJÜK JÁKOB FOLTOS NYÁJÁNAK TITKÁT IS:

LEGYEN A FEKETESÉG ALLÉLJA **F**, AMELY DOMINÁNS A FEHÉR FOLTOSSÁGNAK MEGFELELŐ RECESSZÍV ALLÉL LEGYEN **f**. LÁBÁN FENOTÍPUSBAN FEKETE ÁLLATAI KÖZÜL EGYESEK HORDOZTÁK EZT AZ **f** ALLÉLT, AZAZ HETEROZIGÓTÁK VOLTAK, ÍGY UTÓDAIK KÖZÜL EGYESEK FOLTOSAK LETTEK.*

MÁS SZÓVAL:

* A VALÓSÁGBAN A SZŐRSZÍN ÖRÖKLŐDÉSE BONYOLULTABB, DE AZ ELV AZONOS: RECESSZÍV ALLÉLOK MŰKÖDNEK.

KÉRDÉS:

HA TALÁLKOZUNK EGY DOMINÁNS FENOTÍPUSSAL, HOGYAN DÖNTHETJÜK EL, HOGY HOMOZIGÓTA VAGY HETEROZIGÓTA GENOTÍPUSÚ?

EMBERBEN A BARNA SZEMSZÍN DOMINÁNS A KÉKKEL SZEMBEN. NEVEZZÜK AZ ALLÉLOKAT **B**-NEK ÉS **b**-NEK.

HOGYAN DÖNTHETJÜK EL, HOGY EZ A BARNA SZEMŰ EMBER **BB** VAGY **Bb** GENOTÍPUSÚ?

AZ EGYIK LEHETŐSÉG, HOGY KERESZTEZZÜK EGY RECESSZÍV HOMOZIGÓTÁVAL, AZAZ EGY (**bb** GENOTÍPUSÚ) KÉK SZEMŰ HÖLGGYEL.

BOCSÁNAT... EL KELL ZÁRKÓZNOM ETTŐL A KÍSÉRLETTŐL... A SZERZETESEK UGYANIS NEM LÉPHETNEK... KERESZTEZÉSRE.

NO JÓ, MAJD KERÍTÜNK VALAKI MÁST!

HA AZ UTÓDOK KÖZÜL VALAMELYIK KÉK SZEMŰ LESZ, AKKOR A BARNA SZEMŰ SZÜLŐNEK **HETEROZIGÓTÁNAK** KELL LENNIE, AZAZ **Bb**-NEK. HA UGYANIS **BB** LETT VOLNA, AKKOR GYERMEKEI MIND **Bb**-K LENNÉNEK, VAGYIS BARNA SZEMŰEK.

AZ ELSŐ FELESÉGEMNEK PÉLDÁUL BARNA SZEME VOLT, NEKEM PEDIG KÉK. EGYIK FIUNK KÉK SZEMŰ, A MÁSIK BARNA. ÍGY TEHÁT AZ ELSŐ FELESÉGEM **HETEROZIGÓTA** VOLT. (A KÉK SZEMŰ FIÚ A **b** ALLÉLT KAPTA TŐLE.) PRÓBÁLJUNK MEG KERESZTEZÉSI NÉGYZETET KÉSZÍTENI.

A MÁSODIK FELESÉGEM KÉK SZEMŰ VOLT, MINT ÉN. HA A GYEREKÜNK **BARNA** SZEMŰ LENNE, MIT JELENTENE EZ? AZT, HOGY A TEJESEMBERT KELL MEGKÉRDEZNI!!

1. AZ ÖRÖKLETES TULAJDONSÁGOKAT **GÉNEK** HATÁROZZÁK MEG, AMELYEK A HIBRIDEKBEN IS MEGŐRZIK ÖNÁLLÓSÁGUKAT. A GÉNEK NEM KEVEREDNEK EGYMÁSSAL.

2. A GÉN EGYIK ALAKJA – ALLÉLJA – **DOMINÁNS** LEHET A MÁSIKKAL SZEMBEN. ÁM A **RECESSZÍV** TULAJDONSÁGOK ÚJRA FELBUKKANNAK A KÉSŐBBI GENERÁCIÓKBAN.

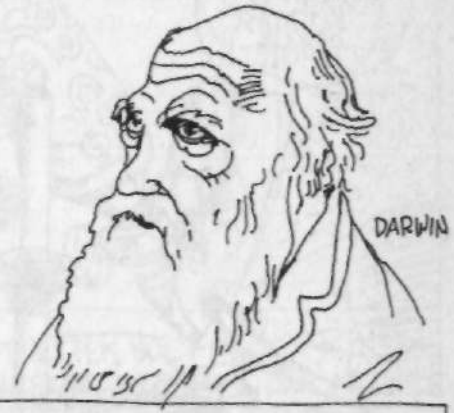
3. MINDEN FELNŐTT SZERVEZETBEN MINDEN GÉN **KÉT** PÉLDÁNYBAN VAN JELEN – MINDKÉT SZÜLŐ EGYET–EGYET AD. A VIRÁGPORSZEMEKBE VAGY SPERMIUMOKBA, ILLETVE A PETESEJTEKBE **EGY-EGY** ALLÉL KERÜL.

A KÜLÖNBÖZŐ ALLÉLOK EGYENLŐ VALÓSZÍNŰSÉGGEL ÉS EGYMÁSTÓL **FÜGGETLENÜL** KERÜLNEK BE AZ EGYES SPERMIUMOKBA ÉS PETÉKBE. AZ ALLÉLOK MINDEN KOMBINÁCIÓJA EGYENLŐ VALÓSZÍNŰSÉGGEL JÖN LÉTRE.

RÖVIDESEN LÁTNI FOGJUK, HOGY E TÖRVÉNYSZERŰSÉGEK NEM TELJESEN TÖRVÉNYSZERŰEK... A DOMINANCIA NÉHA CSAK RÉSZLEGES... VANNAK SZERVEZETEK, AMELYEKBEN CSAK EGYETLEN GÉNKÉSZLET TALÁLHATÓ... ÉS A FÜGGETLEN ELOSZLÁSTÓL VALÓ ELTÉRÉSEK IS LEHETSÉGESEK...

MENDEL A BRÜNNI TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSASÁG ELŐTT FEJTETTE KI TÉZISEIT 1865-BEN. ÁM HALLGATÓSÁGÁBÓL CSAK BÓBISKOLÁST VÁLTOTT KI.

SZERENCSÉTLEN MÓDON SENKI SEM TÖRŐDÖTT A FELVETETT PROBLÉMÁKKAL. EGYSZERŰEN KIMENTEK MÁR A DIVATBÓL. 1859-TŐL AZ **EVOLÚCIÓ** VÁLT A BIOLÓGUSOK SZENVEDÉLYÉVÉ, ÉS NEM BAJLÓDTAK MENDEL EGYENLETEIVEL.



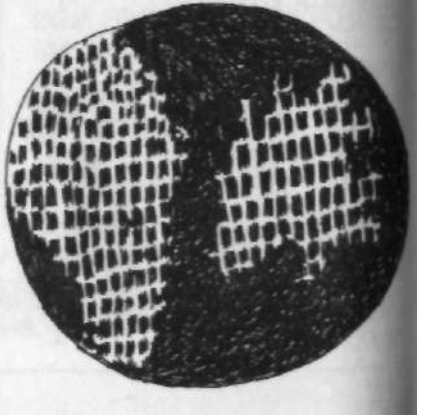
MIRE MENDEL MEGHALT, MŰVE IS A FELEDÉS HOMÁLYÁBA MERÜLT. „ELJÖN MÉG AZ ÉN IDŐM", MONDTA 1884-BEN, NEM SOKKAL HALÁLA ELŐTT.

LÁTJÁTUK FELEIM...

MIKÖZBEN MENDEL MŰVE ELFELEDVE POROSODOTT, CSODÁLATOS DOLGOKAT FEDEZTEK FEL A MIKROVILÁGBAN.

MANAPSÁG MINDENKI TUDJA, HOGY AZ ÉLŐLÉNYEK **SEJTEKBŐL** ÁLLNAK. EZ AZONBAN NEM VOLT ILYEN NYILVÁNVALÓ EGÉSZEN A 19. SZÁZAD VÉGÉIG.

ROBERT HOOKE MÁR A 17. SZÁZADBAN FELFEDEZTE A PARAFA SEJTES SZERKEZETÉT. DE CSAK AZ 1800-AS ÉVEKBEN, AMIKOR JOBB MIKROSZKÓPOKAT TUDTAK KÉSZÍTENI, DERÜLT KI, HOGY MINDNYÁJAN APRÓ RÉSZEGYSÉGEKBŐL ÁLLUNK.



AZ EMBERT SEJTEK MILLIÁRDJAI ALKOTJÁK. AZ EGYSEJTŰEKET – CSAK EGYETLEN SEJT. A SEJTEKNEK A LEGKÜLÖNBÖZŐBB ALAKJUK ÉS MÉRETÜK LEHET.

MI TÖBB, A TUDÓSOK AZT IS ÉSZREVETTÉK, HOGY MINDEN SEJT EGY MÁR LÉTEZŐ MÁSIK SEJTBŐL JÖN LÉTRE, OSZTÓDÁS ÚTJÁN. AZ OSZTÓDÁS ELŐTT A SEJT MINDEN ALKOTÓRÉSZE MEGKETTŐZŐDIK.

A MIKROSZKÓPOK FEJLŐDÉSÉVEL FELTÁRULT A SEJTEK BELSŐ SZERKEZETE.

MINDENEKELŐTT OTT VOLT A **SEJTMAG**, ÉS A SEJTMAGBAN EGY SEJTELMES VALAMI...

SEJTMAG

KROMOSZÓMÁK

KÖZVETLENÜL A SEJT OSZTÓDÁSÁT MEGELŐZŐEN ZSINÓRSZERŰ KÉPLETEK JELENTEK MEG, MEGKETTŐZŐDTEK, MAJD ELTŰNTEK.

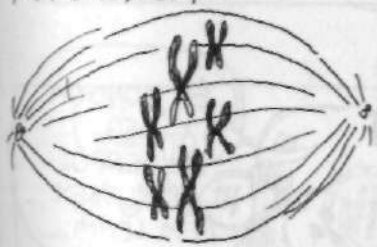
EZEK VOLTAK A **KROMOSZÓMÁK** – SOK KÉSŐBBI VITA ELINDÍTÓI !!

VÉGÜL IS EBBEN EGYEZTEK MEG: A KROMOSZÓMÁK NEM A SEMMIBŐL KELETKEZNEK, S NEM IS TŰNNEK EL. CSAK ÉPPEN RENDESEN ANNYIRA **VÉKONYAK**, HOGY NEM LÁTSZANAK. A SEJTOSZTÓDÁSKOR AZONBAN **FELGÖNGYÖLŐDNEK**, ÉS ÍGY MEGVASTAGODVA MÁR MEGLÁTHATJUK ŐKET.

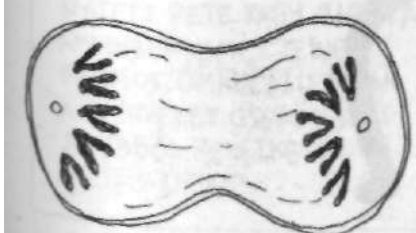
A TOVÁBBI ALAPOS TANULMÁNYOZÁS SORÁN KIDERÜLT, MI IS TÖRTÉNIK A KROMOSZÓMÁKKAL SEJTOSZTÓDÁSKOR.

ELŐSZÖR IS, MIKÖZBEN MÉG LÁTHATATLANOK, MEGKETTŐZŐDNEK, MÉGPEDIG ÚGY, HOGY EGY PONTON, AZ ÚGYNEVEZETT CENTROMÉRNÉL ÖSSZEKAPCSOLÓDIK A PÁR.

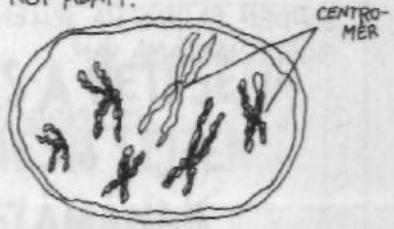
A SEJTMAG KÖRÜLI HÁRTYA FELOLDÓDIK, MAJD EGY FONALAS **ORSÓ** KELETKEZIK, AMELYEN FELSORAKOZNAK A KROMOSZÓMÁK.



A KROMOSZÓMÁK ELJUTNAK A SEJT KÉT ELLENTÉTES PÓLUSÁRA, S EKKOR A HÚZÓFONALAK SZÉTFOSZLANAK.



EZUTÁN MEGVASTAGODNAK ÉS MEGRÖVIDÜLNEK, S LÁTHATÓVÁ VÁLNAK A MIKROSZKÓP ALATT.



A CENTROMÉREK IS SZÉTVÁLNAK, ÉS AZ ORSÓ SZÁLAI, A HÚZÓFONALAK ELTÁVOLÍTJÁK EGYMÁSTÓL A KROMOSZÓMAPÁROK TAGJAIT.

A SEJTMAGHÁRTYA ÚJRAKÉPZŐDIK, MÉGPEDIG MINDKÉT KROMOSZÓMAKÖTEG KÖRÜL. KÖZBEN A KROMOSZÓMÁK SZÉTCSAVARODNAK, S ISMÉT LÁTHATATLANNÁ VÁLNAK. A SEJTOSZTÓDÁS BEFEJEZŐDIK.

EZT A FOLYAMATOT **MITÓZISNAK** NEVEZZÜK.

A MITÓZIS RENDKÍVÜL PRECÍZEN KIDOLGOZOTT FOLYAMAT, MINDKÉT LEÁNYSEJTBE TÖKÉLETESEN AZONOS KROMOSZÓMAKÉSZLET KERÜL. EZÉRT LEHETSÉGES, HOGY A KROMOSZÓMÁK SZÁMA MINDEN SEJTBEN AZONOS LEGYEN. MINDEN FAJNAK RÁ JELLEMZŐ KROMOSZÓMASZÁMA VAN.

FELTŰNHET, HOGY E SZÁMOK MIND **PÁROSAK**. ENNEK MEGVAN AZ OKA, ÉSPEDIG AZ, HOGY A KROMOSZÓMÁK HORDOZZÁK AZ ÁTÖRÖKLÉS ANYAGÁT.

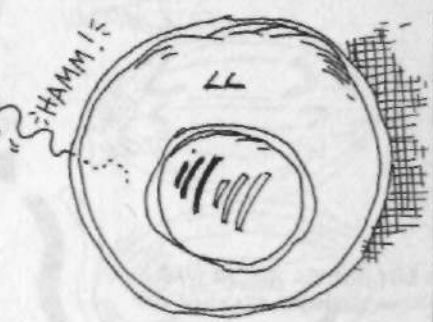
EGY FONTOS

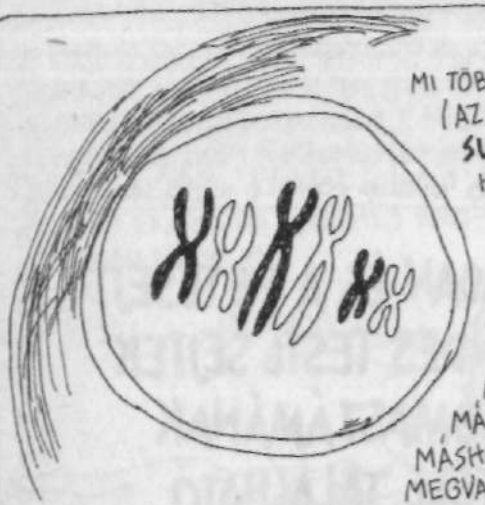
TÉNY:

A SPERMIUMBAN ÉS A PETESEJTBEN A RENDES TESTI SEJTEK KROMOSZÓMASZÁMÁNAK CSAK A FELE TALÁLHATÓ

A DOLOG ÍGY ÁLL: A SPERMIUM ÉS A PETESEJT, AZAZ A CSÍRASEJTEK, VAGY **GAMÉTÁK** FÉL KROMOSZÓMAKÉSZLETTEL RENDELKEZNEK.

A MEGTERMÉKENYÍTÉSKOR SEJTMAGVAIK EGYESÜLNEK, LÉTREJÖN A MEGTERMÉKENYÍTETT PETE VAGY **ZIGÓTA**, AMELYBEN ISMÉT TELJES KROMOSZÓMAKÉSZLET VAN. A SZERVEZET ÖSSZES SEJTJE EBBŐL KELETKEZIK MITÓZIS ÚTJÁN.





MI TÖBB, AZT IS FELFEDEZTÉK (AZ AMERIKAI **WILLIAM SUTTON** 1902-BEN), HOGY A SPERMIUM MINDEN KROMOSZÓMÁJÁNAK MEGFELEL EGY KROMOSZÓMA A PETÉBEN. JÓL MEGFIGYELHETŐ EZ AKKOR, AMIKOR A KROMOSZÓMÁK PÁRONKÉNT EGYMÁSHOZ SIMULNAK ÉS MEGVASTAGODNAK.

ÍGY TEHÁT A TESTI SEJTEKBEN MINDEN KROMOSZÓMÁBÓL KÉT PÉLDÁNY VAN. EZEK AZ ÚGYNEVEZETT **HOMOLÓG PÁROK**.

AZ EMBER 46 KROMOSZÓMÁJA IS 23 HOMOLÓG PÁRT KÉPEZ.* A PÁROK EGYIK TAGJA AZ ANYÁBÓL SZÁRMAZIK, A MÁSIK AZ APÁBÓL.

A FENTIEK AZT SUGALLJÁK, HOGY LÉTEZNIE KELL EGY OLYAN KÜLÖNLEGES OSZTÓDÁSI MÓDNAK AMELY AZ IVARSEJTEKET HOZZA LÉTRE.

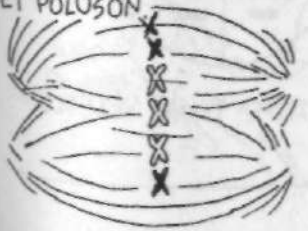
* EGY KIVÉTEL VAN, AZ IVARI KROMOSZÓMÁK. EZEKRŐL MAJD KÉSŐBB!

EZ AZ OSZTÓDÁS A **MEIÓZIS**, AMELY TULAJDONKÉPPEN **KETTŐS** OSZTÓDÁS.

ELŐSZÖR, MINT A MITÓZISBAN, A KROMOSZÓMÁK PÁROKBA RENDEZŐDNEK ÉS MEGVASTAGODNAK.

MOST KIALAKULNAK A HÚZÓFONALAK, ÉS A KROMOSZÓMANÉGYESEK („TETRÁDOK") FELSORAKOZNAK A KÖZÉPVONALBAN. (ERRE KÉSŐBB MÉG VISSZATÉRÜNK!)

AMIKOR A KROMOSZÓMAPÁROK MEGÉRKEZNEK A SEJT KÉT PÓLUSÁRA, A HÚZÓFONALAK FELSZÍVÓDNAK, DE NYOMBAN **ÚJAK** KELETKEZNEK HELYETTÜK, MÉGPEDIG KERESZTBEN, ÉS MINDKÉT PÓLUSON.



EZUTÁN AZONBAN A **HOMOLÓG** KROMOSZÓMAPÁROK HOSSZUKBAN KETTÉVÁLNAK.

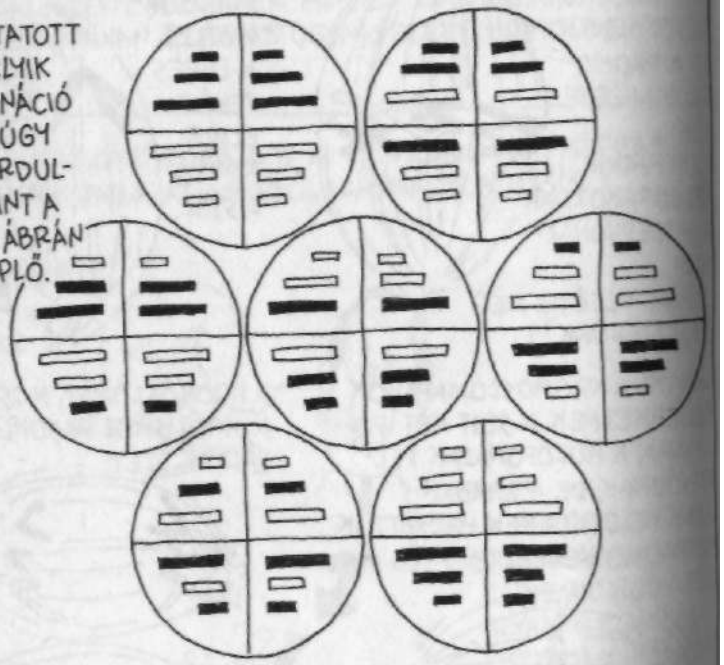
A SZÉTVÁLÁSKOR **KROMOSZÓMAPÁROK** VÁNDOROLNAK A PÓLUSOKHOZ. EZ A LÉPÉS TEHÁT ELTÉR A MITÓZISTÓL.

A KROMOSZÓMÁK MOST A MITÓZISHOZ HASONLÓAN VÁLNAK SZÉT.

A MEIÓZIS TEHÁT **NÉGY** SEJTET EREDMÉNYEZ, AMELYEK MINDEGYIKÉBEN AZ EREDETI MENNYISÉG **FELÉVEL** EGYENLŐ A KROMOSZÓMÁK SZÁMA. ESETÜNKBEN A KIINDULÁSI HAT HELYETT HÁROM KROMOSZÓMA KERÜL A LEÁNYSEJTEKBE.

AZ, HOGY A HOMOLÓG PÁROK **MELYIK** TAGJA **MELYIK** UTÓDSEJTBE KERÜL, TELJESEN A VÉLETLEN MŰVE.

AZ ITT BEMUTATOTT BÁRMELYIK KOMBINÁCIÓ UGYANÚGY ELŐFORDULHAT, MINT A FENTI ÁBRÁN SZEREPLŐ.



A KROMOSZÓMÁK SZÉTOSZLÁSA TEHÁT VÉLETLENSZERŰEN TÖRTÉNIK.

AMIKOR A BIOLÓGUSOK MEGÉRTETTÉK A MITÓZIS ÉS A MEIÓZIS MIBENLÉTÉT, GYANÍTANI KEZDTÉK, HOGY AZ ÁTÖRÖKLÉST A KROMOSZÓMÁK IRÁNYÍTJÁK.

FIGYELMÜK MOST MÁR AZ ÖRÖKLÉSI SÉMÁK FELÉ FORDULT, ÉS A TUDOMÁNY EZÚTTAL ÚGY HALADT ELŐRE, HOGY VISSZALÉPETT MENDEL ELFELEDETT TÖRVÉNYEIHEZ!

A 19. SZÁZAD VÉGE FELÉ HÁROM, EGYMÁSTÓL FÜGGETLENÜL DOLGOZÓ TUDÓS LÉNYEGÉBEN MEGISMÉTELTE A SZERZETES KÍSÉRLETEIT. ŐK HÁRMAN:

PONTOSAN A SZÁZADFORDULÓN, 1900-BAN MINDHÁRMAN KUTATNI KEZDTEK A TUDOMÁNYOS KÖNYVTÁRAKBAN EREDMÉNYEIK ELŐZMÉNYEI UTÁN, ÉS MINDHÁRMAN RÁBUKKANTAK GREGOR MENDELRE.

MIUTÁN BEFEJEZTÉK AZ ÖNOSTOROZÁST. **DE VRIES, CORRENS** ÉS **TSCHERMAK** A VILÁG ELÉ TÁRTÁK MENDEL FELFEDEZÉSEIT. KÉT ÉV SEM TELT EL, ÉS WILLIAM SUTTON MEGLÁTTA A HOMOLÓG KROMOSZÓMAPÁROKAT A SZÖCSKE SEJTJEIBEN, S A TUDÓSOK ELMÉJE MEGVILÁGOSODOTT.

FOGLALJUK ÖSSZE,

HOGY PONTOSAN MIT IS ÁLLAPÍTOTTÁK MEG:

A KROMOSZÓMÁK ÚGY VISELKEDNEK, MINT A GÉNEK. MEGŐRZIK ÖNÁLLÓSÁGUKAT A HIBRIDEKBEN, ÉS EGYMÁSTÓL FÜGGETLENÜL VÁLNAK SZÉT AZ IVARSEJTEK LÉTREJÖTTEKOR. EZÉRT LOGIKUS FELTÉTELEZÉS, HOGY A GÉNEK A KROMOSZÓMÁKON HELYEZKEDNEK EL. (EGY-EGY KROMOSZÓMÁN NYILVÁNVALÓAN SOK GÉN SORAKOZIK, HISZEN TULAJDONSÁG RENGETEG VAN, KROMOSZÓMA PEDIG CSAK NÉHÁNY TUCATNYI.)

A B c d E f STB!

A HOMOLÓG KROMOSZÓMAPÁROK FELFEDEZÉSE ÖSSZEKÖTŐ KAPOCS VOLT A KROMOSZÓMÁK ÉS A MENDEL-TÖRVÉNYEK KÖZÖTT. EMLÉKEZZÜNK CSAK VISSZA: MINDEN SEJTBEN MINDEN GÉNBŐL EGY ALLÉLPÁR VAN JELEN. TOVÁBBLÉPVE AZT IS MEGÁLLAPÍTOTTÁK, HOGY

VALAMELY GÉN KÉT ALLÉLIKUS PÉLDÁNYA A MEGFELELŐ HOMOLÓG KROMOSZÓMAPÁR UGYANAZON PONTJÁN TALÁLHATÓ.

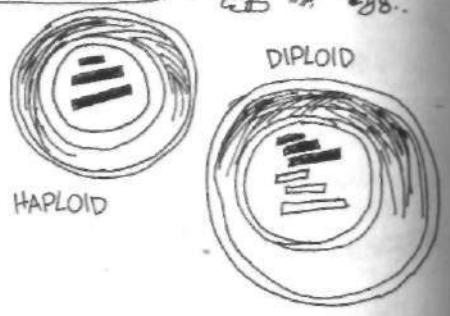
AZAZ, HA A MAGASSÁGOT MEGHATÁROZÓ GÉN EGYIK PÉLDÁNYA ITT VAN,

AKKOR A MÁSIK PÉLDÁNYNAK ITT KELL LENNIE.

MINDEZ IGAZNAK BIZONYULT... DE KÉSŐBB, AMIKOR MÉLYEBBEN TANULMÁNYOZTÁK A KÉRDÉST, FELFEDEZTEK NÉHÁNY DOLGOT, AMIT MENDEL NEM VEHETETT ÉSZRE...

AZ EGYIK ILYEN MEGÁLLAPÍTÁS, HOGY NEM MINDEN ÉLŐLÉNYBEN VAN KETTŐS KROMOSZÓMASZERELVÉNY. SOK ALACSONYABB RENDŰ FAJ, MINT PÉLDÁUL EGYES GOMBÁK, CSAK EGYETLEN SOROZATTAL RENDELKEZIK.

AZ EGYETLEN KROMOSZÓMASZERELVÉNNYEL RENDELKEZŐ SEJTET **HAPLOIDNAK** NEVEZZÜK, MÍG A KETTŐS SZERELVÉNNYEL ELLÁTOTT SEJT **DIPLOID** TESTI SEJTJEINK DIPLOIDOK, IVARSEJTJEINK HAPLOIDOK.



A DIPLOID SZERVEZETEKHEZ TARTOZNAK TÖBBEK KÖZÖTT AZ EMLŐSÖK, A MADARAK ÉS SOK NÖVÉNY. HAPLOIDOK A HÍM MÉHEK – A HERÉK –, SZÁMOS GOMBAFAJ ÉS AZ IVARTALANUL SZAPORODÓ EGYSEJTŰEK.

UGYANAKKOR LÉTEZNEK **POLIPLOID** SZERVEZETEK IS, AMELYEKBEN TÖBB KROMOSZÓMASZERELVÉNY TALÁLHATÓ. A KÖZISMERT NÖVÉNYEK MEGLEPŐEN TEKINTÉLYES HÁNYADA POLIPLOID. (A BORSÓ PERSZE NEM!)

MENDEL ELMÉLETÉNEK MÁSIK SARKALATOS PONTJA A GÉNEK VÉLETLENSZERŰ SZÉTVÁLÁSÁNAK ELVE. ÉPPEN E SZÉTVÁLÁS KORLÁTOZOTT VOLTÁNAK MEGMÉRÉSE TETTE LEHETŐVÉ, HOGY FELTÉRKÉPEZZÉK AZ EGYES GÉNEK HELYÉT A KROMOSZÓMÁKON...

A TÉRKÉPEZÉS

MENDEL ÉS KÖVETŐI SZÁMÁRA A GÉNEK CSAK ABSZTRAKCIÓK VOLTAK, BETŰK, AMELYEKKEL ZSONGLŐRKÖDNI LEHETETT, HOGY MEGMAGYARÁZZUK ÉS MEGJÓSOLJUK, HOGYAN LÉPNEK ÁT AZ ÖRÖKLŐDŐ TULAJDONSÁGOK AZ EGYIK GENERÁCIÓBÓL A MÁSIKBA.

MOST VISZONT KIDERÜLT, HOGY A GÉNEK VALÓSÁGOS, FIZIKAILAG LÉTEZŐ DOLGOK. MEGHATÁROZOTT RENDBEN HELYEZKEDNEK EL A KROMOSZÓMÁKON, ÉS MINDEN GÉN KÉT ALLÉLIKUS PÉLDÁNYA VALAMELY HOMOLÓG KROMOSZÓMAPÁR HOMOLÓG PONTJAIN ÜL.

KÉRDÉS, LEHET-E TÉRKÉPEZNI A GÉNEKET, FELTÜNTETNI, HOGY AZ EGYES ÁTÖRÖKLÉSI EGYSÉGEK HOL HELYEZKEDNEK EL A KROMOSZÓMÁKON.

A VÁLASZT EGY **KÜLÖNÖS** TAPASZTALAT ADJA MEG. MENDEL TÖRVÉNYEI EGY BIZONYOS VONATKOZÁSBAN ELLENTMONDÁSBAN ÁLLNAK A KROMOSZÓMÁK MEGFIGYELT VISELKEDÉSÉVEL.

LÁSSUK CSAK: A KOMPLEX SZERVEZETEKET IRÁNYÍTÓ GÉNEK SZÁMÁNAK ÓRIÁSINAK KELL LENNIE, VISZONT A SEJTEKBEN LÉVŐ KROMOSZÓMÁK SZÁMA NAGYON IS KORLÁTOZOTT. A BORSÓNAK MINDÖSSZE **7 PÁR** KROMOSZÓMÁJA VAN, S AZ EMBERNEK IS CSAK **23**.

EBBŐL VISZONT AZ A PROBLÉMA KEREKEDIK, HOGY HA VALAMELY KÉT GÉN UGYANAZON A KROMOSZÓMÁN FEKSZIK, **HOGYAN ÖRÖKLŐDHETNEK EGYMÁSTÓL FÜGGETLENÜL??** VÉGÜL IS A KROMOSZÓMÁK NEM DARABOLÓDNAK FEL – VAGY IGEN? SZÓVAL, BIZONYOS GÉNEKNEK **KAPCSOLTAN** KELLENE ÖRÖKLŐDNIÜK!!

MOST AKKOR EGYMÁSTÓL FÜGGETLENÜL VÁLNAK SZÉT A GÉNEK, VAGY NEM?

NOS, KIDERÜLT, HOGY VALAHOL FÉLÚTON VAN AZ IGAZSÁG...

VAN UGYAN KAPCSOLAT BIZONYOS GÉNEK KÖZÖTT,

DE

A KROMOSZÓMÁK RÉSZT VEHETNEK GÉNKICSERÉLŐDÉSBEN, AZAZ BEKÖVETKEZHET **ÁTKERESZTEZŐDÉS – CROSSING OVER**, AHOGY A JELENSÉGET ELNEVEZTÉK – A PÁRBAN ÁLLÓ KROMOSZÓMAFONALAK KÖZÖTT.

SZEMLÉLETESSÉG KEDVÉÉRT VEGYÜK PÉLDÁUL A KÖZÖNSÉGES **PARADICSOMOT**...

...ÉS LEHETŐLEG NE FALJUK FEL A SZEMLÉLTETŐESZKÖZT AZ ÓRA VÉGE ELŐTT!

A PARADICSOMNAK VAN EGY BŐRSZERKEZETGÉNJE, AMELYNEK RECESSZÍV ALLÉLJA – **p** – SZŐRÖS TERMÉST EREDMÉNYEZ. (PERSZE A PIACON NEMIGEN LEHET ILYENNEL TALÁLKOZNI!)

UGYANÍGY, A NÖVÉNY TERMETÉT MEGHATÁROZÓ GÉNNEK IS VAN EGY RECESSZÍV ALLÉLJA – **d** – AMELY TÖRPE NÖVÉST OKOZ.

A MEGFELELŐ DOMINÁNS ALLÉLOK: p^+, AMELY SIMA TERMÉST EREDMÉNYEZ, ÉS d^+, AMELY A PARADICSOM MAGAS NÖVÉSÉT BIZTOSÍTJA.

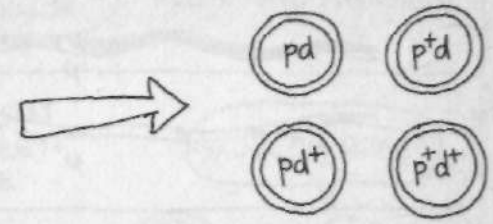
A FÜGGETLEN SZÉTVÁLÁST ELLENŐRZENDŐ, KERESZTEZZÜK A KETTŐS RECESSZÍV **pp dd** NÖVÉNYT A HETEROZIGÓTA pp^+dd^+ NÖVÉNNYEL.

SZŐRÖS, TÖRPE
ppdd

SIMA, MAGAS
pp^+dd^+

TEGYÜK FEL, HOGY MENDELNEK IGAZA VOLT, ÉS A **p** GÉNEK A **d** GÉNEKTŐL FÜGGETLENÜL ÖRÖKLŐDNEK.

EZ ESETBEN A pp^+dd^+ HIBRID NÖVÉNY GAMÉTÁIBAN A **p**-K ÉS **d**-K MINDEN KOMBINÁCIÓJÁT MEGTALÁLNÁNK.

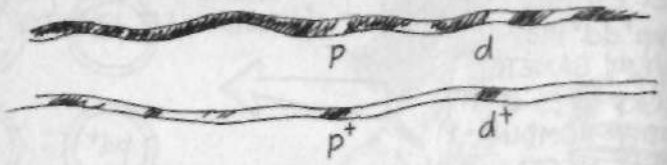


HA EZEKET ÖSSZEHOZZUK A KETTŐS RECESSZÍV NÖVÉNYBŐL SZÁRMAZÓ EGYFORMA **pd** GAMÉTÁKKAL, AKKOR A KERESZTEZÉSI NÉGYZET A KÖVETKEZŐ LESZ:

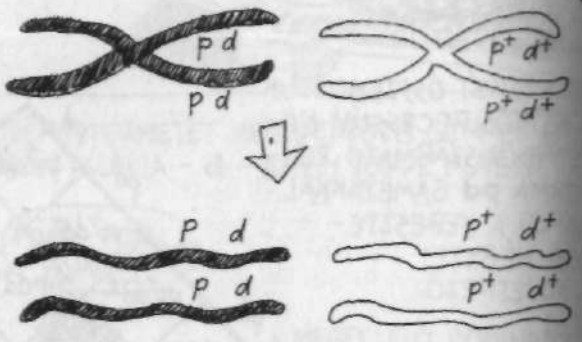
	pd	p^+d	pd^+	p^+d^+
pd	ppdd	pp^+dd	$ppdd^+$	pp^+dd^+
p^+d	pp^+dd	pp^+dd	$ppdd^+$	pp^+dd^+
pd^+	$ppdd^+$	pp^+dd^+	pp^+dd	pp^+dd
p^+d^+	pp^+dd	$ppdd$	$ppdd$	$ppdd$

$\frac{1}{4}$ SIMA, MAGAS — $\frac{1}{4}$ SZŐRÖS, MAGAS — $\frac{1}{4}$ SIMA, TÖRPE — $\frac{1}{4}$ SZŐRÖS, TÖRPE

TEGYÜK FEL MOST, HOGY **p** ÉS **d** UGYANAZON A KROMOSZÓMÁN HELYEZKEDIK EL. EKKOR A **pp⁺dd⁺** HIBRID ALLÉLJAI A HOMOLÓG PÁRON:

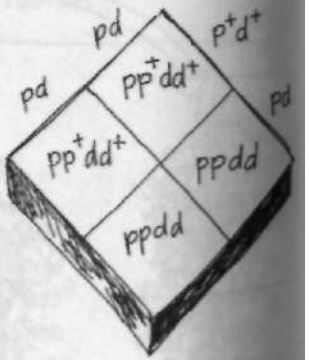


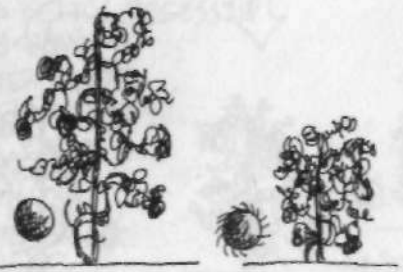
EZEK A MEIÓZIS SORÁN ÍGY VÁLNAK SZÉT:



EBBEN AZ ESETBEN CSAK KÉTFÉLE GAMÉTA KELETKEZHET: **pd** ÉS **p⁺d⁺**; NEM PEDIG NÉGYFÉLE, AHOGY AZT MENDEL TÖRVÉNYE ÉRTELMÉBEN VÁRNÁNK.

HA EZEKET HOZZUK ÖSSZE A KETTŐS RECESSZÍV NÖVÉNY **ppdd** GAMÉTÁIVAL, A MEGOSZLÁS A KÖVETKEZŐ LESZ:

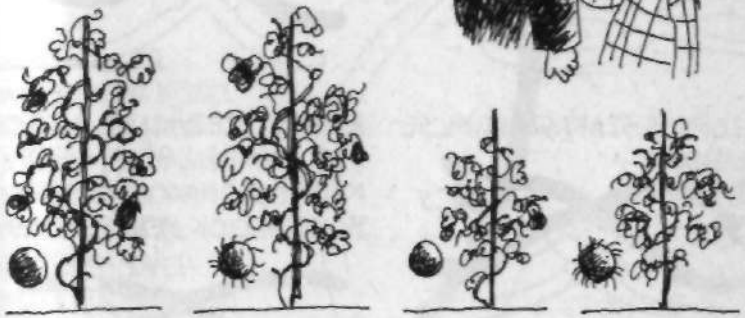




½ SIMA, MAGAS pp^+dd^+ ½ SZŐRÖS, TÖRPE

MI TÖRTÉNIK, HA A KERESZTEZÉST VÉGREHAJTJUK: 50-50%-OS HASADÁS VAGY NÉGYIRÁNYÚ HASADÁS?

ÚGY TETSZIK: EGYIK JÓSLAT SEM TELJESÜL. MIND A NÉGY VÁLTOZAT MEGJELENIK, DE ILYEN MEGOSZLÁSBAN:

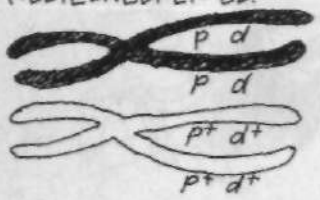


SIMA, MAGAS	SZŐRÖS, MAGAS	SIMA, TÖRPE	SZŐRÖS, TÖRPE
pp^+dd^+	$ppdd^+$	pp^+dd	$pp\ dd$
48%	**2%**	**2%**	**48%**

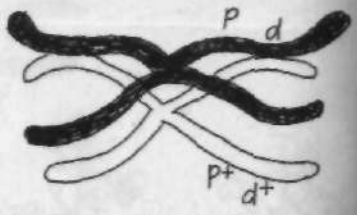
AZ EREDMÉNY JÓVAL KÖZELEBB ÁLL A GÉNKAPCSOLÓDÁS, MINT A MENDEL-TÖRVÉNY ALAPJÁN VÁRTHOZ. DE HA **p** ÉS **d** ÖSSZE VAN KAPCSOLVA, AKKOR HOGYAN KELETKEZTEK A **2-2%**-OT KITEVŐ KOMBINÁCIÓK?

NE FESZÍTSÜK A HÚRT — A **p** ÉS A **d** GÉN UGYANAZON A KROMOSZÓMÁN TALÁLHATÓ, ÁM A KROMOSZÓMÁK KÉPESEK AZ EGYMÁS KÖZTI **GÉNKICSERÉLÉSRE**. ENNEK FOLYAMATÁT ÁTKERESZTEZŐDÉSNEK, IDEGEN SZÓVAL **CROSSING OVER**-NEK NEVEZIK.

A MEIÓZIS SORÁN A HOMOLÓG KROMOSZÓMÁK EGYMÁS MELLÉ KERÜLNEK, A MEGFELELŐ ALLÉLOK EGYMÁSSAL SZEMBEN HELYEZKEDNEK EL.

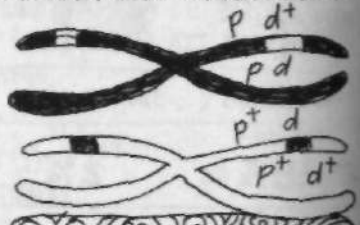


BIZONYOS PONTOKON, SZEMLÁTOMÁST VÉLETLENSZERŰEN, A KROMOSZÓMÁK EGYMÁSHOZ ÉRNEK:

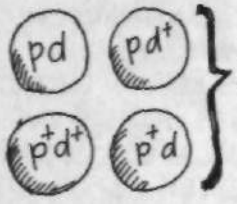


BIZONYOS SZAKASZAIK KICSERÉLŐDNEK:

AMIKOR SZÉTVÁLNAK, A CROSSING OVERBEN RÉSZT VETT KROMOSZÓMÁKON ÚJ ALLÉLKOMBINÁCIÓK KELETKEZNEK.



HA A CROSSING OVER HETEROZIGÓTA SZERVEZETEK KROMOSZÓMÁI KÖZÖTT JÁTSZÓDIK LE, A KELETKEZŐ GAMÉTÁKBA „REKOMBINÁNS" KROMOSZÓMÁK KERÜLNEK. EZ MAGYARÁZZA A VÁRATLAN KERESZTEZÉSI EREDMÉNYEKET!

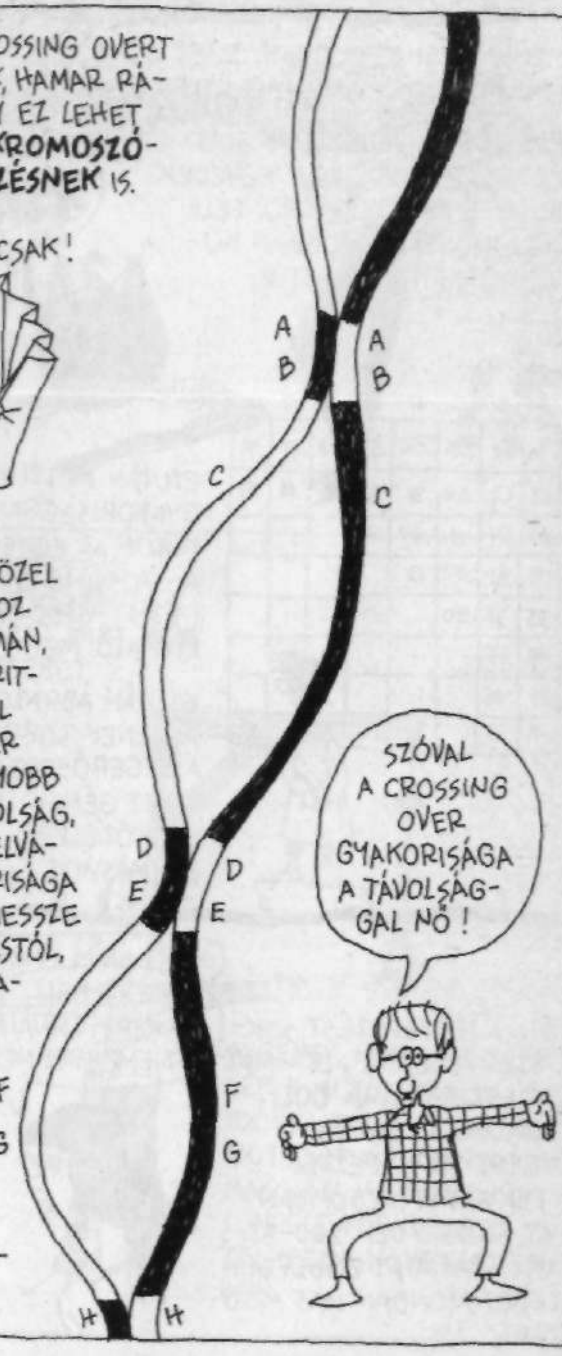


AZ EREDMÉNY: AZ UTÓDAINKNAK ÁTADOTT KROMOSZÓMÁK A CROSSING OVER MIATT NEM TELJESEN AZONOSAK A SAJÁTJAINKKAL, HANEM „MEG VANNAK BOLONDÍTVA" A MÁSIK SZÜLŐ GÉNJEIVEL.

AMIKOR A CROSSING OVERT FELFEDEZTÉK, HAMAR RÁJÖTTEK, HOGY EZ LEHET A KULCSA A **KROMOSZÓMATÉRKÉPEZÉSNEK** IS.

NO, LÁSSUK CSAK!

HA KÉT GÉN KÖZEL VAN EGYMÁSHOZ A KROMOSZÓMÁN, AKKOR CSAK RITKÁN VÁLNAK EL CROSSING OVER MIATT. HA NAGYOBB KÖZTÜK A TÁVOLSÁG, NAGYOBB AZ ELVÁLÁSUK GYAKORISÁGA IS, HA PEDIG MESSZE ESNEK EGYMÁSTÓL, AKKOR AZ ÁLTALUK HORDOZOTT TULAJDONSÁGOK GYAKORLATILAG EGYMÁSTÓL FÜGGETLENÜL ÖRÖKLŐDNEK.



MEGVAN TEHÁT, HOGYAN LEHET GÉNTÉRKÉPET KÉSZÍTENI ANÉLKÜL, HOGY AKÁR EGYETLEN GÉNT IS LÁTTUNK VOLNA:

ELŐSZÖR IS, VÉGEZZÜNK SOK KERESZTEZÉST OLYAN EGYEDEK KÖZÖTT, AMELYEK KÜLÖNFÉLE TULAJDONSÁGPÁROKBAN KÜLÖNBÖZNEK EGYMÁSTÓL.

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0	.27	.03	.04	.33	.48	.19	.41
B	.27	0	.24	.31	.36	.45	.16	.44
C	.03	.24	0	.07	.30			
D	.04	.31	.07	0				
E	.33	.36	.30		0			
F	.48	.45				0		
G	.19	.16						
H	.41	.44						0

EZUTÁN NÉZZÜK MEG, MILYEN GYAKORISÁGGAL VÁLNAK KÜLÖN AZ EGYES PÁROK A CROSSING OVER FOLYTÁN (EZ AZ UTÓDOKBÓL ÁLLAPÍTHATÓ MEG).

EZUTÁN ÁBRÁZOLHATJUK A GÉNEK SORRENDJÉT. A LEGERŐSEBBEN KAPCSOLT GÉNEK LESZNEK LEGKÖZELEBB EGYMÁSHOZ.

F B D A C G E H

1913 ÓTA A TÉRKÉPEZÉST SOKFÉLE SZERVEZETRE ALKALMAZTÁK. AZ **ESCHERICHIA COLI** BAKTÉRIUMBAN CSAKNEM 1000 GÉNT TÉRKÉPEZTEK MÁR FEL. A PARADICSOMBAN 300-AT, AZ EGÉRBEN 200-AT. NÉHÁNY SZÁZAT AZ EMBERBEN IS, EZEKET AZONBAN MÁS MÓDSZERREL...

MUTÁCIÓ, AVAGY A GÉNEK ÁTALAKULÁSA

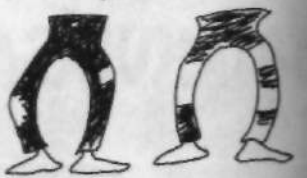
EDDIG ÚGY TEKINTETTÜK A GÉNEKET, MINT AZ ÁTÖRÖKLÉS ATOMJAIT, AZAZ MINT NEM VÁLTOZÓ EGYSÉGEKET.

A GÉNEK NEMCSAK KÉPESEK A MUTÁCIÓRA, HANEM IDŐRŐL IDŐRE TÉNYLEGES MUTÁCIÓT IS SZENVEDNEK MÁSOLÁSI HIBÁK ÉS KÜLÖNFÉLE KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK KÖVETKEZTÉBEN.

A MUTÁCIÓK – A SZÓ LATINUL VÁLTOZÁST JELENT – MEGLEHETŐSEN RITKÁK. ANNAK AZ ESÉLYE, HOGY EGY EGYED VALAMELY GÉNJÉRE NÉZVE MUTÁNS LEGYEN,

VISZONT EGYES GÉNEK HAJLAMOSABBAK A VÁLTOZÁSRA A TÖBBINÉL!

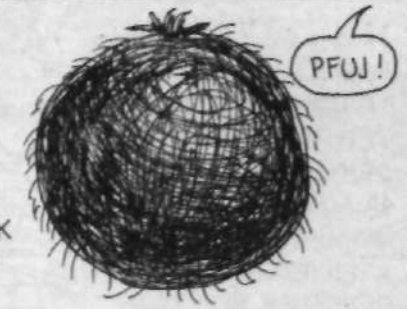
→ 1 A 100 000-HEZ



DE MÉG E KICSINY VALÓSZÍNŰSÉG IS ELÉG AHHOZ, HOGY A MUTÁCIÓ VALÓS VÁLTOZÁSOKHOZ VEZESSEN! AZ EMBERNEK NAGYJÁBÓL 200.000 GÉNJE LEHET, ÍGY FEJENKÉNT ÁTLAGOSAN KÉT-KÉT ÚJ MUTÁCIÓT HORDOZUNK.

A GÉNEK MEGVÁLTOZÁSAI SZEMBEÖTLŐ TORZULÁSOKAT IS OKOZHATNAK, ÁM TÖBBNYIRE CSAK KIS VÁLTOZÁSOKAT OKOZNAK. KÜLÖNBEN CSUPA SZÖRNYSZÜLÖTT SZALADGÁLNA KÖRÜLÖTTÜNK!

A MUTÁCIÓ EREDMÉNYE SOKSZOR MINDÖSSZE AZ, HOGY EGY ÚJ, **RECESSZÍV ALLÉL** KELETKEZIK, AMILYEN PÉLDÁUL A PARADICSOM SZŐRÖSSÉGÉT OKOZÓ ALLÉL. EGÉSZEN ADDIG NEM VESZÜNK ILYENKOR ÉSZRE SEMMIT, AMÍG ÖSSZE NEM KERÜL KÉT OLYAN EGYED, AMELYEKBEN UGYANAZ A MUTÁCIÓ VAN JELEN, S UTÓDJUK ÍGY HOMOZIGÓTA LEHET. AKKOR VISZONT:



EGYES MUTÁCIÓK TELJESEN ÉSZREVEHETETLENEK, SEMMI VÁLTOZÁST NEM OKOZNAK, MÁSOK CSAK ALIG ÉSZREVEHETŐ ÁTALAKULÁST EREDMÉNYEZNEK ...

UGYANAKKOR A GENETIKAI „HIBA" ELŐNYT IS JELENTHET A SZERENCSÉS MUTÁNS SZÁMÁRA !!

A MUTÁCIÓ NEM MINDIG MAGÁTÓL KÖVETKEZIK BE. TÁVOLRÓL SEM! A KÖRNYEZETI HATÁSOK SZINTE MINDEN FAJTÁJA FOKOZHATJA A MUTÁCIÓK GYAKORISÁGÁT... EZEKET A TÉNYEZŐKET MUTAGÉNEKNEK NEVEZZÜK.

EGY CSOMÓ VEGYSZER MUTAGÉN...

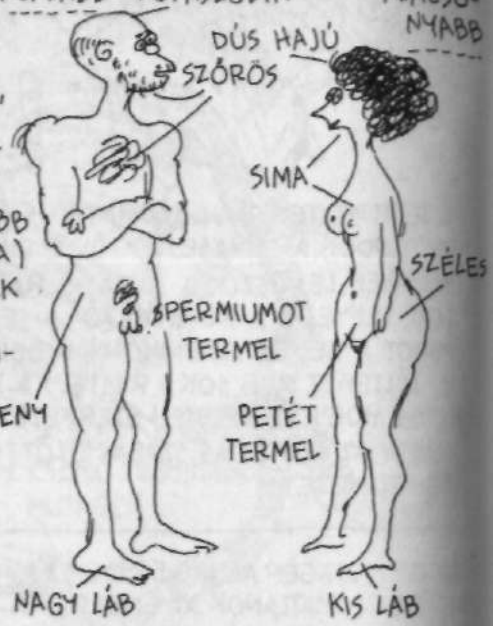
A LEGTÖBB SUGÁRZÁS ÚGYSZINTÉN ... **HERMANN MÜLLER** MUTATTA KI ELŐSZÖR A RÖNTGENSUGÁR MUTAGÉN HATÁSÁT 1927-BEN, AMIKOR MUSLICÁKAT SUGÁRZOTT BE (EZ A GENETIKUSOK EGYIK KEDVENC „HÁZIÁLLATA").

A TESTI SEJTEK VAGY **SZOMATIKUS SEJTEK** MEGKÜLÖNBÖZTETENDŐK A CSÍRASEJTEKTŐL VAGY GAMÉTÁKTÓL. AZ ELŐBBIEKBEN LEJÁTSZÓDÓ MUTÁCIÓ **RÁKHOZ** VEZETHET. A DOLOG LÉNYEGE A KÖVETKEZŐ: A SEJTBEN MINDEN FOLYAMATOT A GÉNEK SZABÁLYOZNAK, BELEÉRTVE AZ OSZTÓDÁST IS. JÓLLEHET, MÉG SOK A REJTÉLY A RÁK KÖRÜL, ANNYI BIZONYOS, HOGY VALAMILYEN SZERKEZETI VÁLTOZÁS LÉP FÖL, AMELY AZ OSZTÓDÁS SZABÁLYOZOTTSÁGÁNAK MEGSZŰNÉSÉHEZ VEZET.

SZÁMOS MUTAGÉN ANYAG EGYBEN **KARCINOGÉN** (RÁKKELTŐ) IS. EZÉRT BIZALMATLANOK AZ EMBEREK A GYAKORTA MUTAGÉN HATÁSÚ ÉLELMISZERADALÉKOK IRÁNT, ÉS EZ AZ OKA ANNAK, HOGY VIGYÁZNI KELL A NAPFÜRDŐZÉSSEL IS, KÜLÖNÖSEN, HA FEHÉR A BŐRÜNK. AZ ULTRAIBOLYA SUGÁRZÁS UGYANIS MUTAGÉN HATÁSÚ.

MI HATÁROZZA MEG A NEMET?

A BORSÓVIRÁG SZÍNE, A PARADICSOM SIMASÁGA, A BORSÓHÜVELY TELTSÉGE OLYAN TULAJDONSÁGOK, AMELYEKET EGYETLEN GÉN HATÁROZ MEG. DE MI SZABJA MEG AZ EGYIK LEGNYILVÁNVALÓBB, LEGÉRDEKESEBB ÉS (AZ EMBEREK SZÁMÁRA) LEGLÉNYEGESEBB EGYEDEK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGET. A **FÉRFI** ÉS A **NŐ** KÜLÖNBÖZŐSÉGÉT?



A GENETIKUS PERSZE ITT SEM JÖN ZAVARBA: A SZEX A GÉNEKBEN VAN! NEM SOKKAL A KROMOSZÓMÁK HOMOLÓG PÁRJAINAK FELFEDEZÉSE UTÁN VALAKI ÉSZREVETT EGY KIVÉTELT: A FÉRFIAKBAN VAN EGY PÁR, AMELY **NEM** HOMOLÓG!

E PÁR TAGJAI KÖZÜL A NAGYOBBAT **X**-NEK NEVEZTÉK EL, A KISEBBET PEDIG **Y**-NAK.

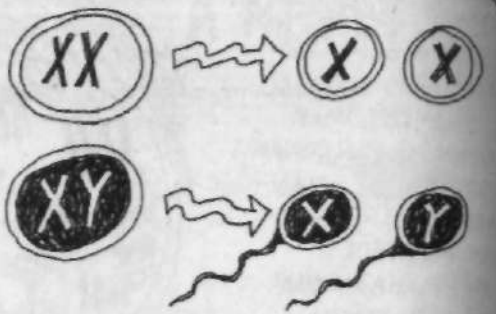
GENETIKAILAG MINDÖSSZE ENNYI A KÜLÖNBSÉG A FÉRFI ÉS A NŐ KÖZÖTT:

A NŐKNEK KÉT **X**-KROMOSZÓMÁJUK VAN.

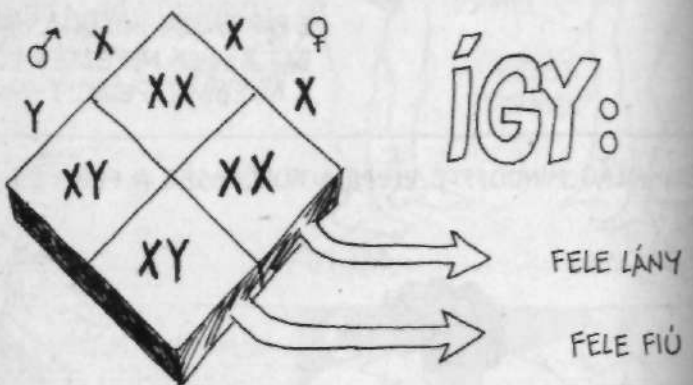
A FÉRFIAKNAK PEDIG EGY **X** ÉS EGY **Y**.

A TÖBBI 22 KROMOSZÓMAPÁR TELJESEN AZONOS.

GYŐZŐDJÜNK MEG RÓLA, HOGY EZ BIZTOSÍTJA A FIÚ- ÉS LÁNYCSECSEMŐK EGYENLŐ ARÁNYÚ SZÜLETÉSÉT.



A MEIÓZIS SORÁN A PETESEJTEKBE CSAK **X**-KROMOSZÓMA KERÜL. A SPERMIUMOKBAN PEDIG EGYENLŐ ARÁNYBAN VAN **X** ILLETVE **Y**.

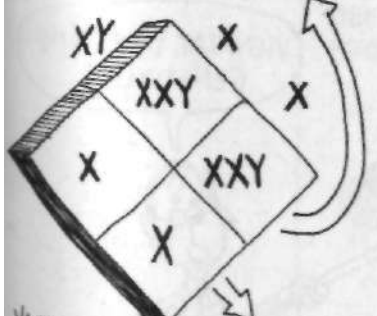


MINDAZONÁLTAL MEGMARAD EGY KÉRDÉS: MELYIK KROMOSZÓMA MELY TULAJDONSÁGOKÉRT FELELŐS? AZ **Y**-KROMOSZÓMA OKOZZA-E AZT, HOGY HORDOZÓJA FÉRFI LESZ, VAGY A KÉT **X**-KROMOSZÓMA JELENLÉTE OKOZZA AZT, HOGY TULAJDONOSA NŐVÉ FEJLŐDIK? MI TÖRTÉNNE, HA VALAKIBEN KÉT **X**-KROMOSZÓMA IS LENNE, MEG MÉG EGY **Y** IS?

A KÉRDÉSRE A MEIÓZIS HIBÁIBÓL EREDŐ ANOMÁLIÁK VIZSGÁLATA AD VÁLASZT. NÉHA ILYEN SPERMIUMOK KELETKEZNEK:

EKKOR:

KLINEFELTER-SZINDRÓMÁS



VAGY TURNER-SZINDRÓMÁS GYERMEK SZÜLETIK.

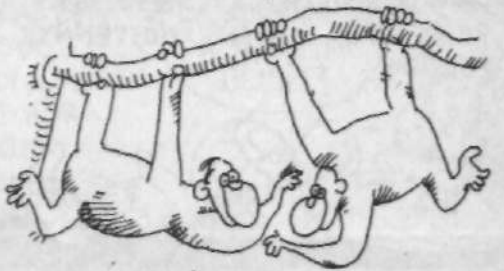
AZ **XXY** (KLINEFELTER-SZINDRÓMÁS) EGYED FÉRFIVÁ FEJLŐDIK. AZ **Y**-KROMOSZÓMA TEHÁT MÉG A KÉT **X** JELENLÉTÉBEN IS ELŐHÍVJA A FÉRFI JELLEGET. AZ EGYETLEN **X**-KROMOSZÓMÁJÚ (TURNER-SZINDRÓMÁS) EGYED NŐVÉ FEJLŐDIK.

EGY MÁSIK ABNORMALITÁS A „SZUPERFÉRFIASSÁG": AZ **XYY** KROMOSZÓMAKOMBINÁCIÓ. EZ MINDEN EZREDIK SZÜLÉSNÉL KÖVETKEZIK BE. AZ **XYY**-GYERMEKEK NORMÁLIS FÉRFIVÁ FEJLŐDNEK, EGY CSEKÉLYSÉGET LESZÁMÍTVA: KÖRÜLBELÜL HÚSSZOR GYAKRABBAN KERÜLNEK BÖRTÖNBE, MINT NORMÁLIS TÁRSAIK. A BÖRTÖNTÖLTELÉKEKNEK MINTEGY 5%-ÁBAN MEGTALÁLHATÓ AZ EXTRA **Y**-KROMOSZÓMA. EGYESEK AZT MONDJÁK ERRE:

* KARIOTÍPUS: A SZERVEZET KROMOSZÓMAKÉSZLETE

A GENETIKUSOK ÓVATOSSÁGRA INTENEK EZZEL KAPCSOLATBAN. AZ **XYY** KARIOTÍPUSÚ FÉRFIAK TÚLNYOMÓ TÖBBSÉGE – 95%– NEM KERÜL BÖRTÖNBE. MÁR CSAK EZÉRT IS MEGALAPOZATLAN AZ ÁLLÍTÁS, HOGY AZ **XYY** KARIOTÍPUS EGYÉRTELMŰ A BŰNÖZŐ HAJLAMMAL.

NEM FELTÉTLENÜL. AZ **IVARMEGHATÁROZÁS** SOK MÁS MÓDON IS TÖRTÉNHET, BÁR A LEGTÖBB FAJ A MI MÓDSZERÜNKET HASZNÁLJA.



A MADARAKNÁL VISZONT PONT **FORDÍTOTT** A HELYZET.

A MÉHEK MÉG JOBBAN CIFRÁZZÁK: A HÍMEK A **MEGTERMÉKENYÍTETLEN** PETÉKBŐL KELETKEZNEK. ÍGY EZEK MIND **HAPLOIDOK**, MÍG AZ ÖSSZES **DIPLOID** EGYED NŐSTÉNY LESZ. (ŐK ALKOTJÁK A TÚLNYOMÓ TÖBBSÉGET A KAPTÁRBAN.) A MÉHEKNEK EGYÉBKÉNT NINCS IS IVARI KROMOSZÓMÁJUK.

VANNAK AZTÁN VÉGKÉPP ELRUGASZKODOTT NÉPSÉGEK IS, AHOL NINCS GENETIKAI KÜLÖNBSÉG A HÍM ÉS A NŐSTÉNY KÖZÖTT.

HA A **BONELLIA** NEVŰ TENGERI FÉREG LÁRVÁJA LESÜLLYED A TENGERFENÉKRE, MÉTERES NAGYSÁGÚ **NŐSTÉNNYÉ** FEJLŐDIK.

HA AZONBAN A LÁRVA TÖRTÉNETESEN EGY MÁR OTTLÉVŐ NŐSTÉNYEN LANDOL, AKKOR BEFÚRJA MAGÁT ANNAK TESTÉBE.

HUKK

EKKOR VISZONT **HÍMMÉ** ALAKUL, AMELY CSUPÁN EGYCENTIMÉTERES, ÉS EGÉSZ ÉLETÉT A NŐSTÉNY TESTÉBEN TÖLTI.

MERRE VAN A PETEFÉSZKED?

MEGINT MÁSKOR A NEMI KÜLÖNBSÉGEK EGÉSZEN ELENYÉSZŐEK LEHETNEK. BIZONYOS EGYSEJTŰ ÁLLATOKNÁL MEGVAN UGYAN A KÉT NEM, DE A KÜLÖNBSÉGET MINDÖSSZE EGYETLEN GÉN HORDOZZA. EZEK TÖBBNYIRE IVARTALANUL SZAPORODNAK, MERT A MEGFELELŐ PARTNER KIVÁLASZTÁSA FELETTÉBB BONYODALMAS!

BOCSÁNAT, KÜLÖNBÖZIK ÖN TŐLEM VALAMIBEN?

HA MAGA NEM TUDJA, HONNAN TUDJAM ÉN?!

X-HEZ KÖTÖTT GÉNEK

TÉRJÜNK MOST VISSZA AZ EMBEREKHEZ... LÁTTUK, HOGY AZ ÖSSZES GÉN, AMELY A NEMEK KÖZTI KÜLÖNBSÉGEKET HORDOZZA, KÉT KROMOSZÓMA VALAMELYIKÉN HELYEZKEDIK EL: AZ **X**-EN VANNAK A NŐI TULAJDONSÁGOK, AZ **Y** HORDOZZA A FÉRFITULAJDONSÁGOKAT.

DE HOL VANNAK A SZÁRNYAK GÉNJEI?

FELVETŐDHET A KÖVETKEZŐ KÉRDÉS: **VANNAK-E MÁS GÉNEK IS EZEKEN A KROMOSZÓMÁKON?**

JÓ OKUNK VAN EZT MEGKÉRDEZNI, UGYANIS AZ EMBEREK SZÁMOS FOGYATÉKOSSÁGA **NEMHEZ KÖTÖTT**...

A LEGTÖBB **KOPASZ** EMBER **FÉRFI**.

AKÁRCSAK A LEGTÖBB **SZÍNVAK**.

A **VÉRZÉKENYSÉG** UGYANCSAK ŐKET SÚJTJA.*

* VÉRZÉKENYSÉG (HEMOFÍLIA): A VÉR ALVADÁSKÉPTELENSÉGE. A VÉRZÉKENY EMBERNEK MÁR EGY KIS SEB IS A HALÁLÁT OKOZHATJA.

EBBŐL LEVONHATNÁNK AZT A KÖVETKEZTETÉST, HOGY EZEK A GÉNEK AZ **Y**-KROMOSZÓMÁN VANNAK, DE JÓL MELLÉFOGNÁNK! IGAZÁBÓL A VÉRZÉKENYSÉGET, A SZÍNVAKSÁGOT ÉS AZ ÖRÖKLETES KOPASZSÁGOT **RECESSZÍV** ALLÉLOK OKOZZÁK, AMELYEK AZ **X**-KROMOSZÓMÁN FOGLALNAK HELYET.

VEGYÜK PÉLDÁUL A KOPASZSÁGOT:

ANNAK, HOGY A NŐK CSAK RITKÁN KOPASZODNAK, AZ AZ OKA, HOGY MÉG HA HORDOZZÁK IS A KOPASZSÁGOT OKOZÓ ALLÉLT AZ EGYIK **X**-KROMOSZÓMÁJUKON, A MÁSIKON LEGTÖBBSZÖR OTT VAN A DOMINÁNS ALLÉL, AMELY MEGGÁTOLJA A KOPASZODÁST.

A FÉRFIAKBAN VISZONT GYAKRAN ÉRVÉNYESÜL A KOPASZSÁG ALLÉLJA, MERT AZ **Y**-KROMOSZÓMÁN SEMMILYEN ALLÉL SEM KÉPVISELI EZT A GÉNT. A DOMINÁNS ALLÉL HIJÁN MEGJELENIK A RECESSZÍV TULAJDONSÁG !!

LÁSSUK CSAK, HOGYAN ADÓDNAK ÁT AZ UTÓDOKNAK EZEK A **NEMHEZ KÖTÖTT** GÉNEK:

TEGYÜK FEL, HOGY EGY NORMÁLIS HAJZATÚ NŐNEK (**XX**) GYERMEKE LESZ EGY KOPASZ FÉRFITÓL ($X_{KOPASZ}Y$).

	X	X_{KOPASZ}
X	$X_{KOPASZ}X$	XY
X	$X_{KOPASZ}X$	XY

LÁNYAIK ($X_{KOPASZ}X$) MIND HORDOZÓI LESZNEK A KOPASZSÁGOT OKOZÓ ALLÉLNAK, BÁR ŐK MAGUK NEM KOPASZODNAK. A FIÚK NORMÁLISAK.

HA A MAMA NEM HORDOZÓ, NEM ÖRÖKÖLHETJÜK A KOPASZSÁGOT A PAPÁTÓL!

A KÖVETKEZŐ GENERÁCIÓBAN LEGYEN AZ EGYIK HORDOZÓ LÁNY FÉRJE EGY NEM KOPASZODÓ FÉRFI. EKKOR:

	X	X_{KOPASZ}
Y	$X_{KOPASZ}X$	X
$X_{KOPASZ}Y$	XX	XY

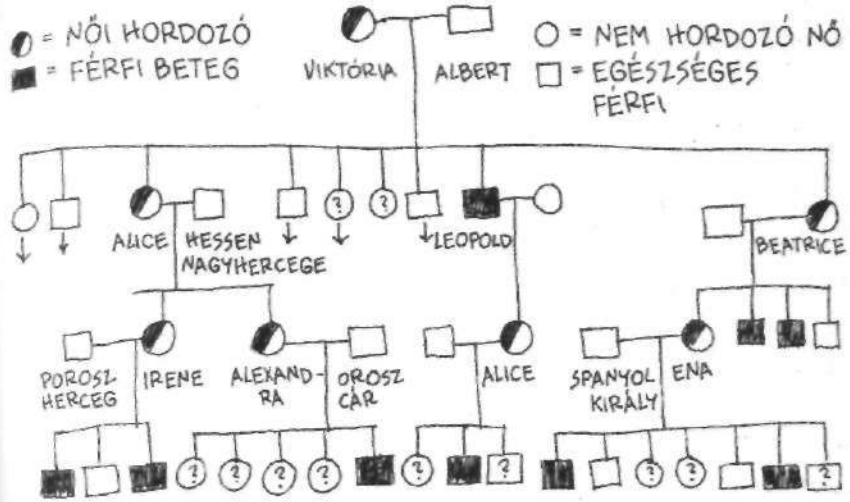
ÁTLAGOSAN A LÁNYOK FELE HORDOZÓ LESZ, A FIÚK FELE PEDIG KOPASZODIK.

ANYAI NAGYAPÁNK AZ, AKINEK A KOPASZSÁGÁT ÖRÖKÖLHETJÜK.

A VÉRZÉKENYSÉG ÖRÖKLŐDÉSE UGYANEZT A SÉMÁT KÖVETI. A LEGHÍRESEBB PÉLDA ERRE A HORDOZÓ SZEREPÉT BETÖLTŐ VIKTÓRIA ANGOL KIRÁLYNŐ CSALÁDJA VOLT.

NINCS SEMMILYEN ADAT ARRÓL, HOGY VIKTÓRIA ŐSEI KÖZT IS ELŐFORDULTAK VOLNA VÉRZÉKENYEK, EZÉRT FELTÉTELEZHETJÜK, HOGY A FOGYATÉKOSSÁG AZ Ő GÉNJEIBEN MUTÁCIÓ RÉVÉN JELENT MEG. EZ AZ ESET MINDEN ÖTVENEZREDIK SZÜLŐNÉL FORDUL ELŐ.

A VÉRZÉKENYSÉG UGYANÚGY ADÓDIK ÁT, MINT A KOPASZSÁG, ÉS EZT MEG IS FIGYELHETJÜK VIKTÓRIA KIRÁLYNŐ CSALÁDFÁJÁN:



VIKTÓRIA NÉPES CSALÁDJÁNAK LESZÁRMAZOTTAI EURÓPA SZÁMOS KIRÁLYI CSALÁDJÁBA BEHÁZASODTAK, ORVOSI PROBLÉMÁKAT TÁMASZTVA POROSZORSZÁGBAN, SPANYOLORSZÁGBAN ÉS A CÁRI OROSZORSZÁGBAN.

TEKINTSÜK ÁT, HOL TARTOTT A TUDOMÁNY A 20. SZÁZAD ELEJÉN. MENDEL ÉS KÖVETŐI MEGFEJTETTEK EGY CSOMÓ RÉGI REJTÉLYT: AZ ANYA ÉS AZ APA SZEREPÉT, A HIBRIDEK ÉS A SPONTÁN VÁLTOZATOK MIBENLÉTÉT, AZT, HOGY MI HATÁROZZA MEG A NEMET, SŐT HOGY MI IDÉZI ELŐ AZ ÉLŐLÉNYEK EGYES TULAJDONSÁGAIT.

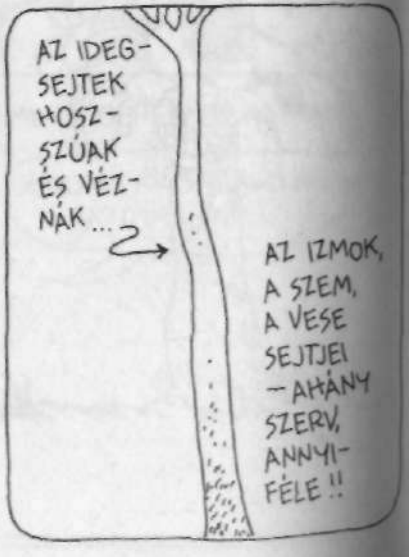
MINDEZT A GÉNEK MŰKÖDÉSÉVEL MAGYARÁZTÁK. A GÉNEKET AZONOSÍTOTTÁK, TÉRKÉPEZTÉK, ELEMEZTÉK AZ ÁTÖRÖKLÉSI SÉMÁKAT. MOST MÁR CSAK EGY KÉRDÉS MARADT:

NEM, A KÉRDÉS ÍGY HANGZIK: MIK A GÉNEK ÉS HOGYAN MŰKÖDNEK?

MI VAN A SEJTBEN?

NÉZZÜK MEG KÖZELEBBRŐL!
INNEN NÉZVE LÁTHATJUK, HOGY A GORILLA **SEJTEKBŐL** ÁLL. AHHOZ, HOGY MEGÉRTSÜK, MI A MAJOM, MEG KELL TUDNUNK, MI FOLYIK EZEKBEN A PARÁNYI VEGYIÜZEMEKBEN.

A BAJ AZ, HOGY NEM MINDEN GORILLASEJT EGYFORMA... EZEK ITT **VÖRÖSVÉRSEJTEK**, AMELYEK JÓCSKÁN KÜLÖNBÖZNEK, MONDJUK, A BŐR SEJTJEITŐL...


AZ IDEGSEJTEK HOSSZÚAK ÉS VÉZNÁK...
AZ IZMOK, A SZEM, A VESE SEJTJEI – AHÁNY SZERV, ANNYIFÉLE!!

UGYANÍGY A BANÁNBAN IS SOKFÉLE SEJT VAN, ...

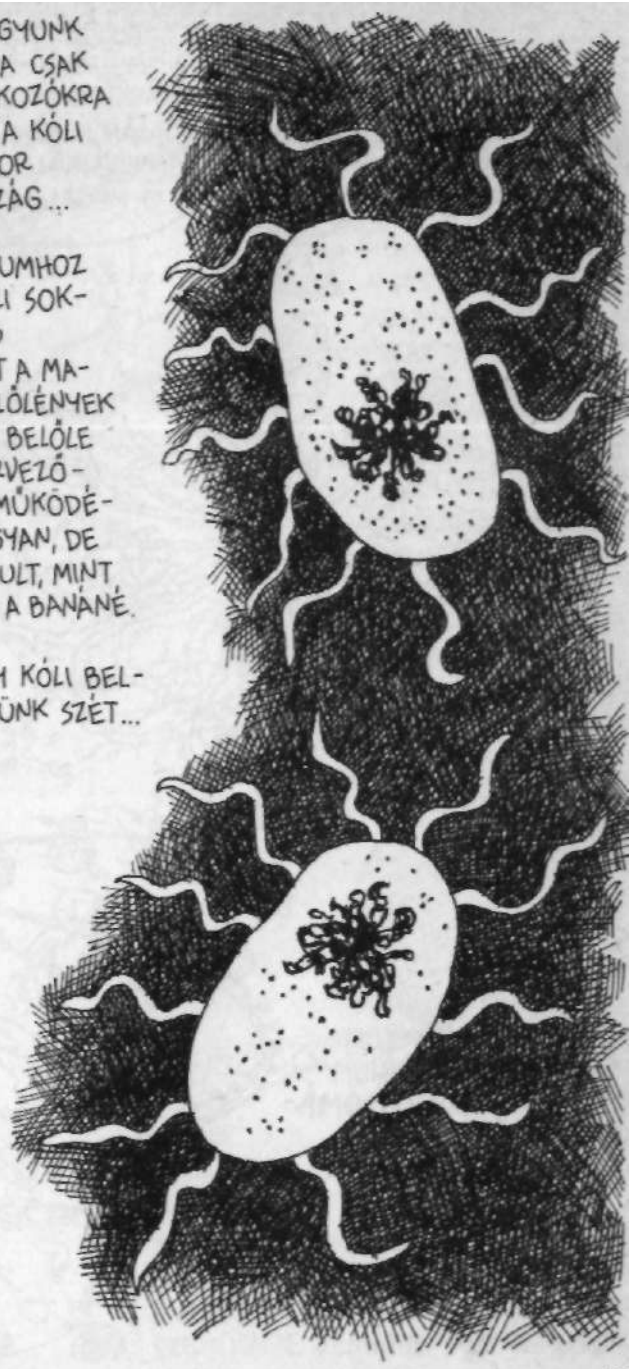
...AMELYEK MINDEGYIKÉBEN SOKFÉLE, MÉG KISEBB TESTECSKÉT TALÁLHATUNK.

RENDKÍVÜL NEHÉZ LENNE A SEJTEK FELÉPÍTÉSÉBŐL KIKÖVETKEZTETNI, HOGY MITŐL BANÁN A BANÁN ÉS MITŐL GORILLA A GORILLA!!
HM... A GOLGI-APPARÁTUS AZ ENDOPLAZMATIKUS RETIKULUMHOZ KAPCSOLÓDIK... AZ ENDOPLAZMATIKUS RETIKULUM A SEJTMAG MEMBRÁNJÁHOZ KAPCSOLÓDIK... A SEJTMAG MEMBRÁNJA A... REMÉNYTELEN!

HAJLAMOSAK VAGYUNK A BAKTÉRIUMOKRA CSAK MINT BETEGSÉGOKOZÓKRA GONDOLNI, PEDIG A KÓLI TÖBBNYIRE JÁMBOR ÉS HASZNOS JÓSZÁG...

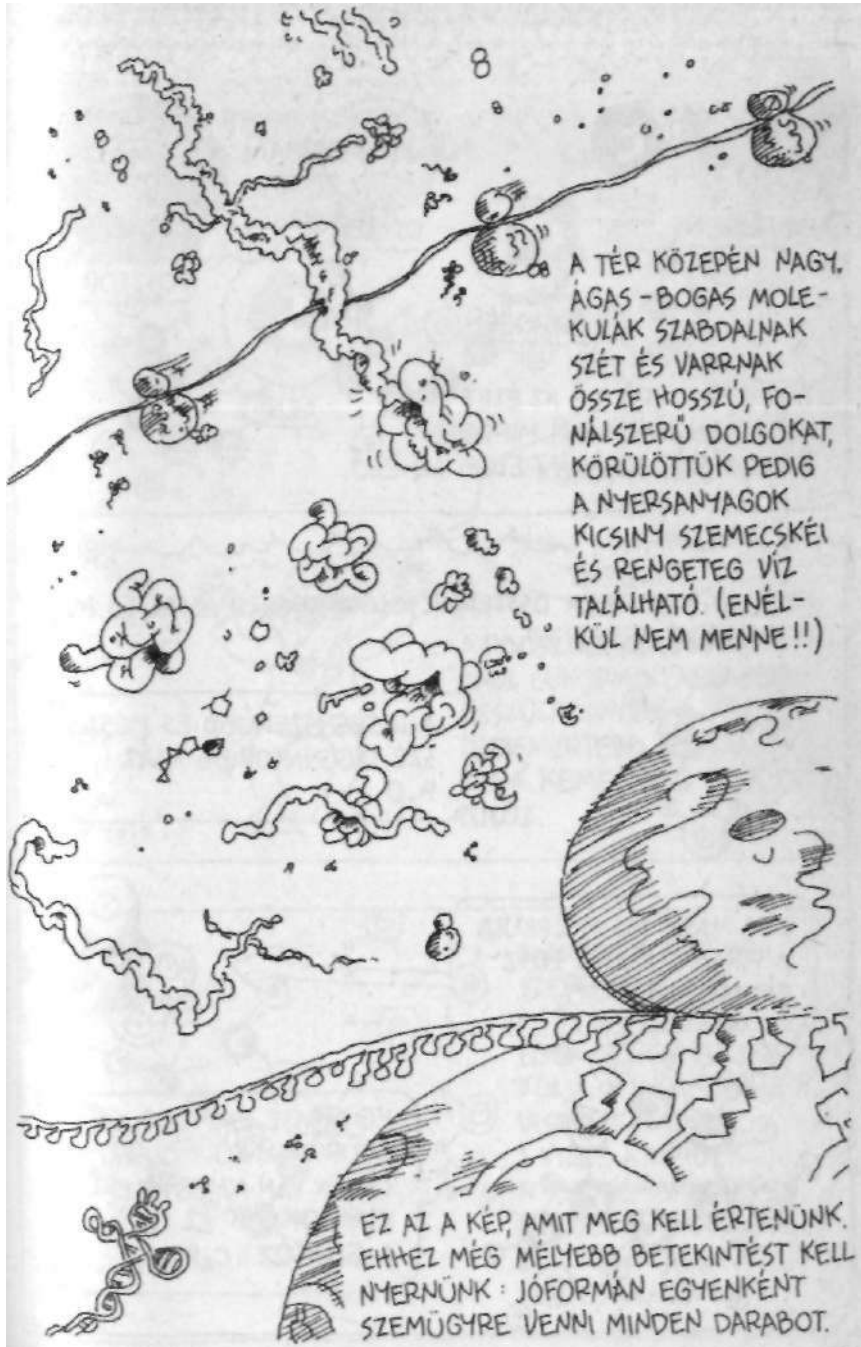
A TÖBBI BAKTÉRIUMHOZ HASONLÓAN A KÓLI SOKKAL EGYSZERŰBB FELÉPÍTÉSŰ, MINT A MAGASABB RENDŰ ÉLŐLÉNYEK SEJTJEI. HIÁNYZIK BELŐLE AZOK BELSŐ SZERVEZŐDÉSE, ÉS KÉMIAI MŰKÖDÉSE BONYOLULT UGYAN, DE KEVÉSBÉ BONYOLULT, MINT A MAJMOKÉ VAGY A BANÁNÉ.

LÉPJÜNK BE EGY KÓLI BELSEJÉBE, ÉS NÉZZÜNK SZÉT...



ÍME A KÓLI BELSEJÉNEK LÁTKÉPE. ELSŐ RÁNÉZÉSRE TALÁN KUSZA, ÁM NÉHÁNY NYILVÁNVALÓ DOLGOT ÍGY IS MEGÁLLAPÍTHATUNK!

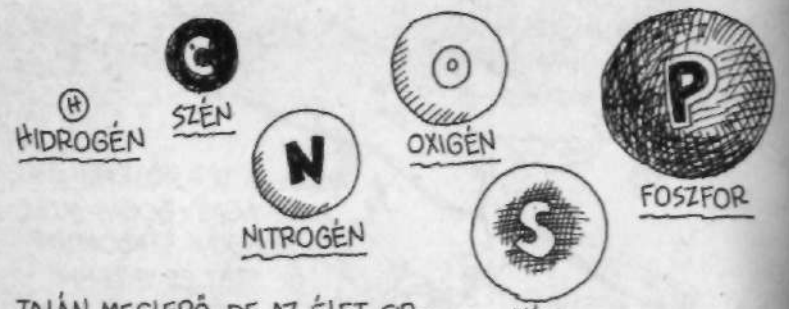
EZ AZ ÖSSZEGUBANCOLT FONÁL ITT A BAKTÉRIUM EGYETLEN **KROMOSZÓMÁJA**, GENETIKAI ANYAGÁNAK HORDOZÓJA. A KROMOSZÓMÁRÓL LETEKEREDETT HOSSZÚ FONALAKON KETTŐS LABDÁK CSÚSZKÁLNAK. VALAMI TÖRTÉNIK ITT!



A TÉR KÖZEPÉN NAGY, ÁGAS-BOGAS MOLEKULÁK SZABDALNAK SZÉT ÉS VARRNAK ÖSSZE HOSSZÚ, FONÁLSZERŰ DOLGOKAT, KÖRÜLÖTTÜK PEDIG A NYERSANYAGOK KICSINY SZEMECSKÉI ÉS RENGETEG VÍZ TALÁLHATÓ. (ENÉLKÜL NEM MENNE!!)

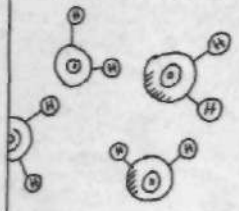
EZ AZ A KÉP, AMIT MEG KELL ÉRTENÜNK. EHHEZ MÉG MÉLYEBB BETEKINTÉST KELL NYERNÜNK: JÓFORMÁN EGYENKÉNT SZEMÜGYRE VENNI MINDEN DARABOT.

MAKROMOLEKULÁK



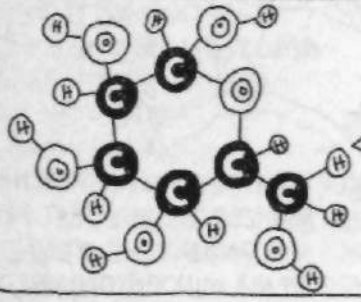
TALÁN MEGLEPŐ, DE AZ ÉLET CIRKUSZÁBAN JÓFORMÁN MINDEN PRODUKCIÓT EZ A HAT ELEM AD ELŐ.

ATOMJAIK A SEJTBEN ÖSSZEKAPCSOLÓDNAK EGYMÁSSAL, ÉS **MOLEKULÁKAT** KÉPEZNEK.



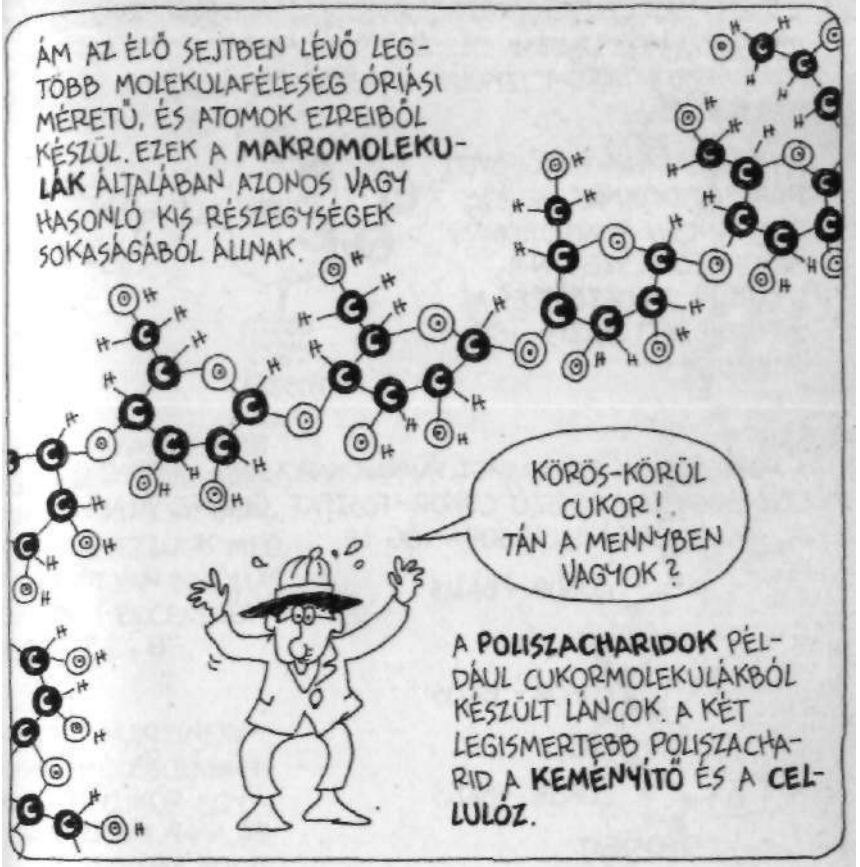
A LEGEGYSZERŰBB ÉS MESZSZE LEGGYAKORIBB A **VÍZ**: H_2O

EGY MÁSIK KIS MOLEKULA A PIRAMIS ALAKÚ **FOSZFÁTCSOPORT**: PO_4.

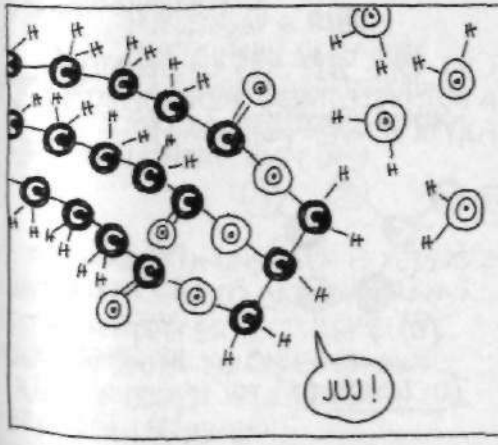


EGY KISSÉ NAGYOBB, GYŰRŰ ALAKÚ MOLEKULÁJUK VAN AZ EGYSZERŰ **CUKROKNAK**. EZ ITT A **GLÜKÓZ**: $C_6H_{12}O_6$.

ÁM AZ ÉLŐ SEJTBEN LÉVŐ LEGTÖBB MOLEKULAFÉLESÉG ÓRIÁSI MÉRETŰ, ÉS ATOMOK EZREIBŐL KÉSZÜL. EZEK A **MAKROMOLEKULÁK** ÁLTALÁBAN AZONOS VAGY HASONLÓ KIS RÉSZEGYSÉGEK SOKASÁGÁBÓL ÁLLNAK.



A **POLISZACHARIDOK** PÉLDÁUL CUKORMOLEKULÁKBÓL KÉSZÜLT LÁNCOK. A KÉT LEGISMERTEBB POLISZACHARID A **KEMÉNYÍTŐ** ÉS A **CELLULÓZ**.



A **LIPIDEK** EGY RÉSZÉRE JELLEMZŐ, HOGY A MOLEKULA EGYIK VÉGÉT VÍZ BURKOLJA, A MÁSIK VÉGE VISZONT TASZÍTJA A VIZET. A LIPIDEK A SEJTMEMBRÁNOK FŐ ALKOTÓELEMEI, EMELLETT BELŐLÜK ÁLLNAK A ZSÍROK ÉS OLAJOK.

MÉG BONYOLULTABBAK, DE GENETIKAI SZEMPONTBÓL A LEGFONTOSABB MAKROMOLEKULÁK A **NUKLEINSAVAK** ÉS A **FEHÉRJÉK**.

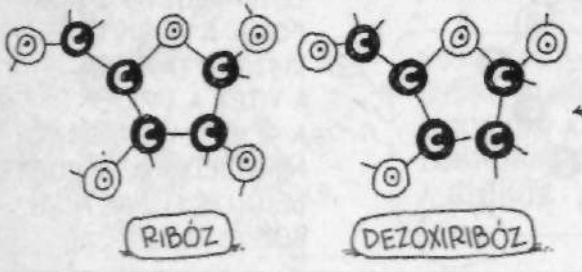
A NUKLEINSAVAK ÉPÍTŐKÖVEIT **NUKLEOTIDOKNAK** NEVEZZÜK. MINDEN NUKLEOTIDNAK HÁROM FŐ RÉSZE VAN: A **CUKOR**, A **FOSZFÁT**, ÉS AZ ÚGYNEVEZETT **BÁZIS** – ÍGY VALAHOGY:

A NUKLEOTIDOK EGYMÁSHOZ VANNAK KAPCSOLVA, MÉGPEDIG ÚGY, HOGY EGY HOSSZÚ CUKOR-FOSZFÁT „GERINC" ALAKUL KI, AMELYRŐL BÁZISOK SORA LÓG LE.

CUKOR – BÁZIS
FOSZFÁT
CUKOR – BÁZIS
FOSZFÁT
CUKOR – BÁZIS
FOSZFÁT
STB !!

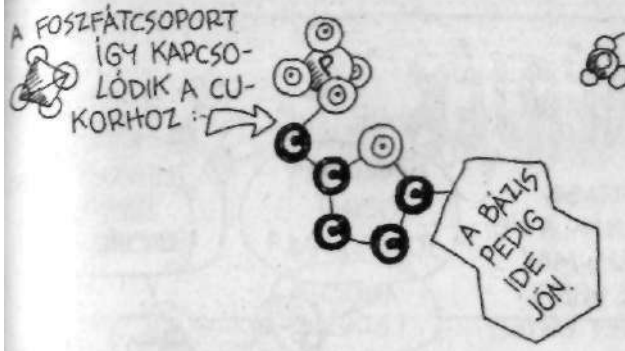
EZ AKÁR NUKLEOTIDOK MILLIÓIN ÁT IS FOLYTATÓDHAT!

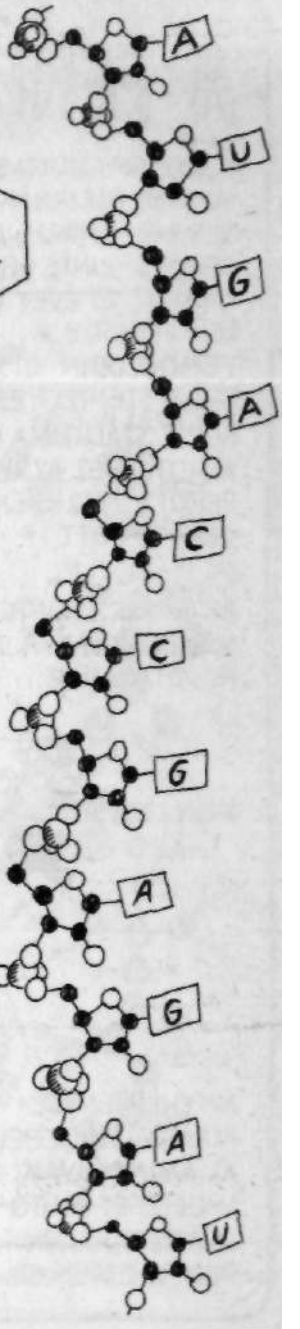
A CUKOR KÉTFÉLE LEHET. ITT CSAK SZÉN- ÉS OXIGÉNATOMJAIKAT TÜNTETJÜK FEL, A KOTNYELESKEDŐ HIDROGÉNATOMOKAT ELHAGYJUK. (ZSÚFOLTTÁ TENNÉK AZ ÁBRÁT.)



← FIGYELEM! EGGYEL KEVESEBB AZ OXIGÉN!

A FOSZFÁTCSOPORT ÍGY KAPCSOLÓDIK A CUKORHOZ:





A BÁZISOKKAL KÉSŐBB BŐVEBBEN IS FOGLALKOZUNK. MOST CSAK ANNYIT JEGYEZZÜNK MEG, HOGY ÖT VAN BELŐLÜK, ÉS HOGY BECENEVÜK **A, C, G, T** ÉS **U**.

MINDEN NUKLEINSAV-MAKROMOLEKULÁBAN MINDEN CUKOR EGYFORMA.

A RIBÓZT TARTALMAZÓ NUKLEINSAV A **RIBONUKLEINSAV** VAGY **RNS**. A DEZOXIRIBÓZT TARTALMAZÓ A **DEZOXIRIBONUKLEINSAV** VAGY **DNS**.

AZ RNS-BEN IS, A DNS-BEN IS TETSZŐLEGES LEHET A KÜLÖNBÖZŐ BÁZISOK ARÁNYA ÉS SORRENDJE. EZ TESZI LEHETŐVÉ, HOGY EGYFAJTA KÜLÖNLEGES, MOLEKULÁRIS NYELVEN ÍRT ÜZENET HORDOZÓI LEGYENEK!!

A FEHÉRJÉK

A LEGBONYOLULTABB MAKROMOLEKULÁK. A NEVES BIOKÉMIKUS, **MAX PERUTZ** SZINTE EGÉSZ PÁLYÁJÁT, 25 ÉVET EGYETLEN FEHÉRJE, A **HEMOGLOBIN** VIZSGÁLATÁNAK SZENTELT. EZ A FEHÉRJE SZÁLLÍTJA A VÉRBEN A SEJTEKHEZ AZ OXIGÉNT. PERUTZ 1962-BEN NOBEL-DÍJAT KAPOTT.

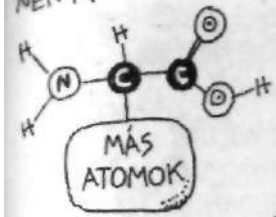
BIZONYOS TEKINTETBEN A FEHÉRJÉK IS EGYSZERŰEK: A MAKROMOLEKULÁKRA JELLEMZŐ MÓDON EZEK IS KIS ALEGYSÉGEK HOSSZÚ LÁNCAI.

A HEMOGLOBIN KÉT PÁR ILYEN LÁNCBÓL ÁLL, AMELYEK SZIMMETRIKUS GOMBOLYAGGÁ TEKEREDNEK FEL.

A FEHÉRJEMOLEKULÁK ALEGYSÉGEI AZ **AMINOSAVAK**, AMELYEKET ÁLLÍTÓLAG **NEM** IDI AMINRÓL NEVEZTEK EL.

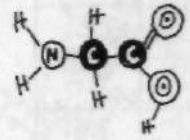
OK, IDI!

AZ AMINOSAVAK ÍGY NÉZNEK KI:

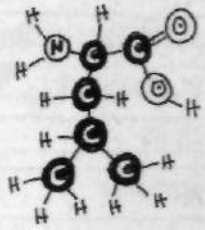


„MÁS ATOMOK" – ITT VAN A KUTYA ELÁSVA!

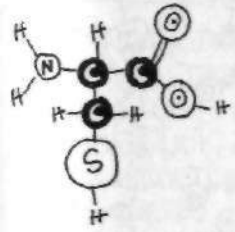
A **GLICIN** EGYSZERŰ:



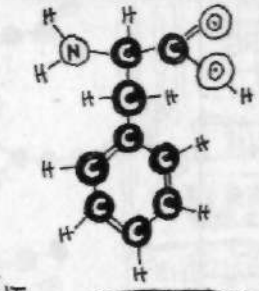
A **LEUCINNAK** VAN EGY OLDALÁGA:



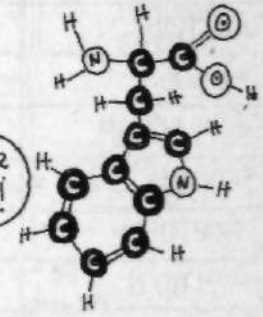
A **CISZTEINBEN** KÉNATOM VAN:



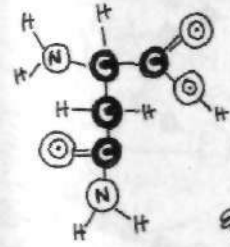
A **FENILALANINBAN** GYŰRŰ:



A **TRIPTOFÁNBAN** KETTŐS GYŰRŰ:



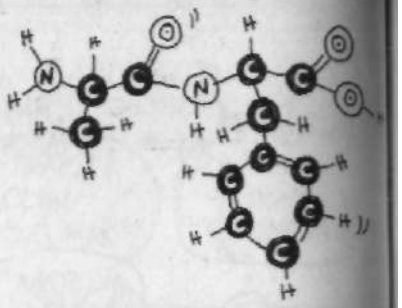
AZ **ASZPARAGIN** MÉG EGY NITROGENT TARTALMAZ:



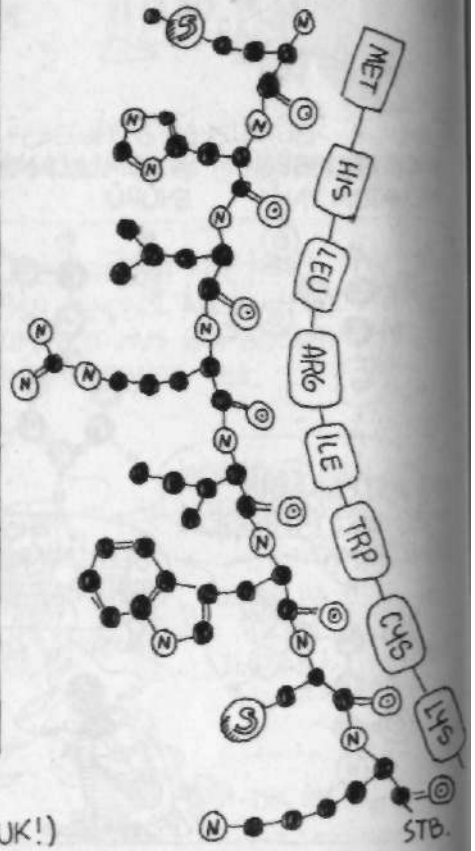
ÖSSZESEN HÚSZ „ÁLLANDÓ" AMINOSAV TALÁLHATÓ A FEHÉRJÉKBEN:

AMINOSAV	RÖVIDÍTÉS:
GLICIN	GLY
ALANIN	ALA
VALIN	VAL
LEUCIN	LEU
IZOLEUCIN	ILE
SZERIN	SER
TREONIN	THR
ASZPARAGINSAV	ASP
GLUTAMINSAV	GLU
LIZIN	LYS
ARGININ	ARG
ASZPARAGIN	ASN
GLUTAMIN	GLN
CISZTEIN	CYS
METIONIN	MET
FENILALANIN	PHE
TIROZIN	TYR
TRIPTOFÁN	TRP
HISZTIDIN	HIS
PROLIN	PRO

(A HIDROGÉNEKET ELHAGYTUK!)

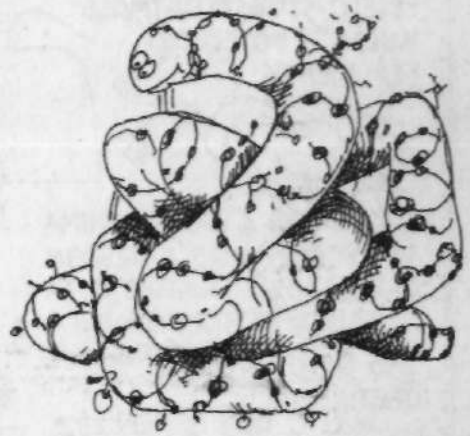


KÉT AMINOSAV EGYMÁSSAL ÖSSZEKAPCSOLÓDVA **PEPTIDET** KÉPEZ. HA TÖBB KAPCSOLÓDIK ÖSSZE, **POLIPEPTIDRŐL**, MÁS NÉVEN **FEHÉRJELÁNCRÓL** BESZÉLÜNK.



(GYAKRAN, MINT A HEMOGLOBINBAN, TÖBB LÁNC IS TALÁLHATÓ.)

MINDEN FEHÉRJÉBEN PONTOSAN MEGHATÁROZOTT SZÁMÚ ÉS SORRENDŰ AMINOSAV VAN. A KÖZTÜK FELLÉPŐ VONZERŐK MIATT A LÁNC FELTEKEREDIK EGY MEGLEHETŐSEN TÖMÖR, DE MÉGIS VÁLTOZÉKONY ALAKZATBA.



AZ ENZIMEK OLYAN FEHÉRJÉK, AMELYEK KÉPESEK ARRA, HOGY MÁS MOLEKULÁKAT EGYMÁSHOZ KAPCSOLJANAK VAGY SZÉTVÁLASSZANAK. MINDEN ENZIM EGY SPECIÁLIS KÉMIAI REAKCIÓT GYORSÍT FEL – **KATALIZÁL**.

AZ ENZIM TÜRELMESEN KIVÁRJA, HOGY A NEKI MEGFELELŐ **SZUBSZTRÁTMOLEKULÁK** A KÖZELÉBE KERÜLJENEK.

...ÉS ÖSSZEKAPCSOLJA ŐKET...

AZ ENZIM A FOLYAMAT SORÁN NEM VÁLTOZIK.

MEGKÖTI ŐKET A FELSZÍNÉN, VAGY A BELSEJÉBEN...

... EGY ÚJ MOLEKULÁVÁ, AMELYET AZTÁN ELENGED.

AZ EMÉSZTŐENZIMEK NEM ÖSSZEKAPCSOLJÁK, HANEM FELDARABOLJÁK A MOLEKULÁKAT. EGYESEK PÉLDÁUL A POLISZACHARID-MOLEKULÁK VÉGÉRŐL SZABDALJÁK LE A CUKORMOLEKULÁKAT !!!

AZ ENZIMEK AZÉRT OLYAN FONTOSAK, MERT AZ ÉLETFOLYAMATOK GYAKORLATILAG MINDEN KÉMIAI REAKCIÓJÁT ŐK SZABÁLYOZZÁK.

AMIKOR A BANÁNFA GYÖKEREI FELSZÍVJÁK A FÖLDBŐL A TÁPANYAGOKAT, EZEKET A NÖVÉNY ENZIMJEI ALAKÍTJÁK ÁT BANÁNNÁ.

AMIKOR PEDIG A GORILLA MEGESZI A BANÁNT, AKKOR AZ Ő ENZIMJEI MEGEMÉSZTIK A GYÜMÖLCSÖT, ÉS ÁTALAKÍTJÁK GORILLÁVÁ...

... ÉS PERSZE KÓLI IS LESZ BELŐLE, MERT NEKI IS MEGVANNAK A MAGA ENZIMJEI!

MONDHATJUK TEHÁT:

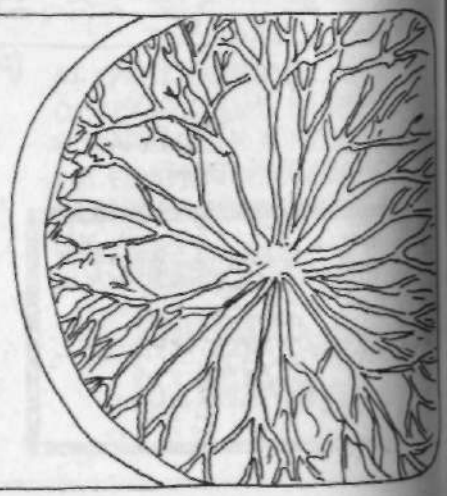
A szervezetet enzimjei építik föl.

NO ÉS MIT GONDOLNAK, MI ÉPÍTI FÖL AZ ENZIMEKET?

EGY **GÉN** – EGY **ENZIM**

A GÉNEK ÉS AZ ENZIMEK KÖZTI KAPCSOLATRA 1940-BEN DERÜLT FÉNY, AMIKOR KÉT BIOLÓGUS, **GEORGE BEADLE** ÉS **EDWARD TATUM** EGY KENYÉREN ÉLŐ PENÉSZGOMBA, A **NEUROSPORA** MUTÁNS TÖRZSEIT TENYÉSZTETTE MESTERSÉGES TÁPTALAJON.

AZ EGYES MUTÁNSOK ABBAN KÜLÖNBÖZTEK A VAD TÖRZSEKTŐL, HOGY TÖBBFÉLE TÁPANYAGRA VOLT SZÜKSÉGÜK, MINT ANNAK. AZ EGYIK MUTÁNSNAK EGGYEL TÖBB AMINOSAVAT KELLETT A TÁPTALAJÁBA KEVERNI, A MÁSIKNAK EGY BIZONYOS VITAMINT.



MINT KIDERÍTETTÉK, ENNEK OKA AZ VOLT, HOGY MÍG A RENDES PENÉSZ FEL TUDTA ÉPÍTENI EZEKET A SZÁMÁRA FONTOS VEGYÜLETEKET A TÁPTALAJ EGYSZERŰBB VEGYÜLETEIBŐL...

... ADDIG A MUTÁNSOK NEM VOLTAK KÉPESEK ERRE, MERT HIÁNYZOTT BELŐLÜK VALAMELYIK, AZ ILLETŐ MOLEKULA FELÉPÍTÉSÉBEN RÉSZT VEVŐ **ENZIM**.

SOKLÉPÉSES KERESZTEZÉSSEL ÉS BIOKÉMIAI VIZSGÁLATOKKAL MEGÁLLAPÍTOTTÁK, HOGY **EGYETLEN GÉN MUTÁCIÓJA EGYETLEN ENZIM HIÁNYÁHOZ** VEZET.

RÖVIDEN: **EGY GÉN – EGY ENZIM !!**

A GÉNEK TEHÁT ENZIMEKET **KÉSZÍTENEK**. MÁR CSAK AZT NEM TUDTÁK RÓLUK, HOGY ŐK MAGUK **MIBŐL VANNAK**... ENNEK KIDERÍTÉSE FELÉ AZ ELSŐ LÉPÉST **FRED GRIFFITH** TETTE MEG A HÚSZAS ÉVEKBEN.

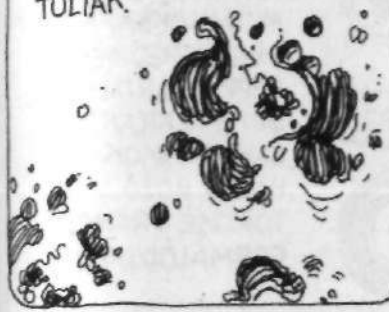
GRIFFITH A TÜDŐGYULLADÁS BAKTÉRIUMÁVAL, A **PNEUMOCOCCUSSZAL** FOGLALKOZOTT. EGYIK TÖRZSE A TERMÉSZETBEN TALÁLHATÓ FERTŐZŐKÉPES „VAD TÍPUS" VOLT.

EGÉRBE INJEKCIÓZVA A VAD TÖRZS KIVÉTEL NÉLKÜL MINDIG MEGBETEGÍTETTE AZ ÁLLATOT...

A MÁSIK EGY MUTÁNS TÖRZS: EBBŐL HIÁNYZOTT AZ AZ ENZIM, AMELY A BAKTÉRIUM VASTAG KÜLSŐ BURKÁNAK KÉSZÍTÉSÉBEN VESZ RÉSZT.

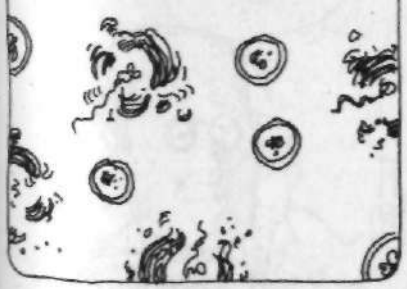
... MÍG A MUTÁNS **PNEUMOCOCCUS** HATÁSTALAN VOLT.

TÖRTÉNT EGYSZER, HOGY GRIFFITH FELFORRALTA A VAD TÖRZS EGYIK TENYÉSZETÉT. ETTŐL A BAKTÉRIUMOK SZÉTESTEK ÉS ELPUSZTULTAK.



AMINT AZ VÁRHATÓ VOLT, A MEGÖLT BAKTÉRIUMOK ÁRTALMATLANNAK BIZONYULTAK.

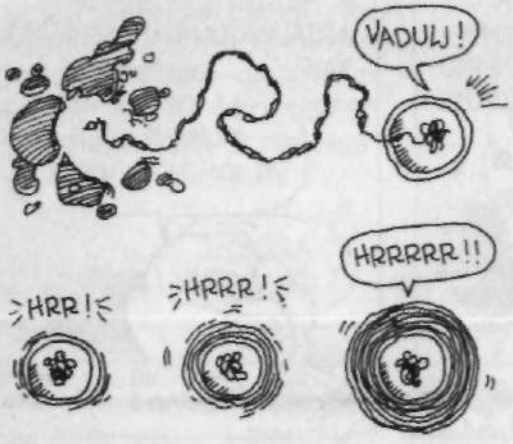
AZTÁN, CSAK ÚGY HECCBŐL, GRIFFITH ÖSSZEKEVERTE A HŐKEZELT VAD TÖRZSET AZ ÉLŐ MUTÁNSSAL.



EKKOR VISZONT — DACÁRA ANNAK, HOGY KÜLÖN-KÜLÖN MINDKÉT TÖRZS ÁRTALMATLAN VOLT —

NEMCSAK HOGY ELPUSZTULTAK AZ EGEREK, HANEM **ÉLŐ, VAD TÍPUSÚ PNEUMOCOCCUS**OKAT IS TALÁLT BENNÜK GRIFFITH! EZ AZTÁN VÉGKEPP NEM FÉRT A FEJÉBE!

KÉSŐBB AZONBAN SIKERÜLT MEGLELNI A NYITJÁT:



A VAD TÖRZS GÉNJEI „TÚLÉLTÉK" A FORRALÁST, ÉS BEHATOLTAK AZ ÉLŐ MUTÁNSOKBA, AMINEK EREDMÉNYEKÉPP AZ ÁRTALMATLAN „HÁZATLAN" BAKTÉRIUMOK HALÁLT HOZÓ VAD TÖRZZSÉ **TRANSZFORMÁLÓDTAK**!!

A NEGYVENES ÉVEKBEN **OSWALD AVERI** SZÁLLT A RINGBE, HOGY KIDERÍTSE, MI A „TRANSZFORMÁLÓ FAKTOR".

KONDÉRSZÁM FŐZTE A BAKTÉRIUMOKAT, KICSAPATTA, EXTRAHÁLTA, CENTRIFUGÁLTA, ANALIZÁLTA, ÚJRAFŐZTE, KICSAPATTA...

EGÉSZEN ADDIG, MÍG VÉGÜL EGY GYŰSZŰNYI TISZTA GENETIKAI ANYAGOT NYERT...

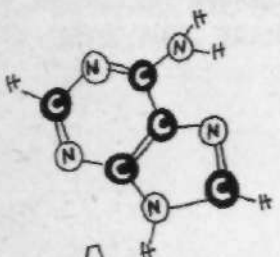
AMIKOR AVERY 1940-BEN BEJELENTETTE FELFEDEZÉSÉT, ALIG AKADT TUDÓS, AKI HITT NEKI!

A CSIGALÉPCSŐ

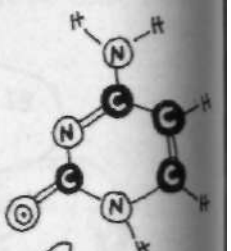
AVERY ELŐTT A TUDÓSOK NEM SOKAT TÖRŐDTEK A DNS-SEL.

ANNYIT TUDTAK RÓLA, HOGY DEZOXIRIBÓZ VAN BENNE, RENGETEG FOSZFÁT ÉS NÉGYFÉLE BÁZIS.

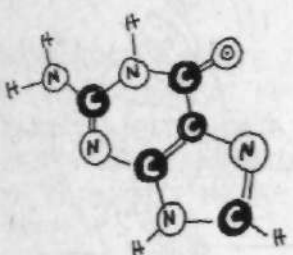
A NÉGY BÁZIS, AMELYEKET FENTEBB **A, C, G,** ÉS **T** NÉVEN EMLÍTETTÜNK, A KÖVETKEZŐ:



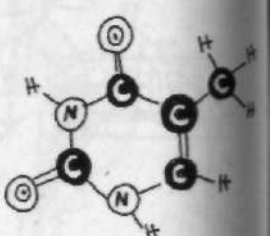
ADENIN



CITOZIN



GUANIN



TIMIN

ELEINTE ÚGY GONDOLTÁK, HOGY EZEK EGYENLŐ ARÁNYBAN VANNAK JELEN A DNS-BEN.

AVERY NYOMDOKAIN AZONBAN ÉRDEKLŐDNI KEZDTEK A KUTATÓK...

ERWIN CHARGAFF FELFEDEZÉSE:

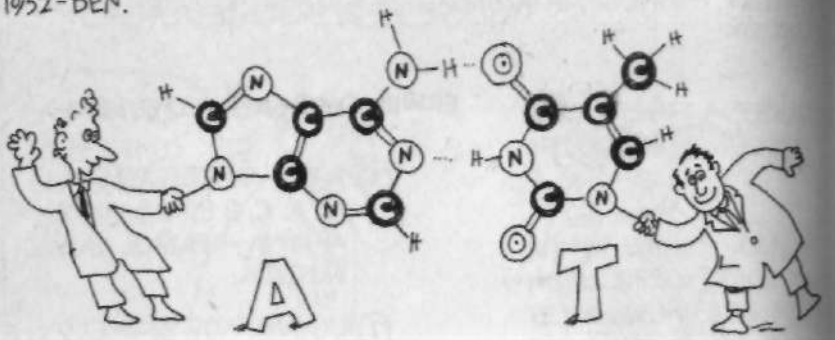
1. A DNS ÖSSZETÉTELE – AZ **A, C, G** ÉS **T** BÁZISOK ARÁNYA – FAJRÓL FAJRA VÁLTOZIK.
2. UGYANAKKOR BÁRMELY DNS-BEN AZ **A** BÁZISOK SZÁMA MEGEGYEZIK A **T** BÁZISOKÉVAL, A **C** BÁZISOKÉ PEDIG A **G**-KÉVEL.

MIT JELENT EZ? CHARGAFF MÉG NEM TUDOTT VÁLASZOLNI...

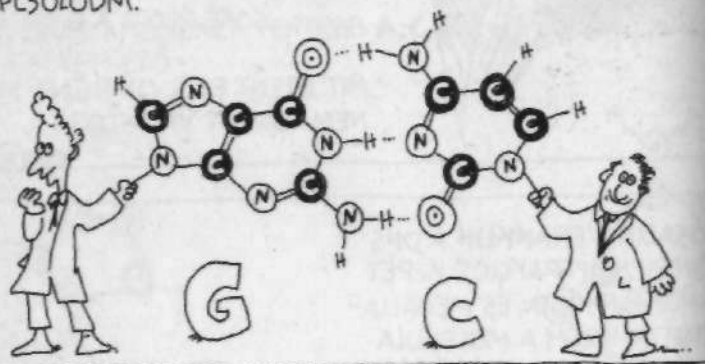
ROSALIND FRANKLIN A DNS RÖNTGENDIFFRAKCIÓS KÉPÉT TANULMÁNYOZTA, ÉS MEGÁLLAPÍTOTTA, HOGY A MOLEKULA VALÓSZÍNŰLEG DUGÓHÚZÓ ALAKÚ, ÉS A SPIRÁLBAN VAGY KÉT, VAGY HÁROM LÁNC VAN.

DE MOST AKKOR KETTŐ VAGY HÁROM...?

JAMES WATSON ÉS **FRANCIS CRICK** FEJTETTE MEG A REJTVÉNYT 1952-BEN.

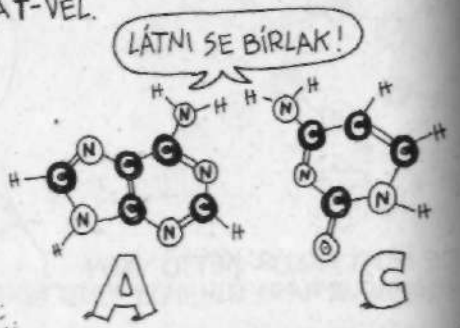


A BÁZISOK MAKETTJÉVEL JÁTSZADOZVA RÁJÖTTEK, HOGY AZ ADENIN A TIMINNEL, A GUANIN PEDIG A CITOZINNAL ÖSSZEILLIK, KÉPES PÁRRÁ KAPCSOLÓDNI.

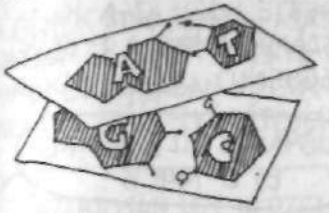


A BÁZISPÁROKAT **HIDROGÉNHIDAK** TARTJÁK ÖSSZE. EZ EGY GYENGE KÉMIAI KÖTÉS, AMELY AZ EGYIK MOLEKULA EGY HIDROGÉNJE ÉS A MÁSIK MOLEKULA EGY MÁSFAJTA ATOMJA KÖZT JÖN LÉTRE.

AZ IS VILÁGOS VOLT, HOGY AZ **A** ÉS A **C** BÁZIS NEM ILLESZTHETŐ ÍGY ÖSSZE EGYMÁSSAL, ÉS UGYANÍGY A **G** SEM A **T**-VEL.

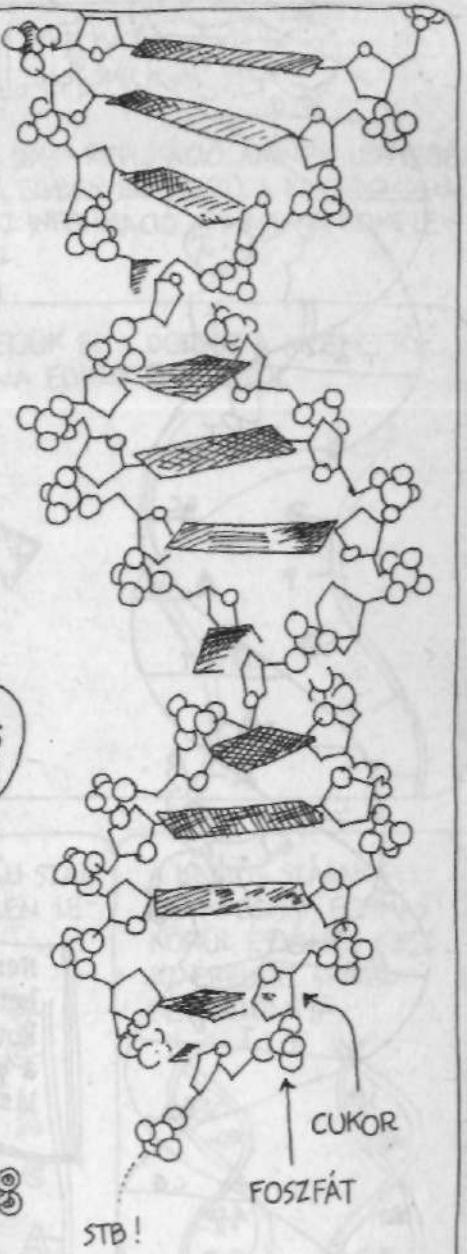


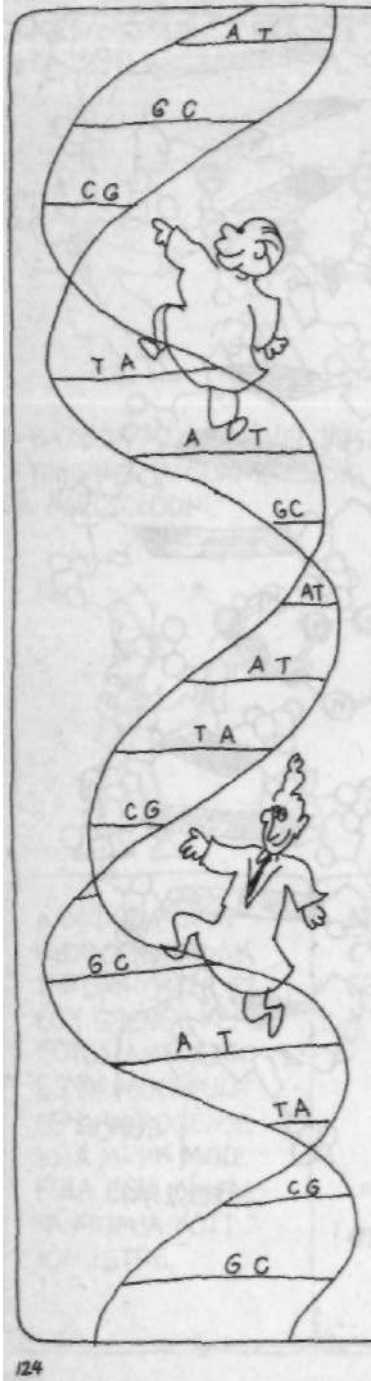
A **BÁZISPÁROK** NAGYJÁBÓL EGY SÍKBAN HELYEZKEDNEK EL.



ÍGY WATSON ÉS CRICK AZT JAVASOLTA, HOGY ÁLLÍTSÁK ŐKET SORBA EGYMÁS FÖLÉ, MINT EGY CSIGALÉPCSŐ FOKAIT. A LÉPCSŐ SZÉLEIN KÉT CUKOR–FOSZFÁT FONÁL KANYAROG, AKÁRCSAK EGY KÖTÉLHÁGCSÓ KÖTELEI.

EGY KÜLÖNLEGESSÉGET MÉG MEG KELL EMLÍTENÜNK: A KÉT KÖTÉL ELLENKEZŐ IRÁNYÚ. A CUKROK AZ EGYIK OLDALON „FELFELÉ" ÁLLNAK, A MÁSIKON „LEFELÉ".





EZ A MODELL JÓL MEGFELEL CHARGAFF MEGFIGYELÉSÉNEK, AKI FELFEDEZTE, HOGY AZ **A**-K SZÁMA MINDIG A **T**-KÉVEL EGYENLŐ.

EZ A SZABÁLY A **KOMPLEMENTARITÁS ELVE**. MINDEN BÁZIS CSAK EGYETLEN MÁSIKKAL TUD PÁRT ALKOTNI, AZAZ **EGYETLEN KOMPLEMENTERJE VAN**.

WATSON ÉS CRICK KIHASZNÁLTA A ZICCERT – EZT ÍRTÁK:

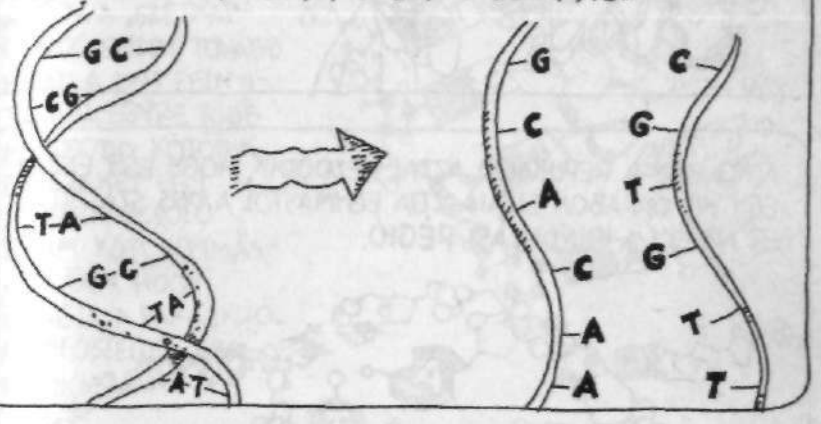
> Nem kerülte el figyelmünket, hogy a bázisok páralkotása magában hordozza a genetikai anyag lemásolásának lehetőségét is.

ÉS VALÓBAN, EZ A KULCSA A GÉNEK FŐ FUNKCIÓINAK: A REPLIKÁCIÓNAK ÉS A FEHÉRJESZINTÉZISNEK.

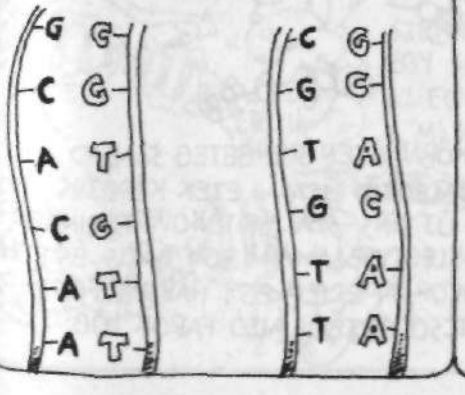
A REPLIKÁCIÓ

A GÉNEK ÁTMÁSOLÁSA, AZAZ A DNS-REPLIKÁCIÓ, AMINEK LÉNYEGÉT WATSON ÉS CRICK ISMERTE FÖL, ELVBEN EGYSZERŰ. A KETTŐS SPIRÁL MINDKÉT SZÁLÁBAN MEGVAN AZ INFORMÁCIÓ A MÁSIK, A KOMPLEMENTER SZÁL ELKÉSZÍTÉSÉHEZ.

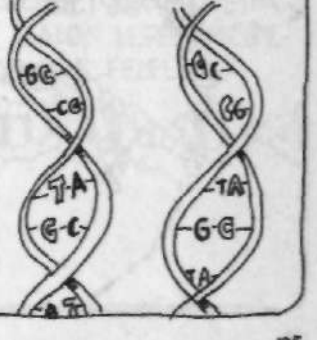
VÁZLATOSAN ÍGY KÉPZELHETJÜK EL A DOLGOT. A MEGKETTŐZŐDÉSHEZ A DNS KÉT SZÁLA ELVÁLIK EGYMÁSTÓL:

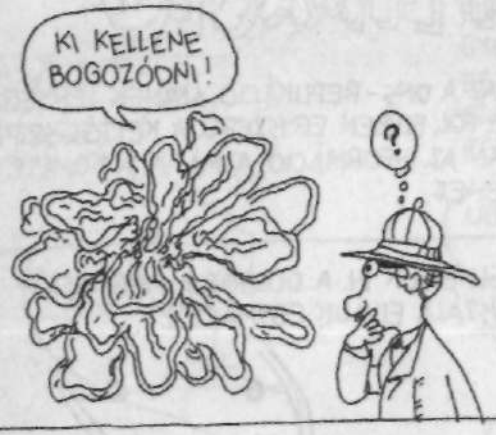


MINDKETTŐ MENTÉN EGY ÚJ SZÁL SZINTETIZÁLÓDIK, AZ EGYETLEN LEHETSÉGES MÓDON:



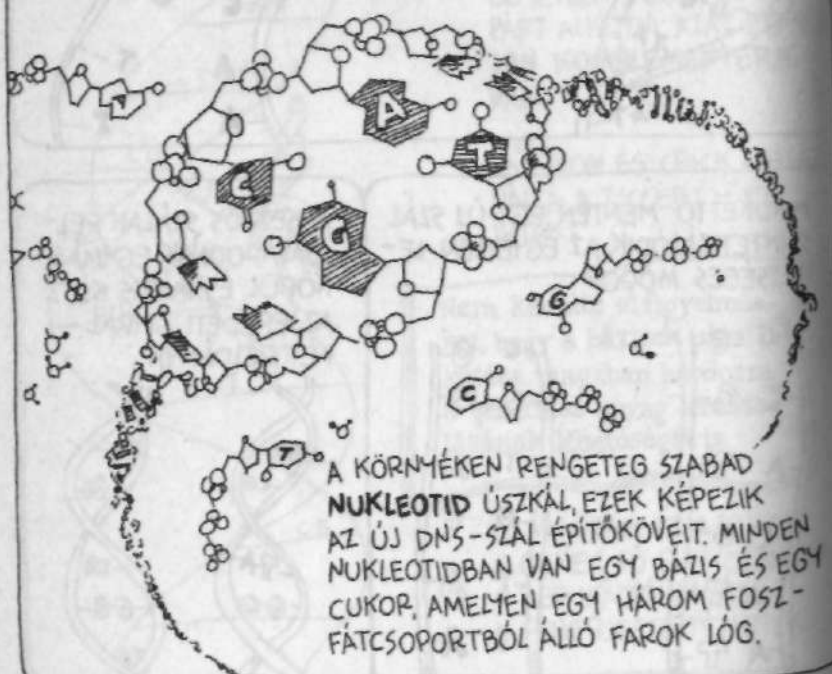
A KETTŐS SZÁLAK FELCSAVARODNAK EGYMÁS KÖRÜL, ÉS MÁRIS KÉSZ AZ EREDETI SPIRÁL KÉT PÉLDÁNYA.





A GYAKORLATBAN JÓVAL BONYOLULTABB A REPLIKÁCIÓ FOLYAMATA. MÉG A SOKAT TANULMÁNYOZOTT KÓLI ESETÉBEN IS VAN EGY KIS GUBANC.

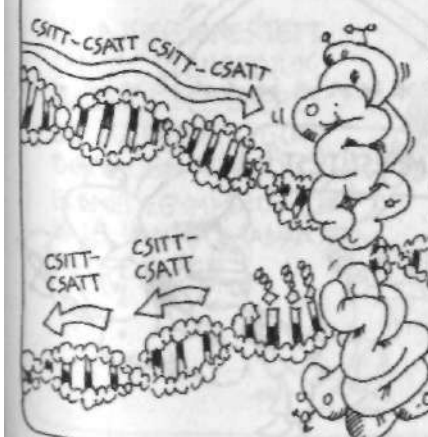
A KÓLIBAN A REPLIKÁCIÓ AZZAL KEZDŐDIK, HOGY EGY ENZIM EGY KIS DARABON ELVÁLASZTJA EGYMÁSTÓL A DNS SZÁLAIT. EZ A HELY A **KIINDULÁSI RÉGIÓ**.



A KÖRNYÉKEN RENGETEG SZABAD **NUKLEOTID** ÚSZKÁL, EZEK KÉPEZIK AZ ÚJ DNS-SZÁL ÉPÍTŐKÖVEIT. MINDEN NUKLEOTIDBAN VAN EGY BÁZIS ÉS EGY CUKOR, AMELYEN EGY HÁROM FOSZFÁTCSOPORTBÓL ÁLLÓ FAROK LÓG.

HA EGY SZABAD NUKLEOTID TALÁLKOZIK A DNS-BEN LÉVŐ KOMPLEMENTER PÁRJÁVAL, AKKOR HOZZÁKAPCSOLÓDIK, A „ROSSZ" BÁZISOK PEDIG VISSZAPATTANNAK.

AHOGY A „SZÉTKAPCSOLÓ" ENZIM TOVÁBB HALAD A DNS FELNYITÁSÁVAL, EGYRE TÖBB NUKLEOTID KÖTŐDIK BE. EZEKET EGY „ÖSSZEKAPCSOLÓ" ENZIM KÖTI EGYMÁSHOZ ÚGY, HOGY LEVÁGJA A FARKOKRÓL A FÖLÖSLEGES FOSZFÁTOKAT.



ÍGY FOLYIK A DOLOG MINDKÉT ÁGON EGYSZERRE, DE ELLENTÉTES IRÁNYBAN, MERT AZ „ÖSSZEKAPCSOLÓ" ENZIM CSAK EGY SORRENDET TUD KÖVETNI. AZ EGYIK SZÁLON LEFELÉ MEGY, A MÁSIKON MEG FELFELÉ.

A REPLIKÁCIÓ BEFEJEZTÉVEL A KÉT ÚJ KROMOSZÓMÁNAK EL KELL VÁLNIA EGYMÁSTÓL, HOGY MEGTÖRTÉNHESSEN A SEJTOSZTÓDÁS.

PÁ, DRÁGÁM!

A DNS-REPLIKÁCIÓ 1-MÉNT BEMUTATOTT KÉPE MEGLEHETŐSEN VÁZLATOS. NEM EMLÍTETTÜK A KETTŐS SPIRÁL KÉT SZÁLÁNAK SZÉTTEKEREDÉSÉT, AMIHEZ ELVILEG PERCENKÉNT 8000 FORDULATRA VAN SZÜKSÉG. HOGY EZ HOGYAN TÖRTÉNIK, MA MÉG NEM TUDJUK.

* *

AZ ENZIMKÉSZÍTÉST!

BÁRMI DERÜLJÖN IS KI A RÉSZLETEKKEL KAPCSOLATBAN, A REPLIKÁCIÓ KULCSA A KOMPLEMENTARITÁS ELVE. UGYANEZ AZ ELV TESZI LEHETŐVÉ A GÉNEK MÁSIK FŐ FUNKCIÓJÁNAK TELJESÍTÉSÉT:

PARANCS A MOLEKULÁBAN

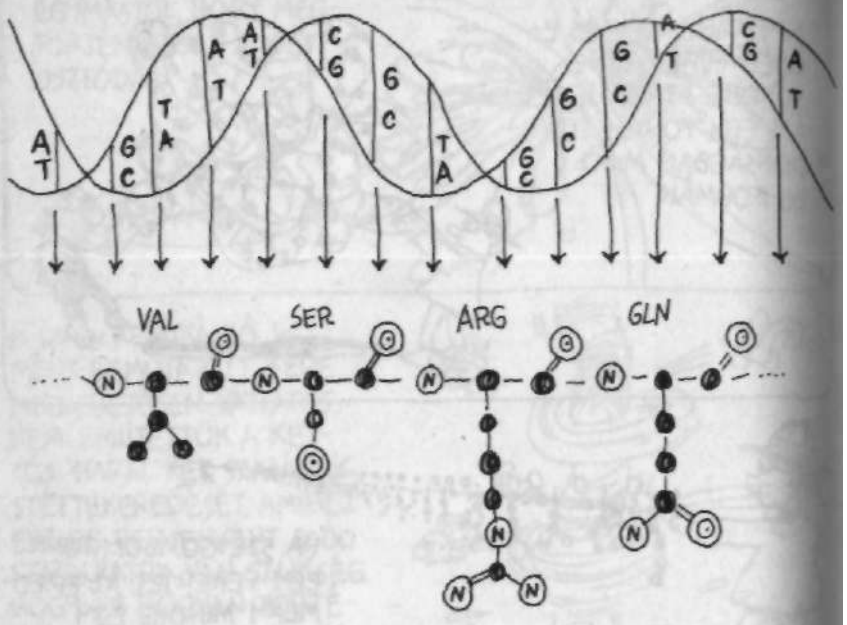
AZ ENZIMEKNEK ÉS EGYÉB FEHÉRJÉKNEK SOKFÉLE ALAKJA LEHET, ÁM EGY FONTOS TULAJDONSÁGBAN MIND EGYFORMÁK.

HA SZÉTGOMBOLÍTUNK EGY FEHÉRJÉT, AZ EREDMÉNY MINDIG EGY AMINOSAVLÁNC.

HA A KIEGYENESÍTETT LÁNCOT ELENGEDJÜK, MAGÁTÓL FELTEKEREDIK AZ EREDETI GOMBOLYAGGÁ ALKOTÓ ELEMEI EGYMÁSHOZ VALÓ VONZÓDÁSÁNAK MEGFELELŐEN.

LÁTHATOD: A **SORREND** HATÁROZZA MEG A SZERKEZETET!

A GÉNEK ÉS A FEHÉRJÉK KAPCSOLATA NYILVÁN ABBAN ÁLL, HOGY A DNS **BÁZISSORRENDJE** VALAHOGY MEGHATÁROZZA A FEHÉRJÉK **AMINOSAVSORRENDJÉT**.



A bázispárok sorát „szavak" egymásutánjaként képzelhetjük el, amely megszabja a fehérjékbe beépülő aminosavak sorrendjét.

A DNS – „SZAVAKNAK" AMINOSAVAKKÁ VALÓ LEFORDÍTÁSÁT EGY BONYOLULT MOLEKULÁRIS GÉPEZET VÉGZI...

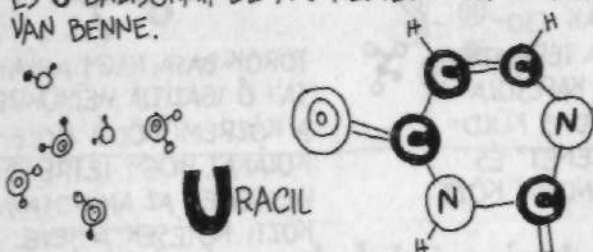
A „FORDÍTÓ" MOLEKULÁK CSOPORTJA TEREMTI MEG A KAPCSOLATOT A DNS KÜLDTE „ÜZENET" ÉS AZ AMINOSAV KÖZT.

TÖRÖK BASA, NAGY A HASA: Ő IGAZÍTJA HELYÜKRE A KÖZREMŰKÖDŐ MOLEKULÁKAT, HOGY LÉTREJÖHESSENEK AZ AMINOSAVAK KÖZTI KÖTÉSEK. A NEVE **RIBOSZÓMA**.

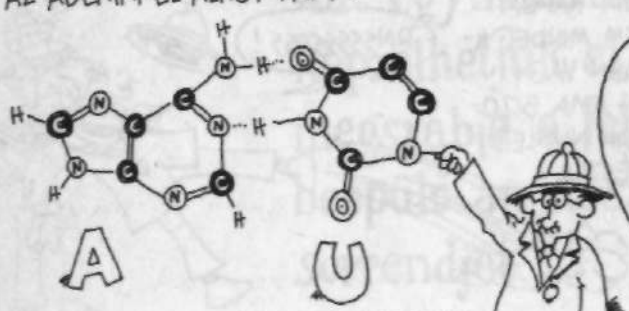
AZ RNS – EZ A **RIBONUKLEINSAV** RÖVIDÍTÉSE – HASONLÍT A DNS-RE: CUKOR-FOSZFÁT VÁZ, RAJTA BÁZISOKKAL.

A CUKOR ITT **RIBÓZ**, NEM PEDIG DEZOXIRIBÓZ: AZ RNS ÁLTALÁBAN **EGYSZÁLÚ** ÉS SOKKAL **RÖVIDEBB**; 50-1000 NUKLEOTID VAN BENNE, MÍG A DNS-BEN AKÁR A MILLIÓT IS MEGHALADHATJA A BÁZISOK SZÁMA.

VÉGÜL, AZ RNS-BEN IS MEGTALÁLJUK AZ **A**, **C** ÉS **G** BÁZISOKAT, DE A **T** HELYETT URACIL (**U**) VAN BENNE.



AZ URACIL A TIMINHEZ HASONLÓAN AZ ADENINNEL ALKOT PÁRT:

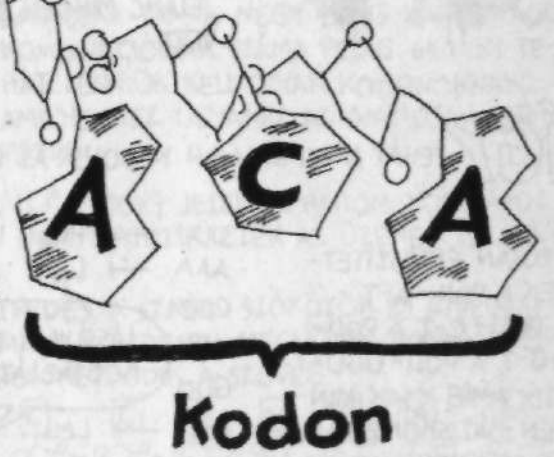


A FEHÉRJESZINTÉZIS ÚGY KEZDŐDIK, HOGY A DNS EGY SZAKASZÁN SZÉTVÁLIK A KETTŐS SPIRÁL, ÉS AZ EGYIK SZÁL MENTÉN EGY RNS-LÁNC SZINTETIZÁLÓDIK AZ RNS-POLIMERÁZ ENZIM SEGÍTSÉGÉVEL. EZ A FOLYAMAT AZ ÁTÍRÁS (**TRANSZKRIPCIÓ**).

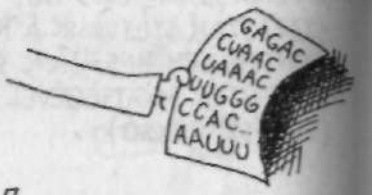
UGYANAZ TÖRTÉNIK ITT, MINT A DNS-REPLIKÁCIÓ SORÁN: A KELETKEZŐ RNS MINDEN BÁZISA KOMPLEMENTER A DNS MEGFELELŐ BÁZISÁVAL.

EZ AZ RNS A **HÍRVIVŐ** VAGY **MESSENGER**, RÖVIDEN mRNS: EZ KÖZVETÍTI A GENETIKAI ÜZENETET A DNS-TŐL A FEHÉRJEGYÁRTÓ SORHOZ.

AZ ÜZENET „SZAVAI" **BÁZIS-HÁRMASOK** (TRIPLETEK) – **A-U-G**, **A-C-A** STB. EGY-EGY ILYEN CSOPORT NEVE:

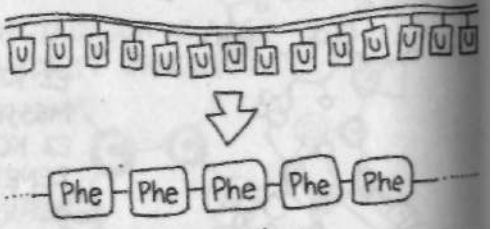


MINDEGYIK KODON MEGFELEL EGY AMINOSAVNAK, AZ mRNS-SZÁL PEDIG EGY VAGY TÖBB FEHÉRJELÁNCNAK. TULAJDONKÉPPEN EGY KÜLÖNLEGES REJTJELEZÉSRŐL VAN ITT SZÓ, KÓDJELEKKEL ÍRT ÜZENETRŐL. EZ A SOKAT EMLEGETETT



GENETIKAI KÓD!

A KÓD MEGFEJTÉSE 1961-BEN KEZDŐDÖTT, AMIKOR **MARSHALL NIERENBERG** ELKÉSZÍTETT EGY SPECIÁLIS mRNS-T, AMELYNEK MINDEN BÁZISA **URACIL** VOLT, AZAZ EGY POLIURACIL-MOLEKULÁT.



AZ ERRŐL SZINTETIZÁLÓDOTT FEHÉRJELÁNC MINDEN TAGJA **FENILALANIN** VOLT.

ÍGY TEHÁT A FENILALANIN KODONJA AZ **UUU**.

EZUTÁN ELKÉSZÍTETTÉK A POLI-**A**-T, A POLI-**C**-T, A POLI-**UG**-T, A POLI-**UGU**-T STB., AMÍG CSAK MINDEN BÁZISKOMBINÁCIÓRA SOR NEM KERÜLT.

UUU → Phe
AAA → Lys
CCC
UGU
GUU
UUG → Leu
GUG → Val

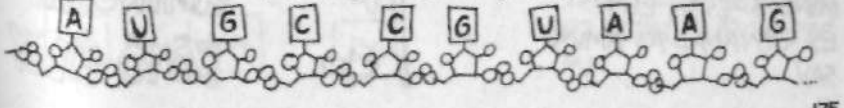
MÁSODIK BETŰ

ELSŐ BETŰ	U	C	A	G	HARMADIK BETŰ
U	UUU, UUC } PHE UUA, UUG } LEU	UCU, UCC, UCA, UCG } SER	UAU, UAC } TYR UAA, UAG } STOP	UGU, UGC } CYS UGA STOP UGG TRP	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG } LEU	CCU, CCC, CCA, CCG } PRO	CAU, CAC } HIS CAA, CAG } GLN	CGU, CGC, CGA, CGG } ARG	U C A G
A	AUU, AUC, AUA } ILE AUG MET	ACU, ACC, ACA, ACG } THR	AAU, AAC } ASN AAA, AAG } LYS	AGU, AGC } SER AGA, AGG } ARG	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG } VAL	GCU, GCC, GCA, GCG } ALA	GAU, GAC } ASP GAA, GAG } GLU	GGU, GGC, GGA, GGG } GLY	U C A G

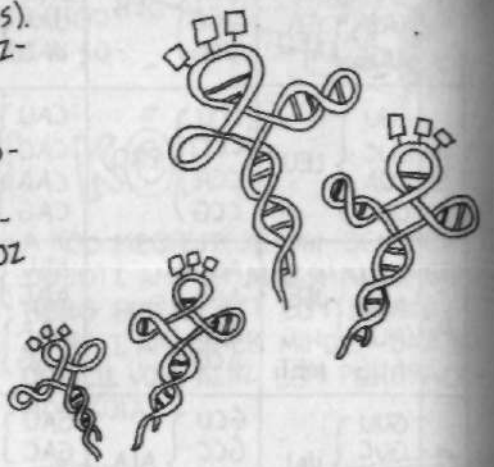
A KÓD **REDUNDÁNS** (MÁS SZÓVAL DEGENERÁLT). EZEN AZT ÉRTJÜK, HOGY AZ EGYES AMINOSAVAKNAK NEMCSAK EGY KODONJUK LEHET. ENNEK AZ AZ OKA, HOGY CSAK HÚSZ AMINOSAV VAN, A NÉGY BÁZIS HÁROMTAGÚ KOMBINÁCIÓINAK SZÁMA PEDIG 64. ÍGY TEHÁT LENNIÜK KELL OLYAN KODONOKNAK, AMELYEKHEZ UGYANAZ AZ AMINOSAV TARTOZIK.

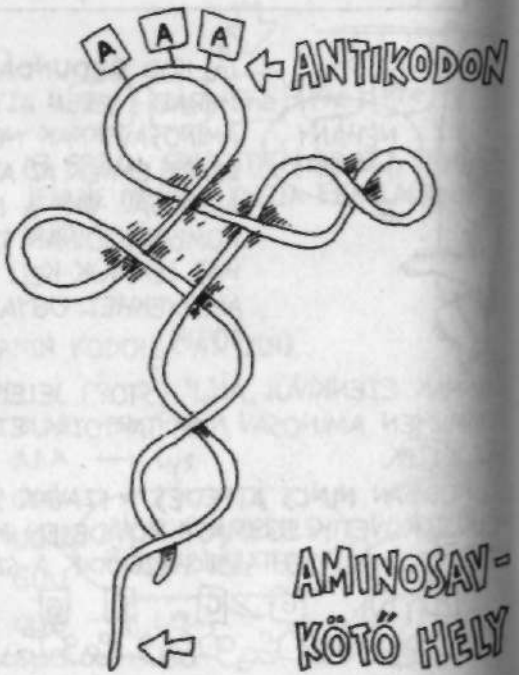
VANNAK EZENKÍVÜL „ÁLLJ" (STOP) JELEK IS. HÁROM KODONHOZ SEMMILYEN AMINOSAV NEM TARTOZIK. EZEK AZ ÜZENET LEZÁRÁSÁT JELZIK.

A KÓDBAN **NINCS ÁTFEDÉS**. A SZAVAK SZÓKÖZÖK ÉS ÁTFEDÉSEK NÉLKÜL KÖVETIK EGYMÁST. RÖVIDESEN MEGLÁTJUK, HONNAN LEHET MÉGIS TUDNI, HOGY HOL KEZDŐDIK A SZÖVEG.



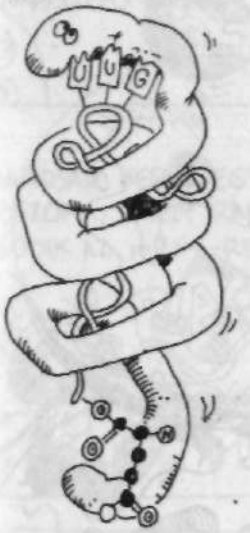
A SEJTBEN A GENETIKAI KÓD FORDÍTÓI AZ ÚGYNEVEZETT **TRANSZFER RNS**-MOLEKULÁK (tRNS). EZEK KÉPESEK ÚGY ÖSSZEHAJTÓDNI, HOGY BIZONYOS HELYEKEN EGYMÁSSAL KAPCSOLÓDJANAK KOMPLEMENTER BÁZISAIK. AZ ÍGY KELETKEZŐ ALAKZAT KULCSHOZ HASONLÍT.



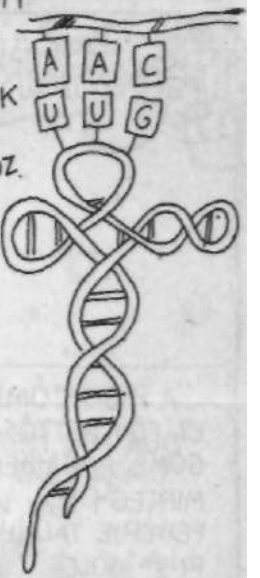


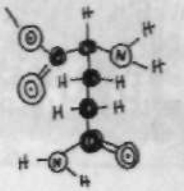
A tRNS KÖZÉPSŐ HURKÁN HÁROM PÁRATLAN BÁZIS NÉZ KIFELÉ. EZ AZ „ANTIKODON", AMELY AZ mRNS MEGFELELŐ KODONJÁVAL KOMPLEMENTER, S ÍGY KÉPES HOZZÁKAPCSOLÓDNI. A tRNS FAROKRÉSZÉHEZ KAPCSOLÓDIK AZ AMINOSAV, ÉSPEDIG MINDIG CSAK EGY ÉS UGYANAZ AZ AMINOSAV.

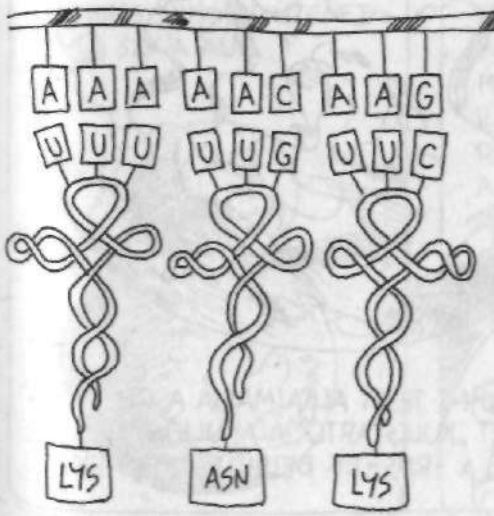
EZ ÚGY TÖRTÉNIK, HOGY MINDEN ANTIKODONHOZ TARTOZIK EGY ENZIM, AMELY KÉPES AZT FELISMERNI, ÉS ÍGY A MEGFELELŐ AMINOSAVAT KÖTI RÁ A tRNS VÉGÉRE.



A „FELTÖLTÖTT" tRNS ANTIKODONJA KAPCSOLÓDIK AZ mRNS KODONJÁHOZ.







VÁZLATOSAN ÍGY ÁBRÁZOLHATJUK A NUKLEOTIDBÁZISOK SORRENDJÉNEK MEGFELELŐ AMINOSAVLÁNC SZINTÉZISÉT. EHHEZ A MŰVELETHEZ AZONBAN MÉG EGY „SZERSZÁMRA" VAN SZÜKSÉG A SEJTBEN, EZ PEDIG A **RIBOSZÓMA**.

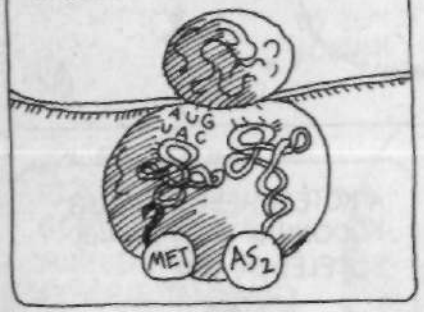
HOGYAN KÉSZÜL A FEHÉRJE?

A FEHÉRJEKÉSZÍTŐ BERENDEZÉS „SATUPADJA" AZ A SEJTSZERVECSKE, AMELY AZ ALKATRÉSZEKET ÖSSZEHOZZA ÉS EGYÜTT TARTJA, AMÍG ÖSSZEKAPCSOLÓDNAK,

... A **RIBOSZÓMA**. EZ EGY KETTŐS GÖMB, AMELYBEN MINTEGY 50 FEHÉRJE TALÁLHATÓ RNS-MOLEKULÁKKAL VEGYESEN FELGOMBOLYÍTVA. AZ ITT SZEREPLŐ RNS A **RIBOSZOMÁLIS RNS** VAGY rRNS.

FELTÉTELEZHETŐEN AZ rRNS TESZI ALKALMASSÁ A RIBOSZÓMÁT ARRA, HOGY KÉT „KULCSTARTÓ" ALAKULJON KI A FELSZÍNÉN, AMELYEKBE A tRNS-EK BELEILLESZKEDNEK.

MINDEN tRNS HORDOZ EGY AMINOSAVAT (AS). EZEK KÖZÜL AZ ELSŐKÉNT BEKÖTŐDŐ MINDIG METIONIN, MIVEL AZ **AUG** KODON A METIONIN KÓDSZAVA.

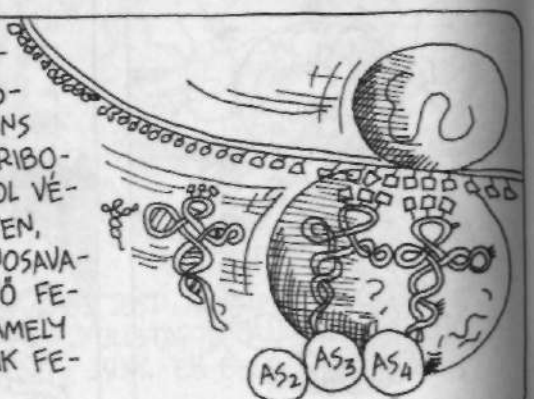


A RIBOSZÓMA EGYIK ENZIMJE EGYMÁSHOZ KÖTI A KÉT AMINOSAVAT — KIALAKÍTJA KÖZTÜK A PEPTIDKÖTÉST —, MAJD AZ ELSŐ tRNS LEVÁLIK ÉS TOVAÚSZIK.

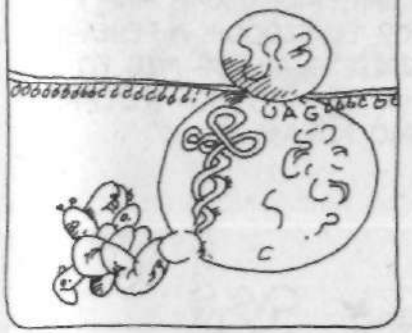
A RIBOSZÓMA EZUTÁN HÁROM BÁZISHELLYEL TOVÁBBLÉP AZ mRNS-EN.

MOST ÚJABB tRNS ÉRKEZIK, ÚJABB AMINOSAVVAL.

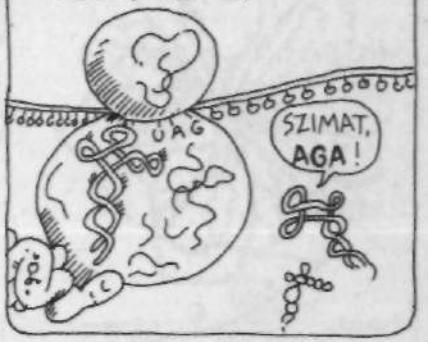
AZ ÚJ AMINOSAV HOZZÁKÖTŐDIK SZOMSZÉDJÁHOZ, AZ „ÜRES" tRNS PEDIG LELŐKŐDIK. A RIBOSZÓMA ÍGY VÁNDOROL VÉGIG A TELJES ÜZENETEN, ÚJABB ÉS ÚJABB AMINOSAVAKAT KÖTVE A NÖVEKVŐ FEHÉRJELÁNC VÉGÉRE, AMELY RÖGTÖN FELTEKEREDIK FEHÉRJÉVÉ.



A FOLYAMAT ADDIG TART, AMÍG A RIBOSZÓMA EL NEM ÉRI A „STOP" JELET.



EKKOR MEGÁLL, MIVEL NINCS OLYAN tRNS, AMELYNEK ENNEK MEGFELELŐ ANTIKODONJA LENNE.



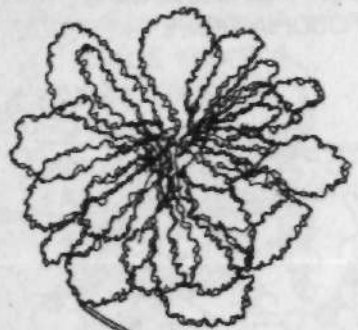
A KÉSZ FEHÉRJÉT EGY KÜLÖN ERRE A CÉLRA SZOLGÁLÓ RIBOSZÓMAENZIM VÁGJA LE A RIBOSZÓMÁRÓL.

EZT KÖVETŐEN ALAKUL KI A FEHÉRJE VÉGLEGES ELRENDEZŐDÉSE.

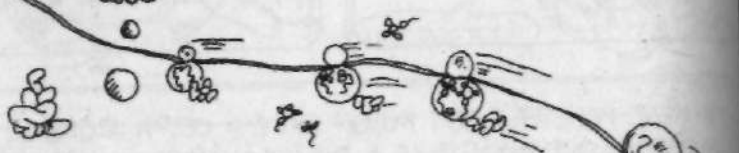
VÉGEZETÜL A RIBOSZÓMÁRÓL AZ mRNS ÉS AZ UTOLSÓ tRNS IS LEVÁLIK.

AZ ÚJ FEHÉRJE MAKROMOLEKULA PEDIG HOZZÁLÁT FELADATÁNAK TELJESÍTÉSÉHEZ MINT SZERKEZETI FEHÉRJE VAGY ENZIM, VAGY VALAMI MÁS...

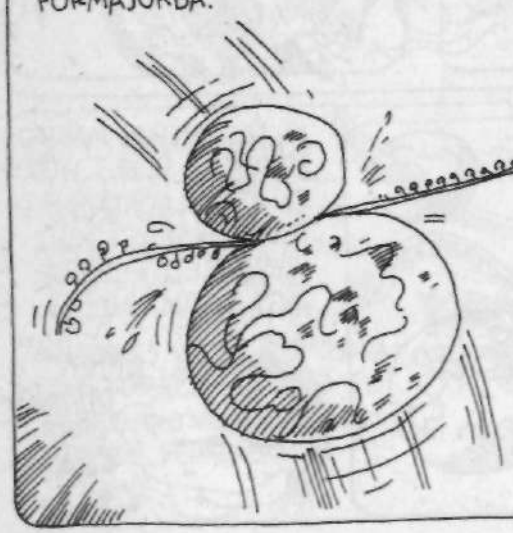
AZ ÉLŐ SEJTBEN MINDEZEK A FOLYAMATOK EGYMÁS MELLETT, ÖSSZERENDEZETTEN MENNEK VÉGBE. A KÓLIBAN ÍGY:



A BAKTÉRIUMOKBAN MÁR AKKOR ELKEZDŐDIK A FEHÉRJESZINTÉZIS, AMIKOR MÉG FOLYIK AZ mRNS-NEK A GÉNRŐL VALÓ ÁTÍRÁSA.

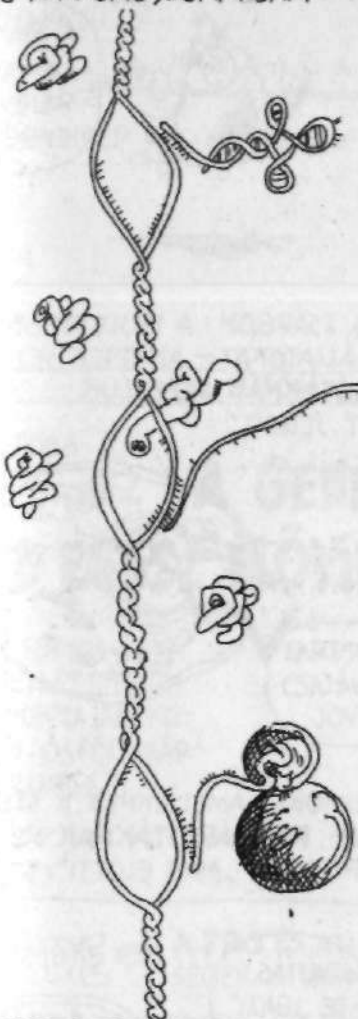


AZ ÜZENETET EGYSZERRE TÖBB RIBOSZÓMA OLVASSA, ÚJABBAK ÉS ÚJABBAK KAPCSOLÓDNAK A KEZDŐ VÉGRE. A KELETKEZŐ FEHÉRJELÁNCOK MÁR KÉSZÍTÉSÜK KÖZBEN FELGOMBOLYODNAK VÉGLEGES FORMÁJUKBA.



ÉS EZZEL ÁT IS TEKINTETTÜK, HOGYAN MŰKÖDIK A GÉN – A KÓLIBAN !!

FOGLALJUK MOST ÖSSZE, MI MINDENNEK A KÓDJÁT TALÁLTUK MEG EDDIG A KROMOSZÓMÁKBAN.



VANNAK DNS-SZAKASZOK, AMELYEK A tRNS-MOLEKULÁKAT KÓDOLJÁK...

VANNAK OLYANOK, AMELYEK AZ mRNS-EKET, AMELYEK AZTÁN A FEHÉRJÉK FELÉPÍTÉSÉHEZ SZOLGÁLNAK MINTÁUL...

VANNAK OLYANOK IS, AMELYEK A RIBOSZOMÁLIS RNS-T KÓDOLJÁK – EZ KÖZVETLENÜL A RIBOSZÓMA SZERKEZETÉBE ÉPÜL BE.

JOGGAL MONDHATJUK TEHÁT, HOGY A DNS A SEJT VALAMENNYI ALAPVETŐ ALKATRÉSZÉNEK TERVRAJZA.

PRO ÉS EU

KIINDULÓ PÉLDÁNK A GORILLA ÉS A BANÁN VOLT, DE VÉGÜL EGY LÁTHATATLAN PARÁNY, AZ **E. COLI** BELSEJÉBEN KÖTÖTTÜNK KI. MIT MONDHATUNK MÁS ÉLŐLÉNYEKRŐL?

ELŐLJÁRÓBAN MEGINT EGY KIS ZSARGON: A FEJLETTEBB ÉLŐLÉNYEKET — NÖVÉNYEKET, ÁLLATOKAT —, AMELYEK SEJTJEIBEN SEJTMAG VAN, **EUKARIÓTÁKNAK** NEVEZZÜK. EZ GÖRÖGÜL „IGAZI MAGVÚ"-T JELENT.

AZ EUKARIÓTÁK SEJTJEIBEN TÖBBFÉLE SEJTSZERVECSKE TALÁLHATÓ, LEGNAGYOBB KÖZTÜK A SEJTMAG, AMELYBEN A KROMOSZÓMÁK VANNAK.

A PICINY BAKTÉRIUMOKAT, AMELYEKNEK A SZERVEZETE PRIMITÍVEBB, **PROKARIÓTÁKNAK** NEVEZZÜK. EZ A GÖRÖGBEN „MAG ELŐTTI"-T JELENT.

ÚGY VÉLIK UGYANIS, HOGY A PROKARIÓTÁKNAK A BONYOLULTABB SZERVEZETŰ EUKARIÓTÁK ELŐTT KELLETT KELETKEZNIÜK.

AZ EUKARIÓTÁK ÉS A PROKARIÓTÁK GENETIKAI ESZKÖZTÁRA LÉNYEGÉBEN UGYANAZ:

MI TÖBB:

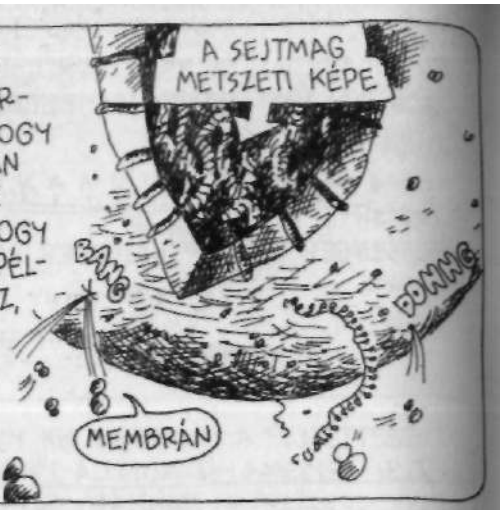
A GENETIKAI KÓD AZ EGÉSZ ÉLŐVILÁGBAN AZONOS.

EZ SÚLYOS ÉRV AMELLETT, HOGY MINDNYÁJAN KÖZÖS ŐSTŐL SZÁRMAZUNK.

NO DE ⇨ A **PRO** ÉS AZ **EU** KÖZT JELENTŐS KÜLÖNBSÉGEK IS VANNAK...

ELŐSZÖR IS, AZ EUKARIÓTÁKNAK MINDEN RIBOSZÓMÁJUK A SEJTMAGON KÍVÜL TALÁLHATÓ: A GÉNEKTŐL ELVÁLASZTJA ŐKET A SEJTMAG MEMBRÁNJA.

IGAZ IS: HOGY KÉSZÍTIK AZ EUKARIÓTÁK A FEHÉRJÉIKET? A VÁLASZ AZ, HOGY A SEJTMAG MEMBRÁNJÁN PÓRUSOK VANNAK. EZEK ELÉG NAGYOK AHHOZ, HOGY A KÜLÖNFÉLE ENZIMEK, PÉLDÁUL AZ RNS-POLIMERÁZ, ÁTLÉPJENEK RAJTUK, A RIBOSZÓMÁK SZÁMÁRA AZONBAN TÚL SZŰKEK.

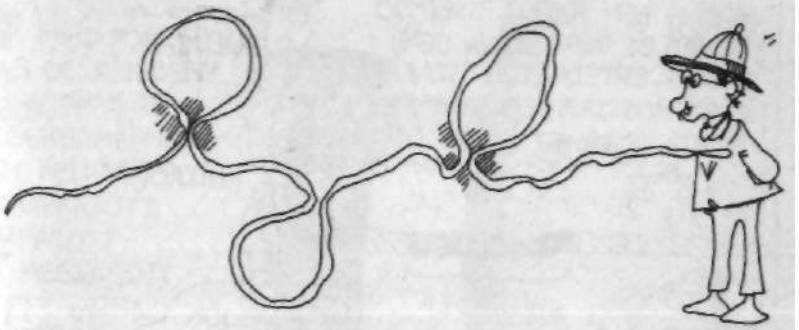


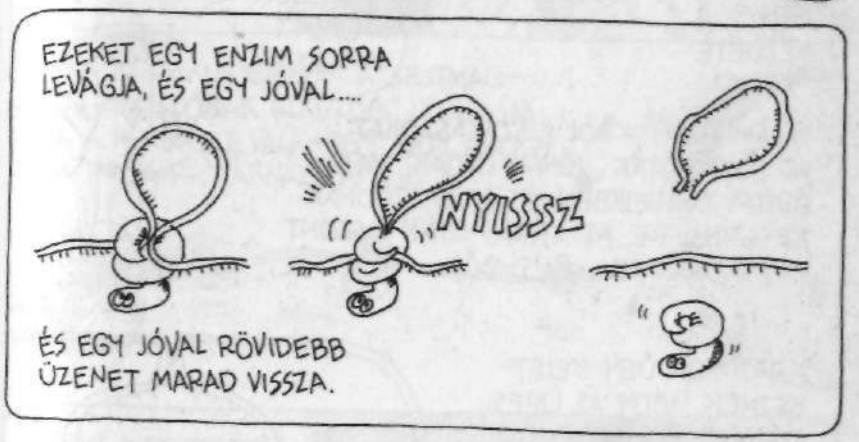
A SEJTMAGBAN UGYANÚGY KÉSZÜL AZ mRNS, MINT A BAKTÉRIUMOKBAN, CSAK AZTÁN JÖNNEK A KÜLÖNBSÉGEK...

AZ mRNS KEZDŐ VÉGÉRE EGY MÓDOSÍTOTT GUANIN-„SAPKA" KERÜL, FORDÍTOTT ÁLLÁSBAN. A MÁSIK VÉGÉN TÖBB SZÁZ ADENINNUKLEOTID TALÁLHATÓ, AMELYEK EGY „POLI-A-FARKAT" KÉPEZNEK.

AZ EUKARIÓTA mRNS EME TOLDALÉKAINAK SZEREPE MA MÉG ISMERETLEN.

MOST JÖN EGY NAGYON MEGLEPŐ KÜLÖNBSÉG. AZ EUKARIÓTA mRNS HURKOKAT KÉPEZ, ILYENFORMÁN:





A JELENSÉGET KÖNNYEBB FELFOGNI, MINT MEGMAGYARÁZNI!! ÚGY TŰNIK, HOGY AZ EUKARIÓTA GÉNEKBEN FÖLÖSLEGES SZÖVEGRÉSZEK – FEHÉRJÉT NEM KÓDOLÓ SZAKASZOK – IS VANNAK. KÖVETKEZÉSKÉPP A GÉNEK KÜLÖNÁLLÓ DARABOKBÓL ÁLLNAK!!

A DOLOG FELETTÉBB REJTÉLYES !! EGY TÖKÉLETESEN JÓ GÉNBE BE VAN TOLDVA EGY CSOMÓ ÉRTELMETLEN SZAKASZ. EZEK HOSSZA TÖBB SZÁZ NUKLEOTID IS LEHET...

„HULLADÉK"

GÉN VÉGE

„HULLADÉK"

„HULLADÉK"

GÉN KEZDETE

MIRE JÓK EZEK? KI TUDJA?

VALAMILYEN OKBÓL E SZAKASZOKAT AZ EUKARIÓTÁK „JÓNAK LÁTJÁK" MEGŐRIZNI GÉNJEIKBEN, ÉS ÁT IS ÍRÓDNAK AZ mRNS-RE. AZ ÁTÍRÁS UTÁN VISZONT KIHASADNAK AZ mRNS-BŐL.

A HURKOK ÚGY KELETKEZNEK, HOGY AZ ÜRES SZAKASZ KÉT VÉGÉN KOMPLEMENTER SZAKASZOK VANNAK, AMELYEK ÖSSZEKAPCSOLÓDNAK EGYMÁSSAL.

G C
A U
C G

NAGYON FONTOS, HOGY AZ ELTÁVOLÍTÁS PONTOS LEGYEN. HA CSAK EGYETLEN BÁZISSAL IS ELCSÚSZIK A VÁGÁS HELYE, AZ EGÉSZ TOVÁBBI „SZÖVEG" ÉRTELMETLENNÉ VÁLIK, A FEHÉRJE NEM LESZ JÓ SEMMIRE. MEGÁLL AZ ÉSZ...

AZ EDDIG EMLÍTETT FOLYAMATOK MIND A SEJTMAG BELSEJÉBEN JÁTSZÓDNAK LE. VÉGEREDMÉNYÜK EGY KELLŐKÉPPEN FELSAPKÁZOTT, FARKAZOTT ÉS MEGVÁGOTT ÉRETT mRNS.

MIUTÁN AZ mRNS KIBÚJIK A SEJTMAGBÓL, A RIBOSZÓMÁK ELKEZDIK LEOLVASNI RÓLA A FEHÉRJÉT, VALAHOGY ÚGY, AHOGY AZT A PROKARIÓTÁKNÁL LÁTTUK.

VÉGÜL A FEHÉRJÉK ELKÉSZÜLNEK, S TENNI KEZDIK DOLGUKAT. AZ mRNS PEDIG BONTÓ ENZIMEK HATÁSÁRA DARABOKRA ESIK SZÉT. ELEMEI VISSZAÚSZNAK A SEJTMAGBA, HOGY OTT EGY MÁSIK RNS KELETKEZZÉK BELŐLÜK.

KÜLÖNBSÉG VAN AZ EUKARIÓTÁK ÉS A PROKARIÓTÁK KÖZT A GÉNEK SZÁMÁBAN IS. AZ EMBERBEN 200000 GÉN VAN, A KÓLIBAN PEDIG CSAK 4000.

HM... 200000 GÉN, GÉNENKÉNT 1000 NUKLEOTID, AZ ANNYI MINT 200 MILLIÓ... ATYÁM!

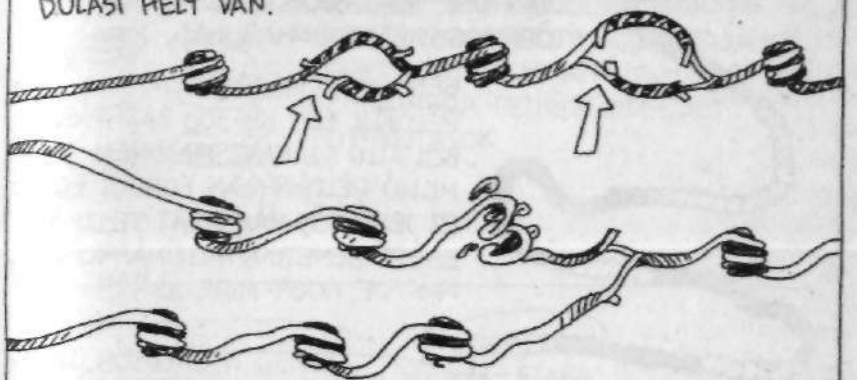
AZ SEMMI! NEKEM UGYANENNYI TESTVÉREM ÉL A BELEIDBEN!

E KOLOSSZÁLIS „KÖNYVTÁR" ANYAGÁNAK RAKTÁROZÁSÁHOZ AZ EUKARIÓTÁK FEHÉRJE „SPULNIKRA" GOMBOLYÍTJÁK FEL DNS-ÜKET. EGY-EGY ILYEN SPULNI, AZAZ **NUKLEOSZÓMA**, HOGY NEVÉN NEVEZZÜK, TÖBB ÖSSZEKAPCSOLT FEHÉRJÉBŐL ÁLL.

A NUKLEOSZÓMÁN EGY SPECIÁLIS HORONY VAN A DNS SZÁMÁRA, AMELY EBBE ILLESZKEDVE KÉT CSAVARULATOT TESZ A SPULNI KÖRÜL.

HM... MIKET KI NEM TALÁLNAK!

AMIKOR AZ EUKARIÓTA SEJT OSZTÓDNI KÉSZÜL, EGYSZERRE SOK HELYEN KEZDŐDIK MEG A DNS-REPLIKÁCIÓ, NEM ÚGY, MINT A KÓLIBAN, AMELYNEK DNS-ÉN CSAK EGY KIINDULÁSI HELY VAN.

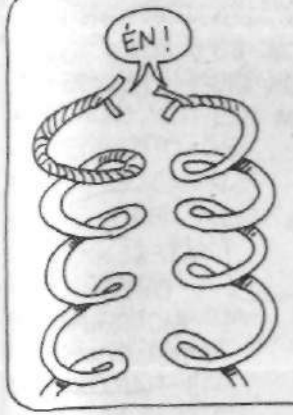


A REPLIKÁCIÓ MÉG FOLYIK, AMIKOR AZ ÚJ SZÁLAK MÁR FELCSAVARODNAK A NUKLEOSZÓMÁKRA. AZ EGYIK SZÁL ÖRÖKLI AZ EREDETI NUKLEOSZÓMÁKAT, A MÁSIK SZÁMÁRA PEDIG ÚJAK KÉSZÜLNEK.

AMINT LÁTTUK, A SEJT OSZTÓDÁSÁT MEGELŐZŐEN A KROMOSZÓMÁK MEGRÖVIDÜLNEK ÉS MEGVASTAGODNAK. EZ NYILVÁN A NUKLEOSZÓMÁK ÖSSZETÖMÖRÜLÉSÉVEL JÁR EGYÜTT, BÁR ENNEK PONTOS LEFOLYÁSA MA MÉG ISMERETLEN.

AZ EUKARIÓTA GÉNEK HARMADIK KÜLÖNLEGESSÉGE: IGEN SOK ÚGYNEVEZETT **REPETITÍV DNS** TALÁLHATÓ BENNÜK. EZEK OLYAN DNS-SZAKASZOK, AMELYEK TÖBBSZÖR MEGISMÉTLIK ÖNMAGUKAT.

BENNÜNK, EMBEREKBEN PÉLDÁUL EGY KB. 300 BÁZISPÁRBÓL ÁLLÓ SZAKASZ MAJDNEM EGYMILLIÓ PÉLDÁNYBAN FORDUL ELŐ. EZ JELENTŐS HÁNYADÁT TESZI KI EGÉSZ GENETIKAI ÁLLOMÁNYUNKNAK. DE HOGY MIRE JÓ ??!!



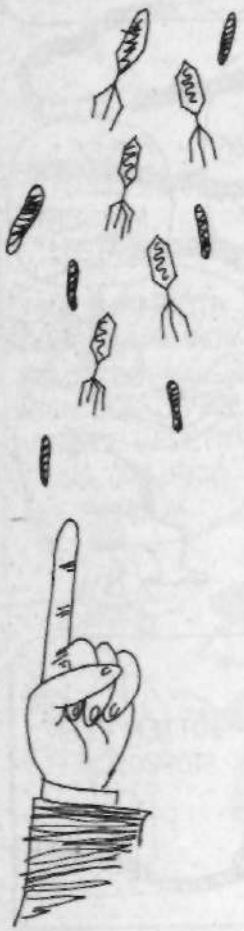
AZ EGYIK LEHETSÉGES VÁLASZ AZ, HOGY EZEK A SZAKASZOK AFFÉLE MAGUKNAK VALÓ, „**ÖNZŐ**" DNS-DARABOK, AMELYEK SEMMIVEL SEM JÁRULNAK HOZZÁ A SZERVEZET KIALAKÍTÁSÁHOZ. LEHET, HOGY CSAK AFFÉLE – KROMOSZÓMÁINKRA FELKÉREDZKEDETT – POTYAUTASOK.

DE HONNAN **JÖTTEK** EZEK A GENETIKAI STOPPOSOK?

AZ EGYIK LEHETŐSÉG, HOGY

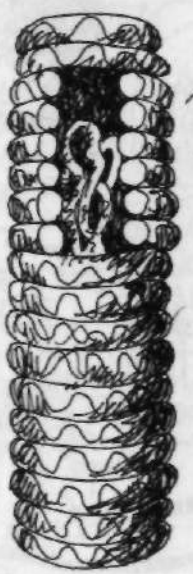
VÍRUSOKTÓL

EREDNEK.



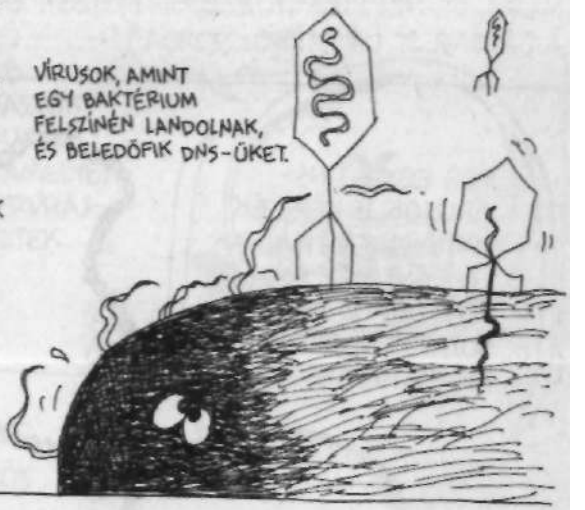
A VÍRUSOK A LEGPARÁNYIBB ÉLŐLÉNYEK, HA EGYÁTALÁN ÍGY NEVEZHETJÜK ŐKET... ÉLNEK IS, MEG NEM IS...

A VÍRUSOK MÉG A BAKTÉRIUMOKNÁL IS SOKKAL PRIMITÍVEBBEK ÉS KISEBBEK. CSAK KÉT ALKOTÓELEMÜK VAN: EGY DARAB NUKLEINSAV, FEHÉRJEKÖPENYBE CSOMAGOLVA.

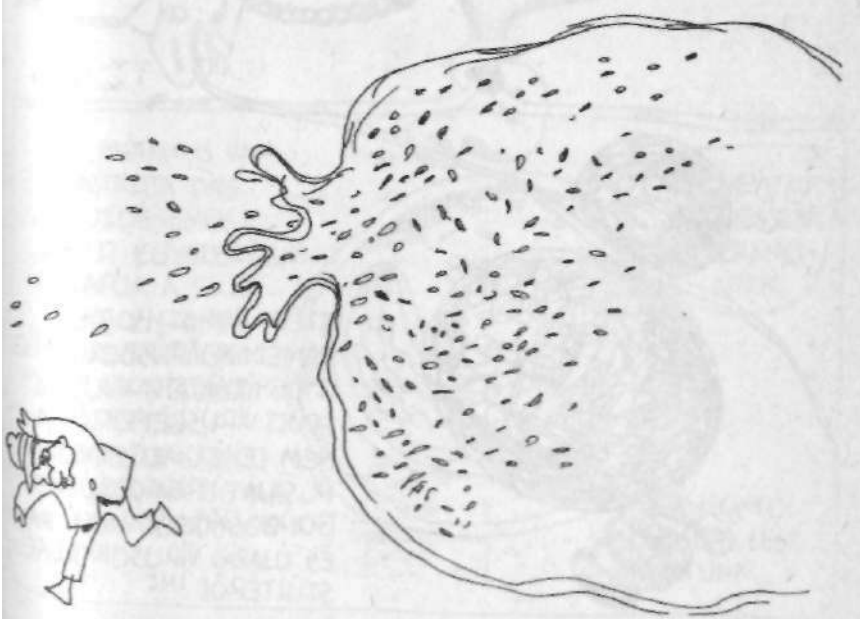


A NUKLEINSAV – AMELY LEHET DNS IS, RNS IS – A FEHÉRJEKÖPENYT KÓDOLJA ÉS EGY PÁR ENZIMET, AMELYEK A VÍRUS SZAPORODÁSÁHOZ SZÜKSÉGESEK.

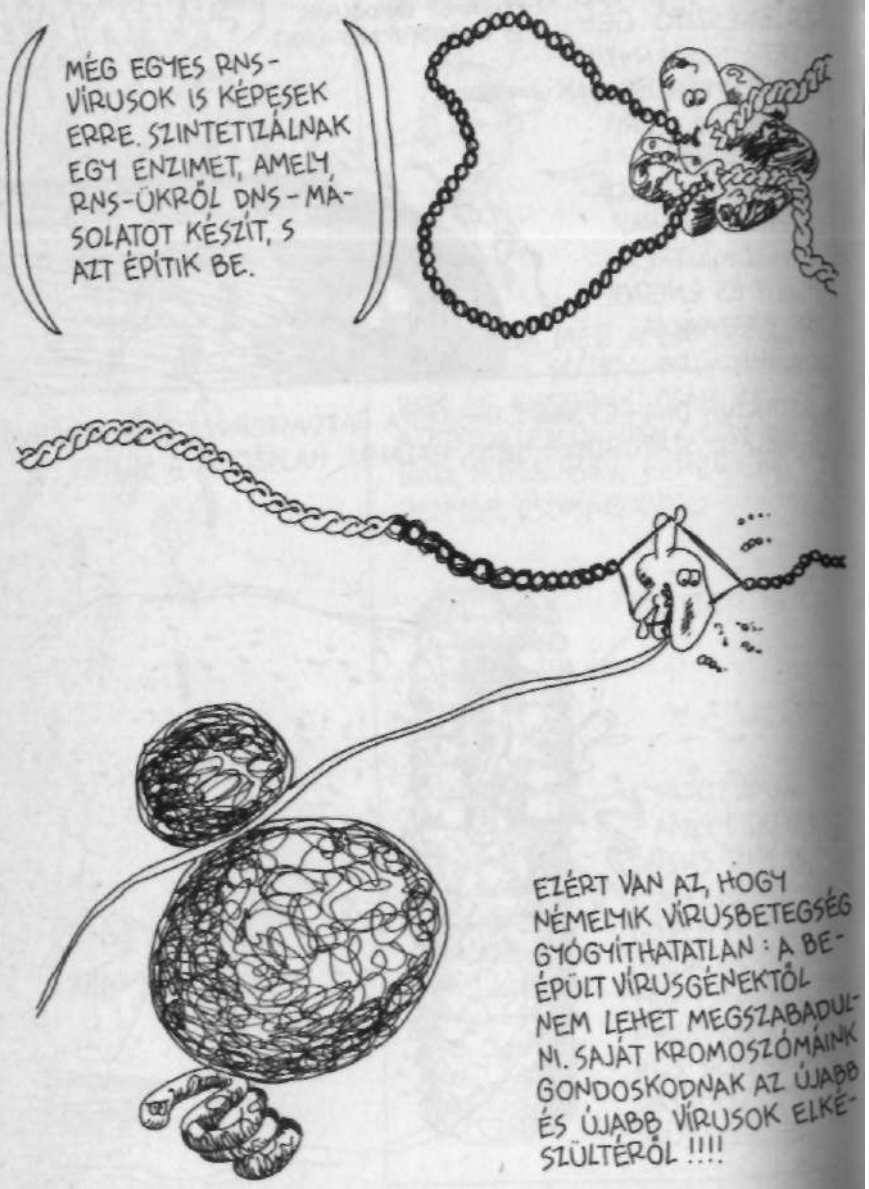
A VÍRUS AZONBAN NEM TUD MAGA SZAPORODNI, MERT NINCSENEK RIBOSZÓMÁI, ÉS AZ ÉLŐ SEJT FEHÉRJEKÉSZÍTŐ GÉPEZETE IS HIÁNYZIK BELŐLE. A VÍRUS CSAK ÚGY KÉPES „ÉLNI", HOGY BEVESZI MAGÁT EGY GAZDASEJTBE, ÉS ANNAK RIBOSZÓMÁIT, ENZIMJEIT ÉS ENERGIÁJÁT HASZNÁLJA.



BEJUTTATVA DNS-ÉT VAGY RNS-ÉT A GAZDASZERVEZETBE, A VÍRUS ÉSZ NÉLKÜL SZAPORODNI KEZD, HALÁLRA HAJSZOLVA A SEJTET!



EZ A VÍRUSOK JELLEMZŐ ÉLETFORMÁJA (AVAGY NEM-ÉLET-FORMÁJA), DE NÉMELYIKÜK MÉG GALÁDABB: BEÉPÍTI SAJÁT GÉNJEIT A GAZDASEJT DNS-ÉBE.



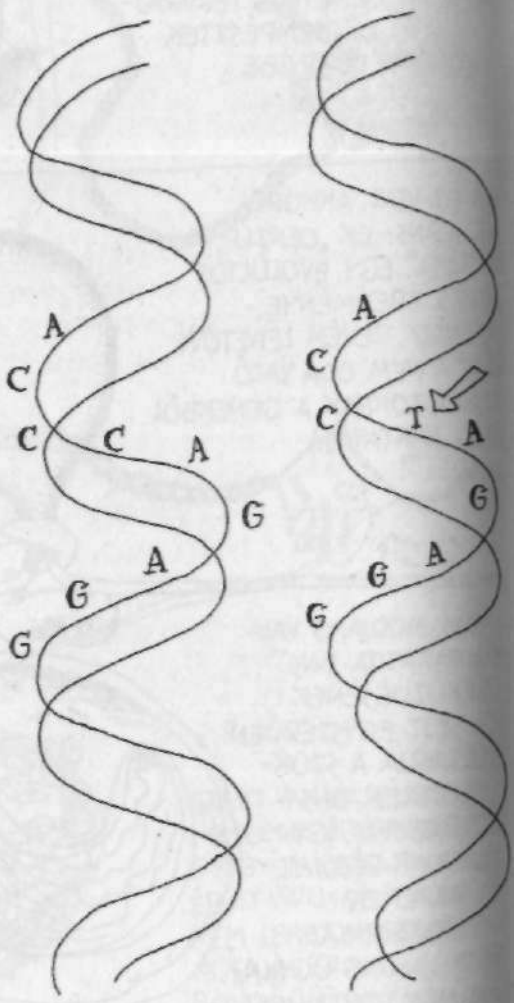
mutáció és Dominancia

(MÁR MEGINT!)

MOST, HOGY MÁR TUDJUK, MI A GÉN, JOBBAN MEGÉRTHETJÜK A **MUTÁCIÓ** ÉS A **DOMINANCIA** MIBENLÉTÉT IS.

A GÉNMUTÁCIÓ LÉNYEGE, HOGY A DNS NUKLEOTIDSORRENDJÉBEN VÁLTOZÁS KÖVETKEZIK BE. MÁR **EGYETLEN BÁZIS** MEGVÁLTOZÁSA IS NAGY GALIBÁT OKOZHAT.

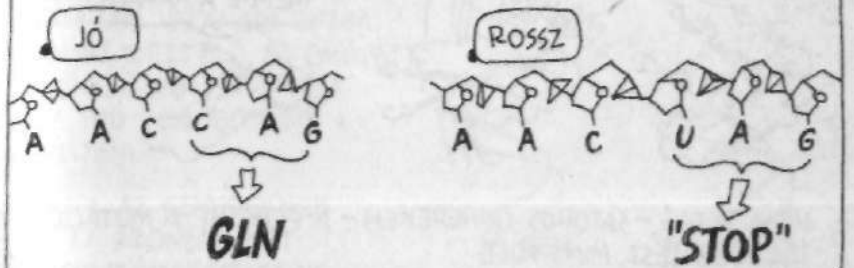
ITT VAN PÉLDÁUL EGY APRÓ, DE VÉGZETES HATÁSÚ MUTÁCIÓ A **HEMOGLOBIN** GÉNJÉBEN. (A HEMOGLOBIN AZ A FEHÉRJE, AMELY A VÉRBEN AZ OXIGÉNT SZÁLLÍTJA.)



JÓ GÉN

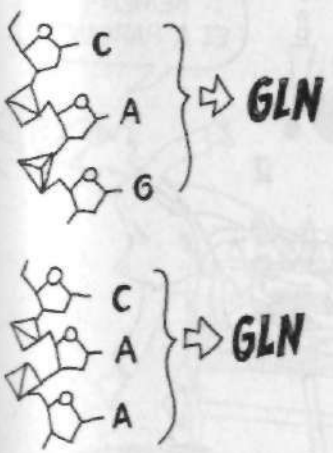
MUTÁNS GÉN

A BAJT AZ OKOZZA, HOGY A GÉN MEGVÁLTOZÁSA KIHAT A RÓLA KÉSZÜLT **FEHÉRJÉRE** IS. ELŐSZÖR AZ mRNS LESZ HIBÁS, AZTÁN A FEHÉRJE.



EZ A RENDKÍVÜL SZERENCSÉTLEN MUTÁCIÓ FÉLBESZAKÍTJA A FEHÉRJELÁNCOT, ÉS A **TALASSZÉMIA** NEVŰ SÚLYOS BETEGSÉGHEZ – A HEMOGLOBINSZINTÉZIS KÉPESSÉGÉNEK HIÁNYÁHOZ – VEZET. A BETEG NAGYFOKÚ OXIGÉNHIÁNYBAN SZENVED.

PERSZE VAN ÚGY, HOGY A MUTÁCIÓ NEM SOK VIZET ZAVAR. HA VISSZALAPOZUNK A KÓDTÁBLÁZATHOZ, LÁTHATJUK, HOGY AZ JÓCSKÁN **REDUNDÁNS**, AMI AZT JELENTI, HOGY UGYANAZT AZ AMINOSAVAT TÖBBFÉLE KODON IS KÓDOLHATJA.



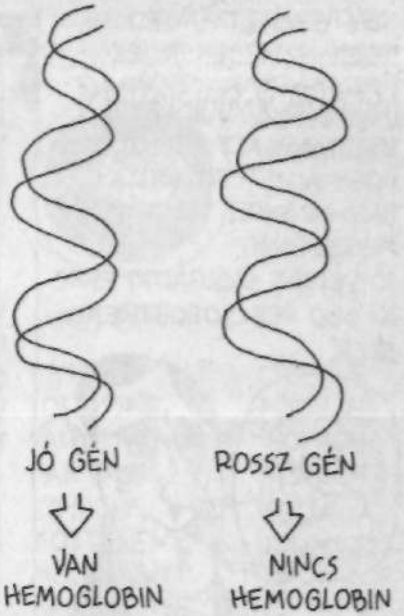
OLYKOR A TÉVES AMINOSAV JÓL BEILLESZKEDIK A HELYÉRE, MÉG HA RENDSZERINT NEM IS IDEÁLISAN.

NÉHA PEDIG – SÁTOROS ÜNNEPEKEN – A FEHÉRJE A MUTÁCIÓTÓL **JOBB** LESZ, MINT VOLT.

A MUTÁCIÓ AZ ESETEK TÚLNYOMÓ TÖBBSÉGÉBEN ELRONTJA A FEHÉRJÉT. GONDOLJUK CSAK MEG: MENNYIVEL KÖNNYEBB ELFUSERÁLNI VALAMIT, MINT MEGJAVÍTANI. AKI KÉTELKEDNE, IDÉZZEN ELŐ NÉHÁNY VÉLETLENSZERŰ VÁLTOZÁST HASZNÁLATI TÁRGYAIBAN!

FENTEBB (A 81. OLDALON) MEGJEGYEZTÜK, HOGY A LEGTÖBB MUTÁCIÓ **RECESSZÍV**. MOST MÁR LÁTHATJUK, MIÉRT. A MUTÁCIÓ ÁLTALÁBAN VALAMELY ENZIM HIÁNYÁT IDÉZI ELŐ. AZ EMLÍTETT PÉLDÁBAN A MUTÁNS GÉN NEM TUD HEMOGLOBINT KÉSZÍTENI.

AZ EGYEDEKNEK AZONBAN KÉT KROMOSZÓMAKÉSZLETÜK VAN. HA AZ EGYIK BETEGET JELENT, OTT A TARTALÉK, AMELY ELKÉSZÍTI AZ ENZIMET.



CSAK AZ A SZERENCSÉTLEN FLÓTÁS BETEGSZIK MEG TALASSZÉMIÁBAN, AKIBEN MINDKÉT ILLETÉKES GÉN MUTÁCIÓT SZENVEDETT.

NEM EMLÍTETTÜK EDDIG, HOGY NÉMELYIK ALLÉL

KODOMINÁNS

LEHET, AMI ALT JELENTI, HOGY A HETEROZIGÓTÁBAN MINDKÉT FENOTÍPUS MEGJELENIK.
JÓ PÉLDÁT SZOLGÁLTAT ERRE AZ ABO **VÉRCSOPORTRENDSZER**.

A VÖRÖSVÉRSEJTEK FELSZÍNÉN TALÁLHATÓ ÖSSZETETT CUKORMOLEKULÁK ALKOTÓELEMEINEK SORRENDJE GENETIKAILAG MEGHATÁROZOTT. AZ EGYIK ALLÉL (I^A) AZ **A** SORRENDET ÁLLÍTJA ELŐ. A MÁSIK ALLÉL (I^B) A **B** SORRENDET.

$I^A I^A$

HA VALAKI AZ I^A-RA NÉZVE HOMOZIGÓTA, AKKOR A VÉRSEJTJEIN CSAK AZ **A** SORREND FORDUL ELŐ, VAGYIS AZ **A** VÉRCSOPORTHOZ TARTOZIK.

$I^B I^B$

AKI AZ I^B-RE NÉZVE HOMOZIGÓTA, AZ A **B** VÉRCSOPORTBA KERÜL.

$I^A I^B$

I^A-T ÉS I^B-T HORDOZÓ HETEROZIGÓTA SZEMÉLY VÉRSEJTJEIN MINDKÉTFÉLE SORREND KIALAKUL, ÍGY ŐT AZ **AB** CSOPORTBA SOROLJUK.

ÉS VÉGÜL VAN EGY HARMADIK ALLÉL IS, AZ I^O, AMELYNEK HATÁSÁRA NEM KÉPZŐDIK EGYIKFAJTA ÖSSZETETT CUKORMOLEKULA SEM. EZ AZ ALLÉL RECESSZÍV.

A VÖRÖSVÉRSEJTEK EGY MÁSIK FONTOS JELENSÉGRE IS PÉLDAKÉNT SZOLGÁLNAK: ARRA, HOGY EGY BIZONYOS TÍPUSÚ SEJT ÁTALAKULHAT MÁS TÍPUSÚVÁ.

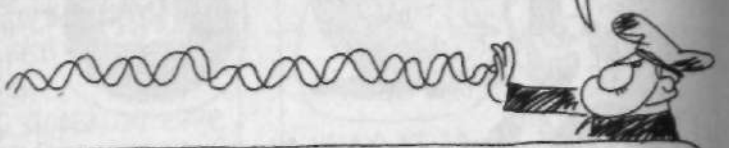
A VÖRÖSVÉRSEJT CSONTVELŐI ŐSSEJTKÉNT KEZDI PÁLYAFUTÁSÁT. EZ EGY KIFOGÁSTALAN EUKARIÓTA SEJT, HEMOGLOBIN VISZONT NINCS BENNE.

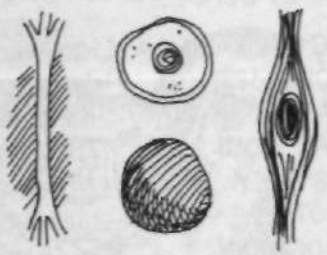
EGYSZER CSAK A CSONTVELŐI ŐSSEJT VÁLTOZÁSNAK INDUL... EGYEBEK KÖZT HEMOGLOBINT KEZD SZINTETIZÁLNI.

FOKRÓL FOKRA HALADVA, VÉGÜL IS ÖSSZETÖPÖRÖDÖTT, SEJTMAG NÉLKÜLI HEMOGLOBINTARTÁLLYÁ FAJUL.

GENETIKAILAG EBBEN AZ AZ ÉRDEKES, HOGY A HEMOGLOBINGÉN VÉGIG MEGVOLT A SEJTBEN, CSAK NEM FEJEŐDÖTT KI. EZT A KÖVETKEZŐ FEJEZETBEN TÁRGYALJUK MEG RÉSZLETESEBBEN.

A GÉNSZABÁLYOZÁS

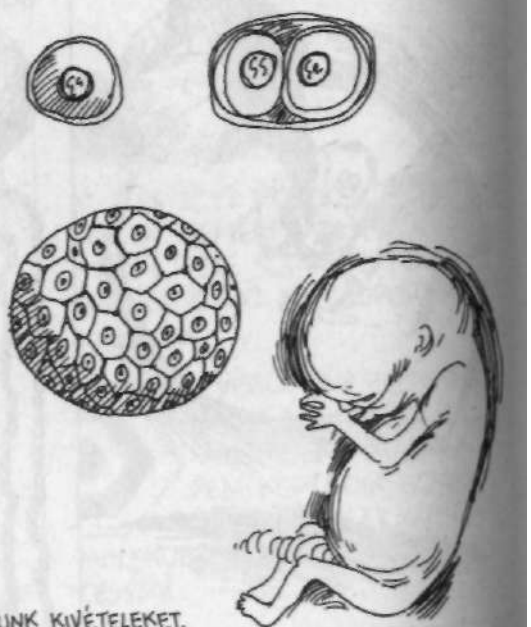




MINDEN MAGASABB RENDŰ ÉLŐLÉNYBEN IGEN VÁLTOZATOS SEJTTÍPUSOKAT TALÁLHATUNK: VANNAK IDEGSEJTEK, VÉR-, IZOM-, BŐR-, ÉS NYIROKSEJTEK STB.

DE

A KÜLÖNBSÉGEK ELLENÉRE MINDEZEK A SEJTEK UGYANAZT A GÉNKÉSZLETET HORDOZZÁK,* MERT MINDEGYIKÜK A MEGTERMÉKENYÍTETT PETESEJTBŐL KELETKEZIK MITÓZIS ÚTJÁN, AMELY TELJES GÉNKÉSZLETÉT ÁTADJA AZ UTÓDSEJTEKNEK.



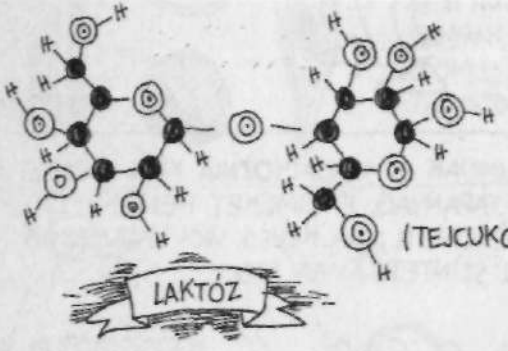
* MINT ÁLTALÁBAN, ITT IS TALÁLUNK KIVÉTELEKET.

VILÁGOS, HOGY A SEJTEK KÜLÖNBÖZŐSÉGE A BENNÜK MŰKÖDŐ GÉNEK KÜLÖNBÖZŐSÉGÉBŐL ADÓDIK. ÍGY TEHÁT MINDEN SEJTNEK MEG KELL TALÁLNIA A MÓDJÁT, HOGY ELDÖNTSE, MELYIK GÉNEKET KAPCSOLJA BE ÉS MELYEKET KAPCSOLJA KI.

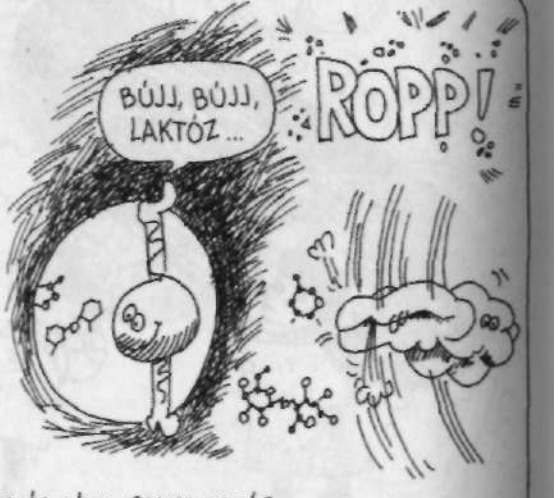
MÉG A PRIMITÍV BAKTÉRIUMNAK IS SZABÁLYOZNIA KELL GÉNJEI MŰKÖDÉSÉT. AMIKOR VAN TÁPANYAG, ENZIMEKET KELL KÉSZÍTENIE, AMELYEKKEL MEGEMÉSZTHETI; HA KEVÉS VAN VALAMELYIK AMINOSAVBÓL, TÖBBET KELL SZINTETIZÁLNIA STB.

MINT MÁR ANNYISZOR, MEGINT SZEGÉNY KÓLI VOLT A LEGTÖBBET NYAGGATOTT KÍSÉRLETI NYÚL.

ELSŐNEK KÉT FRANCIA TUDÓS, **JACQUES MONOD** ÉS **FRANÇOIS JACOB** TALÁLT RÁ A GÉNMŰKÖDÉS SZABÁLYOZÁSÁNAK EGY FORMÁJÁRA AZ 50-ES ÉVEK VÉGÉN. ŐK AZ **ESCHERICHIA COLI** LAKTÓZEMÉSZTŐ KÉPESSÉGÉT VIZSGÁLTÁK.



LAKTÓZ JELENLÉTÉBEN A KÓLI KÉT ENZIMET TERMEL: NEVEZZÜK EZEKET **Y**-NAK ÉS **Z**-NEK.* AZ **Y** KINYITJA A SEJTFALAT, HOGY A LAKTÓZ BELÉPHESSEN A SEJTBE, A **Z** PEDIG KETTÉHASÍTJA A CUKROT.



* AZ IGAZI NEVÜK PERMEÁZ ÉS BÉTA-GALAKTOZIDÁZ.

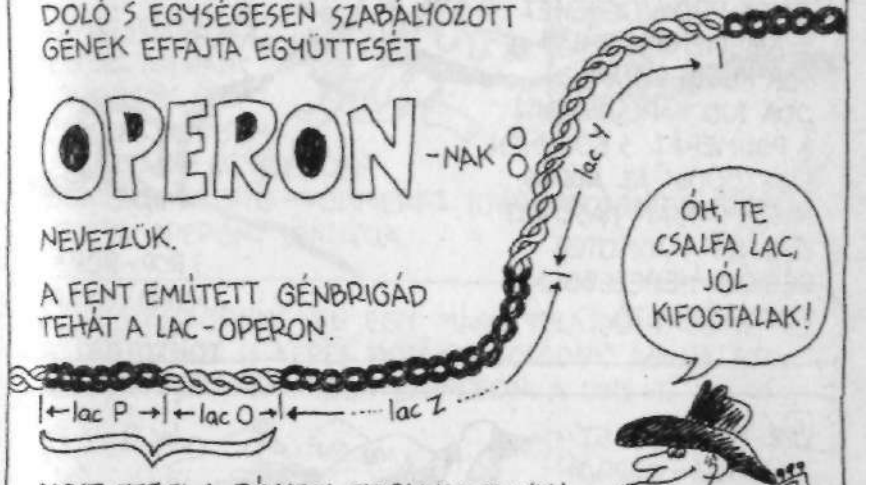
ANÉLKÜL, HOGY KÍSÉRLETEIK BONYODALMAIBA BELEMENNÉNK, CSAK A LEGFONTOSABB EREDMÉNYEIKRŐL SZÁMOLUNK BE:

ELŐSZÖR IS AZT TALÁLTÁK, HOGY AZ **Y** ÉS **Z** GÉNEK (LAC-**Y** ÉS LAC-**Z**) EGYMÁS MELLETT FEKSZENEK A KROMOSZÓMÁN. AZ EGYMÁSSAL MŰKÖDÉSI KAPCSOLATBAN ÁLLÓ ENZIMEKET KÓDOLÓ S EGYSÉGESEN SZABÁLYOZOTT GÉNEK EFFAJTA EGYÜTTESÉT

OPERON-NAK

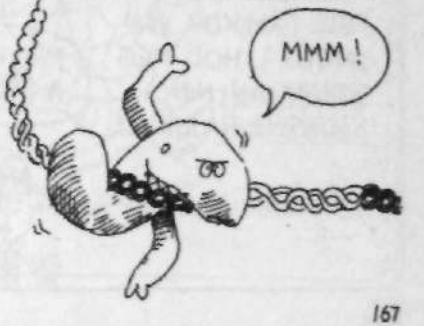
NEVEZZÜK.

A FENT EMLÍTETT GÉNBRIGÁD TEHÁT A LAC-OPERON.



MOST EZZEL A RÉSSZEL FOGLALKOZUNK!

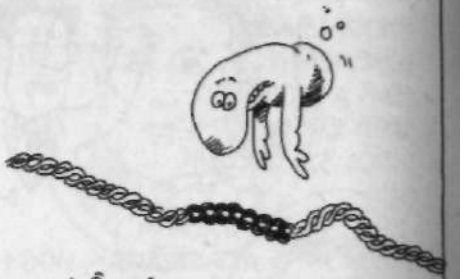
MINDEN OPERON EGY ÚGYNEVEZETT **PROMOTER** SZAKASSZAL KEZDŐDIK, ESETÜNKBEN EZ A LAC-**P**. EZ AZ A HELY, AHOL AZ RNS-POLIMERÁZ HOZZÁKÖTŐDIK A DNS-HEZ, HOGY mRNS – „ÁTIRATOT" KÉSZÍTSENEK RÓLA. (133. O.)



A SZABÁLYOZÁS

elsőként

TÁRGYALANDÓ ESETE EGYSZERŰ: EGYES PROMOTER RÉGIÓK JOBBAN KÖTIK AZ RNS-POLIMERÁZT, MINT MÁSOK.



A SOKAT HASZNÁLT ENZIMEK PROMOTERÉHEZ – AMELYEKBŐL TEHÁT SOK KELL – KÖNNYEN ODA TUD KAPCSOLÓDNI A POLIMERÁZ, S KÖNNYEN ELKEZDŐDIK AZ ÁTÍRÁS, MÍG A RITKÁN HASZNÁLT ENZIMEK PROMOTER RÉGIÓJA NEHEZEBBEN HOZZÁFÉRHETŐ.

DE MI A HELYZET A LAKTÓZ-OPERONNAL, AMELYNEK ENZIMJEIBŐL HOL SOK KELL (AMIKOR VAN LAKTÓZ), HOL MEG EGYÁTALÁN NINCS SZÜKSÉG RÁJUK ??

JACOB ÉS MONOD ÖTLETE EZ VOLT: LENNI KELL EGY FEHÉRJÉNEK – EZ A

REPRESSZOR,

AMELY A DNS-EN KAPASZKODIK, ANNAK EGY, A PROMOTER ÉS AZ ELSŐ GÉN, A LAC-Z KÖZÉ ESŐ SZAKASZÁN. EZT A SZAKASZT

OPERÁTORNAK,

AVAGY LAC-O-NAK NEVEZZÜK.

A REPRESSZOR – AMELLYEL A FRANCIA TUDÓSOK SZEMÉLYESEN SOHASEM TALÁLKOZTAK – EGYSZERŰEN MEGGÁTOLJA AZ RNS-POLIMERÁZ TOVÁBBHALADÁSÁT, S EZZEL AZ EGÉSZ OPERONT LEÁLLÍTJA.

A REPRESSZORNAK VAN EGY MÁSIK TULAJDONSÁGA IS: A **LAKTÓZHOZ** IS KÉPES HOZÁKAPCSOLÓDNI.* ÁM HA EZT TESZI, AKKOR KÉNYTELEN ELENGEDNI A DNS-T.

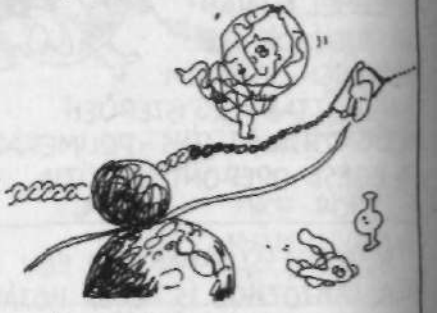
* IGAZÁBÓL NEM MAGÁHOZ A LAKTÓZHOZ, HANEM EGYIK SZÁRMAZÉKÁHOZ KÖTŐDIK, DE KICSIRE NEM ADUNK!

RENDESEN A REPRESSZOR RAJTA ÜL AZ OPERÁTORON, S ÍGY A GÉN KI VAN KAPCSOLVA.

ÁM HA EGY KIS LAKTÓZ CSAPONG ARRA, A REPRESSZORT RÖGTÖN ELBŰVÖLI.

AZ MOHÓN MEGRAGADJA A CUKROT, S KÖZBEN ELENGEDI AZ OPERÁTORT: AZ RNS-POLIMERÁZ MÁRIS ELŐREKÚSZHAT!

MOST MÁR AZTÁN AZ EGÉSZ OPERON LEMÁSOLÓDHAT, AHÁNYSZOR CSAK KELL.



AZ ÚJONNAN KÉSZÜLT ENZIMEK HORDJÁK BEFELÉ A LAKTÓZT, ÉS SZORGALMASAN MEG IS EMÉSZTIK.

VÉGÜL, AMIKOR MÁR EGY FIA LAKTÓZ SEM MARADT, A REPRESSZOR ELERNYED, ÉS VISSZATELEPSZIK RÉGI HELYÉRE, A KROMOSZÓMÁRA.

A REPRESSZOROK FELETTÉBB ALKALMAS ESZKÖZÖK AZ **INDUKÁLHATÓ** ENZIMEK TERMELÉSÉNEK SZABÁLYOZÁSÁRA. AZ ILYEN ENZIMEKRE A SZUBSZTRÁT MEGJELENÉSEKOR VAN SZÜKSÉG. ÁM JACOB ÉS MONOD MAGÁT A REPRESSZORT SOHASEM TALÁLTA MEG, CSAK MINT ELMÉLETI LEHETŐSÉGET TÁRGYALTÁK.

CSAK 1967-BEN SIKERÜLT **WALTER GILBERT**NEK ÉS **B. MÜLLER-HILL**NEK NAGYON BONYOLALMAS MÓDSZEREKKEL IZOLÁLNI E TÜNÉKENY FEHÉRJÉKET.

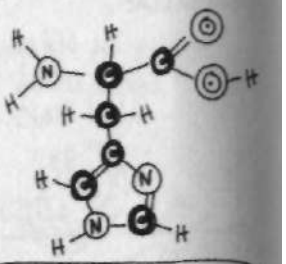
EREDMÉNYEIK EGYBEN ARRA IS RÁVILÁGÍTOTTAK, MIÉRT VOLT OLYAN NEHÉZ NYAKON CSÍPNI ŐKET: EGY-EGY **E. COLI**BAN MINDÖSSZE 5-10 LAC-REPRESSZOR-MOLEKULA VAN. KÉSŐBB GILBERT KITENYÉSZTETT EGY OLYAN KÓLIMUTÁNST, AMELY SOKKAL NAGYOBB MENNYISÉGBEN TERMELTE A REPRESSZORT...

A GÉNSZABÁLYOZÁS EGY MÁSIK MÓDJÁNAK CSILLAPÍTÁS A NEVE, IDEGEN SZÓVAL:

ATTENUÁCIÓ

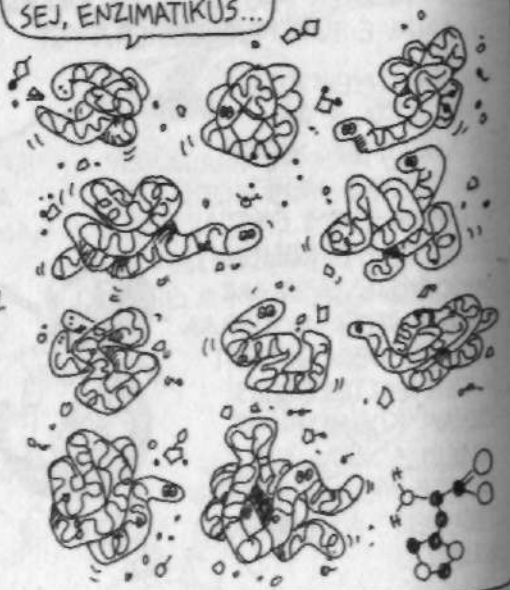
ENGEM NEM LEHET CSAK ÚGY ATTENUÁLNI!

ILYEN A SZABÁLYOZÁSA A KÓLIBAN A **HISZTIDIN** NEVŰ AMINOSAV SZINTETIZÁLÁSÁÉRT FELELŐS OPERONNAK.



HA A KÓLIBAN LECSÖKKEN E FONTOS ÉPÍTŐELEM MENNYISÉGE, A BAKTÉRIUM EGY KILENC ENZIMBŐL ÁLLÓ FEHÉRJECSOPORTOT TERMEL, AMELY MINDEN SPECIÁLIS KIINDULÁSI ANYAG NÉLKÜL KÉPES HISZTIDINT SZINTETIZÁLNI.

SEJ, AUTOMATIKUS, SEJ, ENZIMATIKUS...



EGY ENZIMATIKUS FUTÓSZALAG!

MIND A KILENC ENZIM GÉNJE EGYETLEN OPERONBA TÖMÖRÜL, AMELYNEK VAN EGY KEZDETI PROMOTER RÉGIÓJA. ÁM A LAC-OPERONTÓL ELTÉRŐEN ITT NINCS HELY A REPRESSZOR SZÁMÁRA.

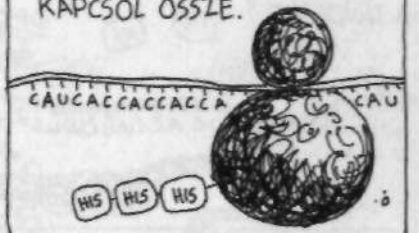
JUHÉ, MEHETEK!

EHELYETT AZ ELSŐ GÉN ELŐTT EGY ÚGYNEVEZETT VEZÉRSZEKVENCIA VAN, AMELY EGY HISZTIDINBEN GAZDAG PEPTIDET KÓDOL.

AZ RNS-POLIMERÁZ EZT A VEZÉRSZEKVENCIÁT KEZDI EL ÁTÍRNI...

...ÉS A KELETKEZŐ RNS-RE RÁKAPCSOLÓDIK EGY RIBOSZÓMA.

A VEZÉRSZEKVENCIA EGYMÁS UTÁN HÉT HISZTIDINT KAPCSOL ÖSSZE.



HA KEVÉS A HISZTIDIN, A RIBOSZÓMA MŰKÖDÉSE AKADOZIK, NEHEZEN ÁLL ÖSSZE A HISZTIDINLÁNC.

ÚGY KÉSZÜL, MINT A LUCA SZÉKE!

KÖZBEN AZ RNS-POLIMERÁZ SZORGALMASAN DOLGOZIK, S AZ EGYRE JOBBAN MEGHOSSZABBODÓ mRNS-LÁNCNAK AZ ÚJ SZAKASZÁRA BE TUDNAK KAPCSOLÓDNI MÁS RIBOSZÓMÁK IS. ÍGY FELGYORSUL A HISZTIDINT SZINTETIZÁLÓ ENZIMEK GYÁRTÁSA.

AZ ÚJ ENZIMEK RÖGVEST NEKILÁTNAK HISZTIDINT KÉSZÍTENI.
CSAK ÉN GUBBASZTOK ITT!
HIS
HA VISZONT SOK A HISZTIDIN, A RIBOSZÓMA LÉPÉST TART AZ RNS-POLIMERÁZZAL, NEM NŐ MEG KÖZTÜK A TÁVOLSÁG.
HEPS
UCACCACCAUCACCAUCAUCAUCAC
EBBEN AZ ESETBEN AZ RNS-POLIMERÁZ HAMAROSAN LEVÁLIK, NEM KÉSZÍTI EL A LÁNCOT. HOGY EZ MIÉRT KÖVETKEZIK BE, MA MÉG NEM TUDJUK.
NEM? SZAGOLTAK MÁR RIBOSZÓMÁT KÖZELRŐL?
AZ EREDMÉNY:
HA KEVÉS A HISZTIDIN, BEINDUL A GÉN MŰKÖDÉSE, HA SOK, AKKOR MEGÁLL.
HOGY EZEN MIT RÁGÓDNAK ANNYIT?

A GÉN MENDEL ÁLTAL FELVÁZOLT ÉS A KÖVETKEZŐ TUDÓSGENERÁCIÓK ÁLTAL KISZÍNEZETT PORTRÉJA EGY STABIL, VÁLTOZÁSRA KÉPTELEN VALAMIT ÁBRÁZOLT, AMELYET LEGFELJEBB A HÉBE-HÓBA BEKÖVETKEZŐ MUTÁCIÓ VÁLTOZTATHAT MEG.
GÉN
AZ ÚJABB VIZSGÁLATOK DERÍTETTÉK KI, HOGY A GÉN JÓVAL MOZGÉKONYABB ÉS KÉPLÉKENYEBB... A GÉNSZABÁLYOZÁS EGYIK FONTOS ÚTJA ÉPPEN AZON ALAPUL, HOGY VANNAK ÚGYNEVEZETT
HOPSZ!
UGRÁLÓ GÉNEK.
AZ UGRÁLÁS MECHANIZMUSA MÉG NEM TISZTÁZOTT, DE ÚGY LÁTSZIK, VAN EGY ENZIM (VAGY ENZIMCSOPORT), AMELY A DNS EGY MEGHATÁROZOTT SZAKASZÁT MEG TUDJA FORDÍTANI.
FORDÍTOTT SZEKVENCIA

HOGY EZ HOGYAN SZABÁLYOZZA A GÉNMŰKÖDÉST? VEGYÜNK EGY FELTÉTELEZETT **X** GÉNT. A MEGFORDÍTÓ ENZIM, A „FORDÍTÁZ" AZ **X** GÉN PROMOTERÉTŐL KIFELÉ ESŐ DNS-SZAKASZON VAN KÓDOLVA.

HA VALAMIÉRT MEG KELL ÁLLÍTANI AZ **X** GÉN MŰKÖDÉSÉT, A „FORDÍTÁZ" GÉNJE AKTIVÁLÓDIK, S LÉTREHOZZA AZ ENZIMET.

EZ MEGFORDÍT EGY DNS-SZAKASZT, AMELYBEN BENNE VAN SAJÁT GÉNJE ÉS AZ **X** PROMOTERE.

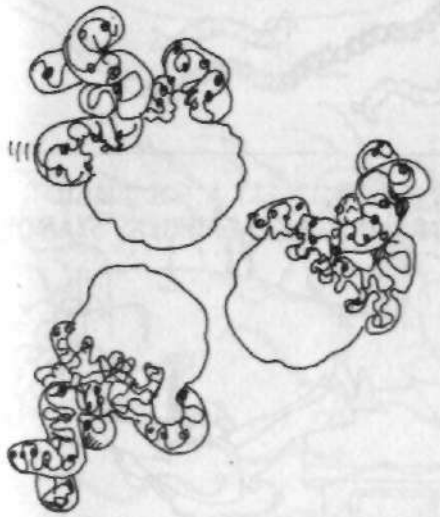
MIUTÁN AZ **X** GÉN ÍGY ELVÁLIK PROMOTERÉTŐL, MŰKÖDÉSE LEÁLL. HA ÚJBÓL MUNKÁBA KELL ÁLLNIA, AKKOR AZ ENZIM VISSZAFORDÍTJA A MEGFORDÍTOTT RÉGIÓT, S A PROMOTER A HELYÉRE KERÜL.

AZ ILYEN MOZGÉKONY SZAKASZOK VAGY

TRANSZPOZONOK

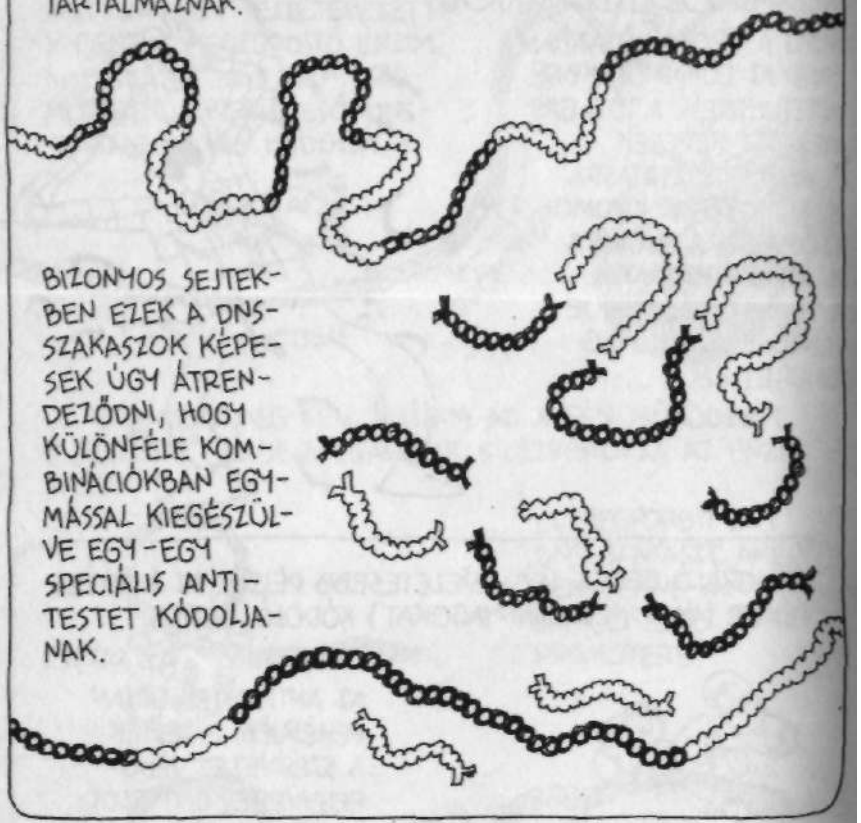
MIND A PROKARIÓTÁKBAN, MIND AZ EUKARIÓTÁKBAN ELTERJEDTEK. A TÓTÁGAS MELLETT KÉPESEK A HELYVÁLTOZTATÁSRA IS, AKÁR EGYIK KROMOSZÓMÁRÓL A MÁSIKRA IS ÁTUGORHATNAK. A TRANSZPOZONOK JELENTŐSÉGE MA MÉG ISMERETLEN.

AZ UGRÁLÓ GÉNEK LEGNEVEZETESEBB PÉLDÁI AZ **ANTITESTEKET** (IMMUNELLENANYAGOKAT) KÓDOLÓ GÉNEK.



AZ ANTITESTEK OLYAN FEHÉRJÉK, AMELYEK A SZERVEZET VÉDŐFEGYVEREIKÉNT SZOLGÁLNAK. MEGTÁMADJÁK A BAKTÉRIUMOKAT, VÍRUSOKAT S AZ EGYÉB KÓROKOZÓKAT. AZ ANTITESTEKNEK MILLIÁRDNYI TÍPUSUK VAN, MINDEGYIK MÁS ÉS MÁS „ELLENSÉGHEZ" IDOMULT. DE HOGY LEHET ENNYI MINDENT KÓDOLNI A GÉNEKBEN?

A KROMOSZÓMÁKON NINCSENEK MILLIÁRDSZÁM ANTITEST-GÉNEK, EHELYETT CSAK NÉHÁNY SZÁZ **TÖREDÉK GÉNT** TARTALMAZNAK.



BIZONYOS SEJTEKBEN EZEK A DNS-SZAKASZOK KÉPESEK ÚGY ÁTRENDEZŐDNI, HOGY KÜLÖNFÉLE KOMBINÁCIÓKBAN EGYMÁSSAL KIEGÉSZÜLVE EGY-EGY SPECIÁLIS ANTITESTET KÓDOLJANAK.

HOGY A SZERVEZET HOGYAN IRÁNYÍTJA EZT A FOLYAMATOT, AZ MA MÉG REJTÉLY AZ EUKARIÓTA GÉNSZABÁLYOZÁS SZÁMOS MÁS KÉRDÉSÉVEL EGYÜTT.

AZ VISZONT BIZONYOS, HOGY AZ EUKARIÓTA SZERVEZETEK FLEXIBILIS GÉNJEI AZ ELKÖVETKEZŐ ÉVEKBEN MÉLYENSZÁNTÓ ELMÉLKEDÉSEK TÁRGYAI LESZNEK.

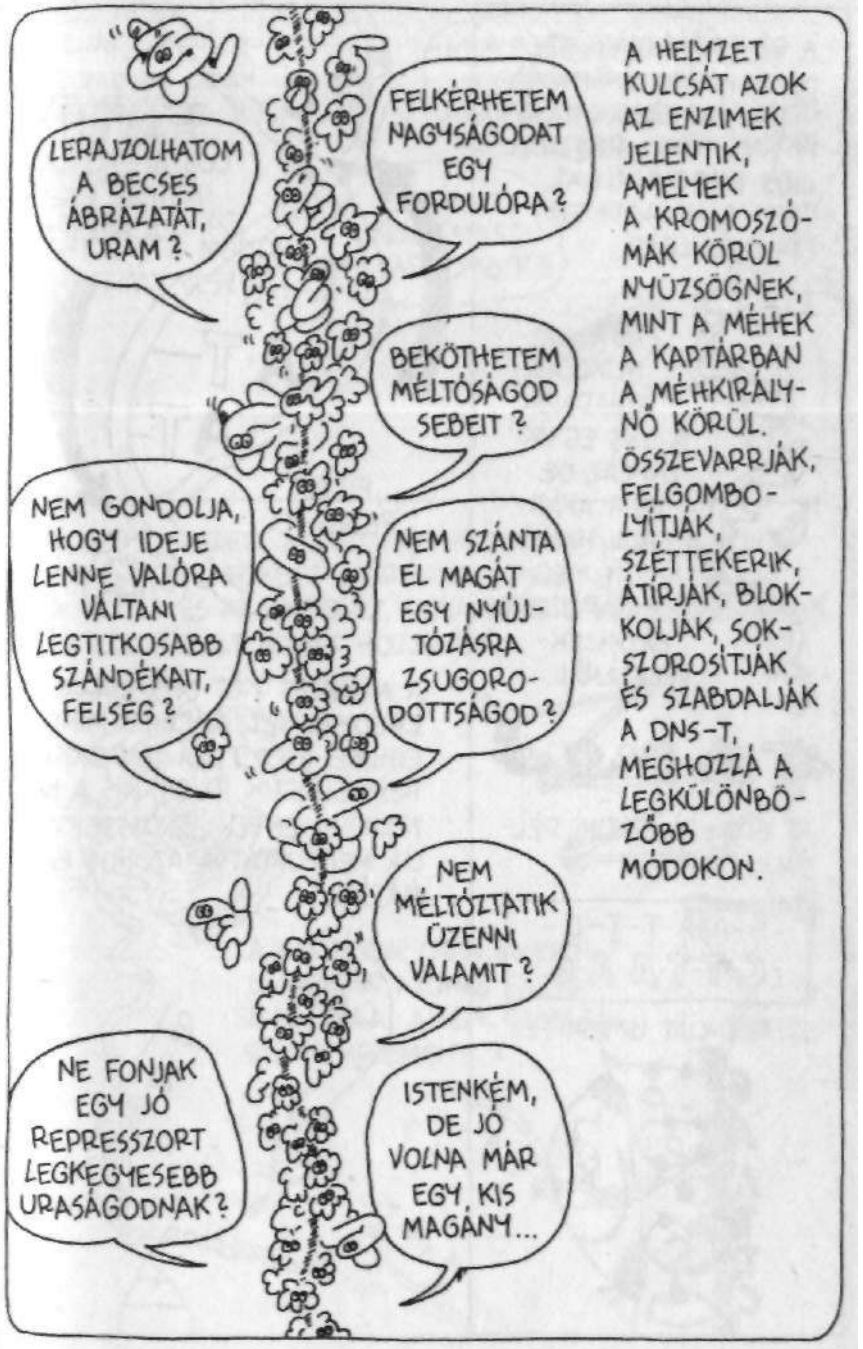
GÉNSEBÉSZET

A TUDÓSOK KÉPESEK ARRA, HOGY MEGHATÁROZOTT DNS-DARABOKAT EGYMÁSHOZ TOLDJANAK, AKÁRCSAK KÉT FILMSZALAGOT A VÁGÓASZTALON.

A KOMBINÁCIÓK MEGLEHETŐSEN FURCSÁK IS LEHETNEK: AZ EMBER GÉNJEIT MINDEN TOVÁBBI NÉLKÜL ÖSSZE LEHET KAPCSOLNI A BAKTÉRIUMOKÉIVAL, PÉLDÁUL A KÓLI GÉNJEIVEL.

EZ A

REKOMBINÁNS DNS



A HELYZET KULCSÁT AZOK AZ ENZIMEK JELENTIK, AMELYEK A KROMOSZÓMÁK KÖRÜL NYÜZSÖGNEK, MINT A MÉHEK A KAPTÁRBAN A MÉHKIRÁLYNŐ KÖRÜL. ÖSSZEVARRJÁK, FELGOMBOLYÍTJÁK, SZÉTTEKERIK, ÁTÍRJÁK, BLOKKOLJÁK, SOKSZOROSÍTJÁK ÉS SZABDALJÁK A DNS-T, MÉGHOZZÁ A LEGKÜLÖNBÖZŐBB MÓDOKON.

A GÉNDARABOLÁST SPECIÁLIS HASÍTÓ ENZIMEK VÉGZIK, AMELYEKET ÚGY HÍVNAK, HOGY **RESTRIKCIÓS ENDONUKLEÁZ**, VAGY CSAK RÖVIDEN: ENDONUKLEÁZ.

AZ ENDONUKLEÁZ ÁTHARAPJA A DNS EGYIK LÁNCÁT, DE NEM AKÁRHOL, HANEM EGY MEGHATÁROZOTT BÁZISSZEKVENCIÁNÁL.

AZ ECO-RI ENZIM PÉLDÁUL CSAK A

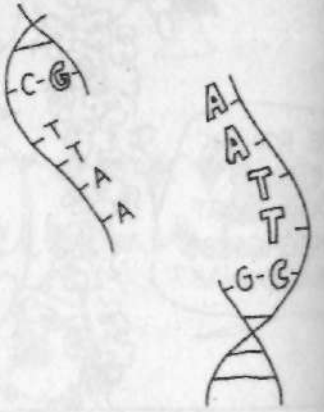
-G-A-A-T-T-C-
-C-T-T-A-A-G-

SZEKVENCIÁT ISMERI FEL.

AZ ECO-RI ELVÁG EGY CUKOR-FOSZFÁT KÖTÉST EZEN A HELYEN...

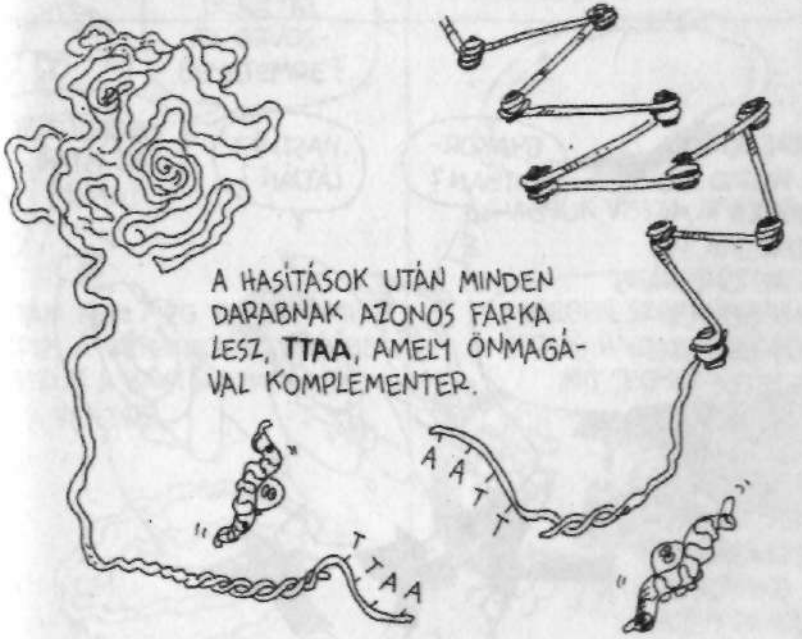
...EGYET PEDIG ITT.

A MŰVELET KÉT DNS-DARABOT EREDMÉNYEZ, AMELYEK MINDEGYIKE EGY **TTAA** „FAROKKAL" RENDELKEZIK. (UGYANIS A KÉT KOMPLEMENTER BÁZISSZEKVENCIA MEGFORDÍTVA AZONOS EGYMÁSSAL.)

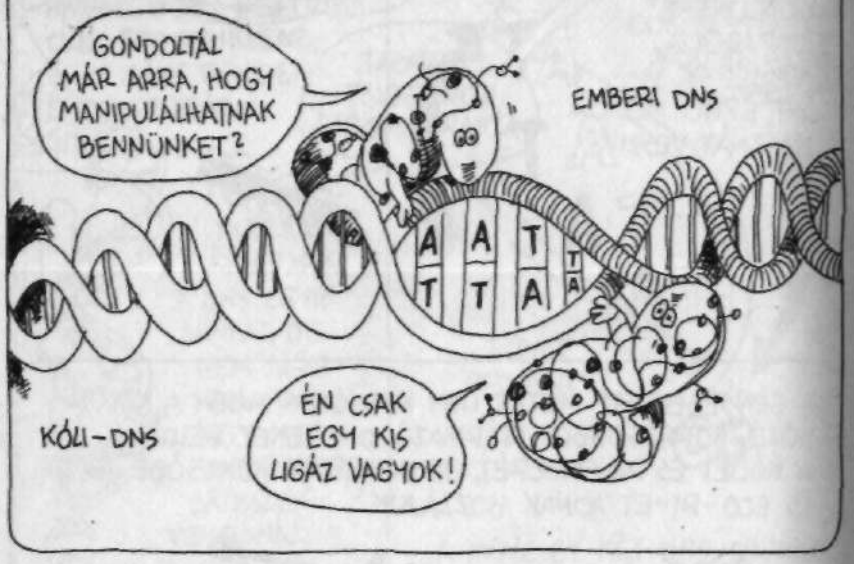


A KÓLI ARRA HASZNÁLJA AZ ECO-RI ENZIMET, HOGY AZ ELLENSÉGES VÍRUSOK DNS-ÉT FELDARABOLJA, AZ EMBEREK VISZONT ÉPÍTŐ MÓDON IS HASZNÁT VESZIK.

A GÉNSEBÉSZETI MŰTÉT ÚGY KEZDŐDIK, HOGY A KÜLÖNBÖZŐ FORRÁSOKBÓL SZÁRMAZÓ DNS-EKET, PÉLDÁUL A KÓLIÉT ÉS AZ EMBERÉT, UGYANABBA A KÉMCSŐBE TESZIK, ÉS ECO-RI-ET ADNAK HOZZÁJUK.



A KÉT FAROK ÖSSZERAGADJ, MAJD A LIGÁZ ENZIM ÖSSZEKÖTI EGYMÁSSAL A CUKOR–FOSZFÁT LÁNCOKAT, S MÁRIS KÉSZ A **REKOMBINÁNS DNS**.



MIRE JÓ EZ A HIBRID MOLEKULA? MI TÖRTÉNIK, HA A REKOMBINÁNS DNS BEÉPÜL EGY ÉLŐ SZERVEZETBE? BIZONYOS KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT A GÉNEK TOLDÁS-FOLDÁSÁNAK A GYAKORLATBAN IS HASZNÁT LÁTHATJUK.

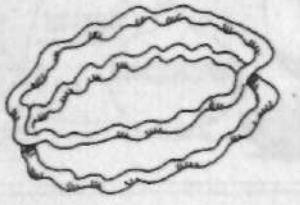
A MÓDSZERT

GÉNKLÓNOZÁSNAK

NEVEZIK, ÉS A KÖVETKEZŐKÉPP CSINÁLJÁK:

ELŐSZÖR IS, VEGYÜNK EGY EMBERI GÉNT, AMELY VALAMILYEN HASZNOS FEHÉRJÉT KÓDOL.

AZTÁN KELL MÉG VALAMI, AMI KÉPES A REPLIKÁCIÓRA, HA BEVISSZÜK A BAKTÉRIUMSEJTBE. EZ A **VEKTOR**.

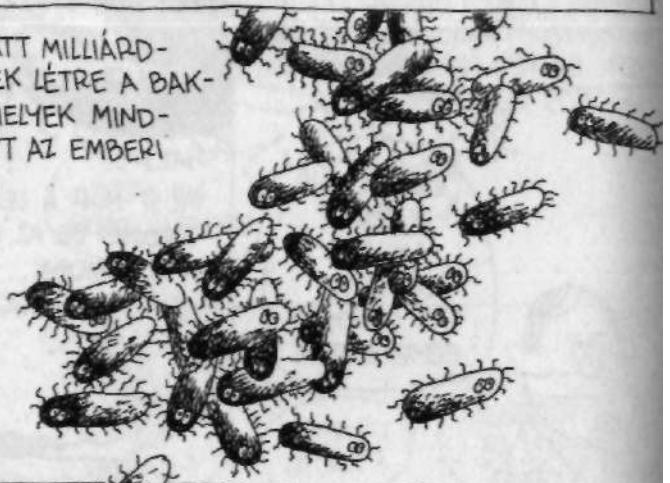


SZERENCSÉRE A KÓLIBAN VANNAK KIS DNS-GYŰRŰK, ÚGYNEVEZETT **PLAZMIDOK**, AMELYEK A KROMOSZÓMÁTÓL FÜGGETLENEK. VEGYÜNK, VAGY SZERKESSZÜNK TEHÁT EGY PLAZMIDOT, AMELY TARTALMAZZA A **GAATTC** SZEKVENCIÁT, ÉS OPERÁLJUK KI A BAKTÉRIUMBÓL.

MOST MÁR A LEÍRT MÓDON TOLDJUK BE AZ EMBERI GÉNT A PLAZMIDBA...

...ÉS VIGYÜK VISSZA A KÓLIBA.

RÖVID IDŐ ALATT MILLIÁRDSZÁMRA JÖNNEK LÉTRE A BAKTÉRIUMOK, AMELYEK MINDEGYIKÉBEN OTT AZ EMBERI GÉN!!



AZ ELJÁRÁS EGYSZERŰNEK LÁTSZIK – ÉS ELVBEN AZ IS. A GYAKORLATBAN AZONBAN IGENCSAK BONYODALMAS, BÁR A LABORATÓRIUMI VARÁZSLÓK SOK PROBLÉMÁT LEKÜZDÖTTEK MÁR. ELVILEG AKÁRMELYIK GÉN KLÓNOZHATÓ. ERRE A CÉLRA ÁLTALÁBAN A KÓLIT HASZNÁLJÁK, DE MÁS, GYORSAN SZAPORODÓ SZERVEZETEK IS SZÓBA JÖHETNEK, AKÁR EUKARIÓTÁK IS, MINT PÉLDÁUL AZ **ÉLESZTŐGOMBA**.

ARRA IS VAN MÓD, HOGY EMBERI SEJTEKBEN KLÓNOZZÁK A GÉNEKET, DE EZ EDDIG CSAK LOMBIKBAN SIKERÜLT, ÉLŐ SZEMÉLYBEN MÉG NEM.

AZ ELSŐ HÁROM GYÓGYÁSZATI JELENTŐSÉGŰ FEHÉRJE, AMIT DNS-REKOMBINÁCIÓ ÚTJÁN SIKERÜLT ELŐÁLLÍTANI:

AZ EMBERI NÖVEKEDÉSI HORMON, AMELY A TÖRPESÉG EGYIK VÁLFAJÁT HÁRÍTJA EL. AZOK A SZEMÉLYEK, AKIKET GENETIKAI KÉSZLETÜK E TÉREN EGY KISSÉ MEGRÖVIDÍTETT, MEHETNEK KOSARAZNI, HA A HORMONHOZ HOZZÁJUTNAK. MA MÉG A SZÜKSÉGLET MESSZE FELÜLMÚLJA A KÍNÁLATOT, DE NEMSOKÁRA KINŐJÜK EZT A SZEGÉNYSÉGET.

AZ INZULIN, AMELY A VÉRBEN LÉVŐ CUKOR MENNYISÉGÉT CSÖKKENTI, ÉS MÁR RÉGÓTA NAGYON FONTOS GYÓGYSZER. HA MAJD NAGYOBB MENNYISÉGBEN, SŐT JOBB MINŐSÉGBEN KÉSZÜL, MINT HAGYOMÁNYOSAN, KÖNNYEBB LESZ A CUKORBETEGEK ÉLETE.

AZ **INTERFERON** EGY VÍRUSELLENES HATÓANYAG. ANNYIRA RITKA, HOGY MILLIÁRDOKBA KERÜL BELŐLE EGY PÁR GRAMM, HA TERMÉSZETES FORRÁSBÓL KELL TISZTÍTANUNK. MA MÁR A KÓLI MILLIÁRDJAI ÁLLNAK RENDELKEZÉSRE E CÉLRA, S ÍGY JÓVAL OLCSÓBB. KÖZBEN AZONBAN A HELYZET ÚGY ALAKULT, HOGY EGYRE KEVÉSBÉ TUDJUK, MIT IS KEZDJÜNK VELE, JÓLLEHET A KLINIKAI KÍSÉRLETEK EGYRE FOLYNAK, ÉS A REMÉNYEK...

A GÉNTOLDOZÁS EGYSZERIBEN

NAGY ÜZLET

LETT!

A FEHÉRJÉKBŐL NYERHETŐ PROFITTÓL FELTÜZELT PÉNZEMBEREK MEGKÖRNYÉKEZTÉK A BIOLÓGIAPROFESSZOROKAT, HOGY SZÁLLJANAK BE AZ ÚJ VÁLLALKOZÁSBA, AZ ÜZLETSZERŰ GÉNSEBÉSZETBE.

AZ EGYETEMEK EGY IDEIG SZABÓDTAK...

A PROFESSZOROK TÉPELŐDTEK, A PÉNZ AZONBAN BESZÉLT!

HOL SZENNYEZHETEM BE A KEZEM??

EZZEL A PROBLÉMÁK AZ EGYETEMEKEN KÍVÜL IS MEGJELENTEK...

IGEN... MENTŐK!

KIÉ LESZ AZ ÚJ MÓDSZEREK SZABADALMA? MIT LEHET EGYÁLTALÁN SZABADALMAZTATNI? EGY BERENDEZÉST? EGY ELJÁRÁST? EGY ÚJ ÉLŐLÉNYT??!

HM... TALÁN EGY ÜGYVÉDDEL KELLENE BESZÉLNEM, MIELŐTT ELKAPKODNÁM A DOLGOKAT...

AZ EGYESÜLT ÁLLAMOKBAN MÁR ELJUTOTT A KÉRDÉS A LEGFELSŐBB BÍRÓSÁGIG, AMELY ÚGY DÖNTÖTT, HOGY AZ ÉLET **ÚJONNAN KIDOLGOZOTT FORMÁI** SZABADALMAZTATHATÓK!

VALAKI MÁR HÁROMMILIÁRD ÉVE TARTOZIK NEKEM A SZABADALMI DÍJAKKAL!

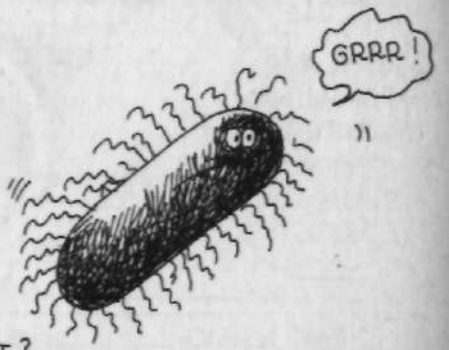
NAGY TEHÁT A HAJCIHŐ... A PROFESSZOROK EGYMÁST VÁDOLJÁK, HOGY AZ EGYETEMI LABOROKBAN PROFITHAJSZA FOLYIK. A KEZDŐ KUTATÓK EGYIK TÉMÁBÓL A MÁSIKBA CSÖPPENNEK. ÉS MEGJELENT PERSZE A FÉLTÉKENYSÉG IS...

MIÉRT PONT EZEK A GÉNTOLDOZÓK TÖMIK MEG A BUKSZÁJUKAT? BEZZEG ÉN, AKI LELEPLEZTEM A HÜTTYÖGETŐ UGARFUTÓ HÁLÓSZOBATITKAIT, VILÁGÉLETEMBEN ÉHENKÓRÁSZ MARADOK!

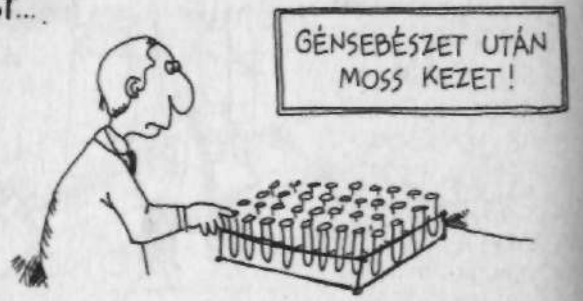
DE HAGYJUK A PÉNZT... NÉZZÜK INKÁBB AZ **EGÉSZSÉGÜNKET**! SOKAN MÁR A GÉNSEBÉSZET FELTŰNÉSÉTŐL KEZDVE ATTÓL FÉLTEK, HOGY SZÖRNYETEGEK BÚJNAK ELŐ A LOMBIKBÓL.

AZ AGGODALMAK OKA AZ A FELTÉTELEZETT LEHETŐSÉG VOLT, HOGY A KÓLI DNS-ÉVEL VALÓ MANIPULÁLÁS EGY LEKÜZDHETETLEN, HALÁLOS KÓRT OKOZÓ MIKROBÁT EREDMÉNYEZHET.

EMLÉKEZZÜNK CSAK! AZ **ESCHERICHIA COLI** AZ EMBERI BÉLBEN ÉL. HA EGY ÉLETKÉPES ÁTALAKÍTOTT PÉLDÁNY KIJUTNA A LABORATÓRIUMBÓL, NEM LEHETNE FELTARTÓZTATNI! KI GONDOLTA VOLNA, HOGY FRANKENSTEIN SZÖRNYETEGE ÍGY IS KINÉZHET?



A TUDÓSOK ÖNKÉNT ELFOGADTAK NÉHÁNY KORLÁTOZÓ **ÓVINTÉZKEDÉST**...



A KEZDETI AGGODALMAK AZONBAN MÁRA JÓCSKÁN ALÁBBHAGYTAK. UGYANIS SEMMI PROBLÉMA NEM MERÜLT FEL – LEGALÁBBIS EDDIG!

A LEGBIZTATÓBB AZ, HOGY A KLÓNOZÁSRA HASZNÁLT KÓLITÖRZS ANNYIRA ALKALMAZKODOTT MÁR A LABORATÓRIUMI KÖRÜLMÉNYEKHEZ, HOGY AZ EMBERI BÉLBEN NEM IS TUD MEGÉLNI!

ÍGY HÁT LEHET, HOGY NINCS MITŐL TARTANI. IGAZ UGYAN, HOGY EGYES BIOTECHNIKAI VÁLLALATOK FÜTYÜLNEK AZ EGYETEMEKEN ELFOGADOTT BIZTONSÁGI ÓVÓRENDSZABÁLYOKRA!

SOKKAL KÖNNYEBBEN ELŐFORDULHAT VISZONT AZ, HOGY VALAKI **SZÁNDÉKOSAN** ÁLLÍT ELŐ HALÁLOS MIKROBÁKAT. KI TENNE ILYET, AZT KÉRDIK?

A TÁBORNOKOKRÓL TUDJUK, HOGY A MODERN TECHNIKA MINDEN VÍVMÁNYÁT IGYEKEZNEK KATONAI CÉLOKRA FELHASZNÁLNI, ÉS ÁLTALÁBAN TALÁLNAK IS OLYAN TUDÓSOKAT, AKIK ENGEDELMESKEDNEK NEKIK...

NÉMI BIZTONSÁGOT NYÚJT AZ A KÖRÜLMÉNY IS, HOGY A BIOLÓGIAI FEGYVEREKET NEMZETKÖZI SZERZŐDÉS TILTOTTA BE, DE AZÉRT SOHASEM LEHET TUDNI...

A TUDOMÁNY HALADÁSA POLITIKAI PROBLÉMÁT VETETT FEL — EZ NEM RITKA A 20. SZÁZADBAN.

AZ KÖVETKEZIK EBBŐL A LEHETSÉGES VESZÉLYBŐL, HOGY A GÉNSEBÉSZETTEL FEL KELL HAGYNI? A BIOLÓGUSOK CSAKNEM MINDNYÁJAN NEMMEL FELELNEK. MIÉRT IS VETNÉNK EL AZ ORVOSI FELHASZNÁLÁST A KATONAIVAL EGYÜTT?

RÁADÁSUL AZ ÍGY ELŐÁLLÍTHATÓ VESZÉLYES MÉRGEK VALÓSZÍNŰLEG NEM ROSSZABBAK A MÁR MEGLÉVŐKNÉL, AZ ORVOSI ALKALMAZÁSOK VISZONT VALÓBAN **FORRADALMI** ÚJDONSÁGOKAT ÍGÉRNEK.

A ZSÁKBA-MACSKA

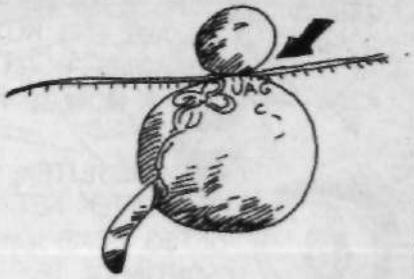
EDDIG A GÉNMANIPULÁCIÓS BEAVATKOZÁSOK JOBBÁRA CSAK VÍRUSOKON, BAKTÉRIUMOKON ÉS EGYSZERŰ EUKARIÓTÁKON – AMILYEN AZ ÉLESZTŐ – TÖRTÉNTEK... DE ELJÖN A NAP, AMIKOR AZ **EMBER** IS SORRA KERÜL.

AZ EMBEREKEN VÉGZETT KÍSÉRLETEKNÉL MÁS NORMÁKAT KELL ALKALMAZNI, MINT AZ ÁLLATOK ÉS A BAKTÉRIUMOK ESETÉBEN.

SOKAT TUDUNK MÁR ARRÓL, HOGY MI OKOZ RÁKOT A PATKÁNYOKBAN... DE HOGYAN VÉGEZHETNÉNK OLYAN KÍSÉRLETEKET, AMELYEK KÖZVETLENÜL AZT FIRTATJÁK, MI OKOZ RÁKOT AZ **EMBERBEN**!?

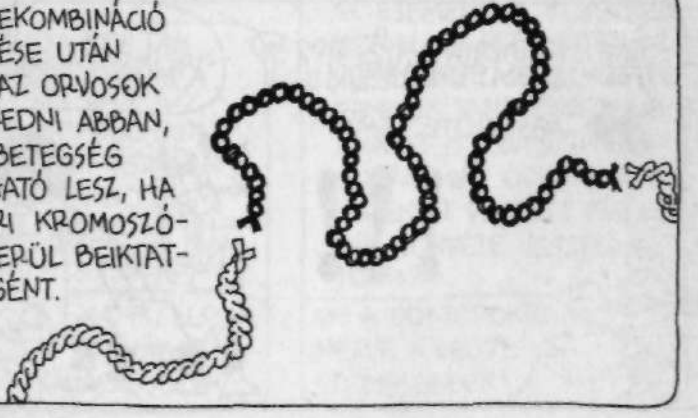
HA MÁR ITT TARTUNK, AZ EMBEREKEN VÉGZETT KÍSÉRLETEK SOKSZOR ELLENTMONDÁSOSAK. JÓ PÉLDA ERRE A **TALASSZÉMIA** GYÓGYÍTÁSÁRA TETT PRÓBÁLKOZÁS ESETE.

MINT MÁR EMLÍTETTÜK, AZ E BETEGSÉGBEN SZENVEDŐK NEM KÉPESEK **HEMOGLOBINT** SZINTETIZÁLNI, MIVEL TÉVES „STOP" KODON ÉPÜLT BE AZ EGYIK HEMOGLOBIN – LÁNC GÉNJÉNEK KÖZEPÉBE.



A TALASSZÉMIA ÁLDOZATAI VÉRSZEGÉNYSÉGBEN SZENVEDNEK, CSONTJAIK GYAKRAN DEFORMÁLÓDNAK, SZÍVPANASZAIK VANNAK. ÉLETBEN MARADÁSUKHOZ RENDSZERES VÉRÁTÖMLESZTÉS SZÜKSÉGES, DE ÍGY SEM ÉLHETNEK SOKÁIG.

A DNS-REKOMBINÁCIÓ FELFEDEZÉSE UTÁN KEZDTEK AZ ORVOSOK REMÉNYKEDNI ABBAN, HOGY A BETEGSÉG GYÓGYÍTHATÓ LESZ, HA AZ EMBERI KROMOSZÓMÁBA SIKERÜL BEIKTATNI A JÓ GÉNT.



EZ JÓL HANGZIK, LESZÁMÍTVA AZT A KÖRÜLMÉNYT, HOGY AZ EGÉREN VÉGZETT HASONLÓ KÍSÉRLETEK RENDRE KUDARCOT VALLOTTAK. A LOS ANGELES-I EGYETEMEN MÉGIS AKADT EGY KUTATÓCSOPORT, AMELYIK ELHATÁROZTA, HOGY LESZ, AMI LESZ, KIPRÓBÁLJA A MÓDSZERT EMBEREN IS...

CSONTVELŐSEJTEKET VETTEK KÉT BETEG COMBCSONTJÁBÓL. (EZEK A SEJTEK TERMELIK A VÖRÖSVÉRSEJTEKET.)

BEÉPÍTETTÉK A SEJTEKBE A JÓ HEMOGLOBINGÉNT.

A COMBOT BESUGÁROZTÁK, HOGY LELASSÍTSÁK A RÉGI CSONTVELŐSEJTEK MŰKÖDÉSÉT, ÉS AZ ÚJ SEJTEK JOBBAN ELSZAPORODHASSANAK.

EZUTÁN A „MEGREPARÁLT" SEJTEKET VISSZAÜLTETTÉK A BETEGBE.

AZ EREDMÉNY?

➤ ABSZOLÚTE SEMMI!

!!!

A DOKTOROK HEVES KRITIKAI PERGŐTŰZBE KERÜLTEK A KÍSÉRLET MIATT.

TÖBB ELLENVETÉST IS FELHOZTAK:

AZ ELJÁRÁS MÉG RÉSZBEN SEM VOLT SIKERES ÁLLATKÍSÉRLETEKBEN. MÁIG SE TUDJÁK, HOGYAN LEHETNE BEÉPÍTENI A HEMOGLOBINGÉNT EMLŐSSEJTBE ÚGY, HOGY AZ OTT KIFEJLŐDJÉK.

AZ EMLŐSÖK SZABÁLYOZÁSI FOLYAMATAI MÉG IGENCSAK SÖTÉTEK!

A KÍSÉRLETET NEM ENGEDÉLYEZTE AZ EGYETEM EMBERKÍSÉRLETEKET ELLENŐRZŐ BIZOTTSÁGA SEM. FOGADTA VISZONT A KÍSÉRLETEZŐKET KÉT KÓRHÁZ (EGY OLASZ ÉS EGY IZRAELI).

A BESUGÁRZÁS NYILVÁNVALÓAN NEM ELŐNYÖS A PÁCIENSEKNEK. UGYANAKKOR AZONBAN TISZTÁBAN VOLTAK AZZAL, HOGY MI TÖRTÉNIK VELÜK, ÉS HOZZÁJÁRULTAK A KÍSÉRLETHEZ.

A DNS (SZALMA-) SZÁLÁBA KAPASZKODTAK:

AZ ESEMÉNYEK KÖVETKEZMÉNYE AZ LETT, HOGY AZ ORVOSOKAT MEGBÜNTETTÉK, EGYIKÜK TANSZÉKVEZETŐI ÁLLÁSÁT IS ELVESZTETTE. SZÓVAL, MINT LÁTJUK, AZ EMBEREKEN VÉGZETT KÍSÉRLETEK SOKFÉLE VESZÉLLYEL JÁRNAK.

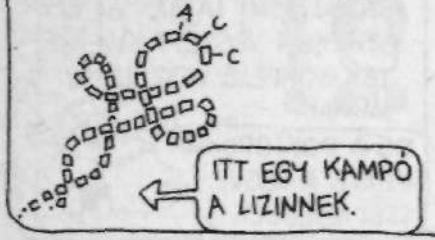
DE A DOKTOROKRA NÉZVE A LEGVESZÉLYESEBBEK!

KÖZBEN AZONBAN, ÉPPEN KÖNYVÜNK ÍRÁSAKOR, HÍRT ADTAK EGY SIKERES KÍSÉRLETRŐL IS A TALASSZÉMIÁVAL KAPCSOLATOSAN. A SAN FRANCISCÓ-I EGYETEM KUTATÓCSOPORTJA BÉKAPETÉKKEL DOLGOZOTT, ELJÁRÁSUK JÓCSKÁN ELTÉRT A SZOKVÁNYOSTÓL!

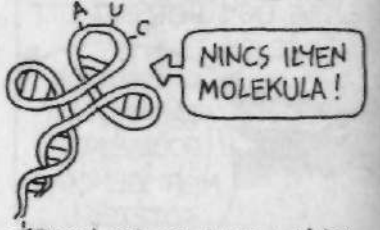
ÖTLETÜK: A JÓ GÉN BEVITELE HELYETT MÁST KELL MEGPRÓBÁLNI:

EHHEZ TRANSZFER RNS-T HASZNÁLTAK.

HA TUDNÁNK OLYAN tRNS-T **KÉSZÍTENI**, AMELY MEGÉRTI AZ **UAG** KODONT, MÉGHOZZÁ ÚGY, HOGY EGY LIZINT ÉPÍT BE HOZZÁ...?? A JÓ GÉNBEN **AAG** A LIZIN KÓDJA.

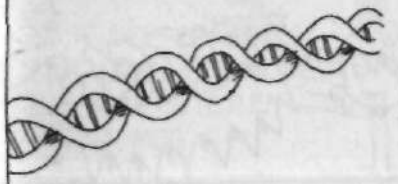


IDÉZZÜK CSAK FEL: A BÉTA-TALASSZÉMIÁBAN AZ A PROBLÉMA, HOGY EGY **AAG** KODON HELYETT **UAG** VAN, AMELY AZT JELENTI, HOGY STOP, MIVEL NINCS OLYAN tRNS, AMELYNEK EHHEZ ILLESZKEDŐ ANTIKODONJA LENNE.



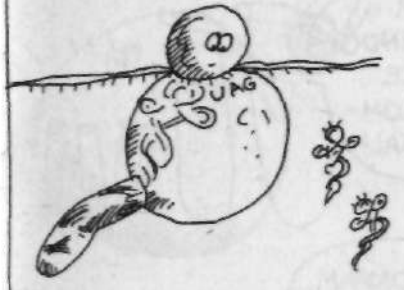
ÉPPEN EZ AZ, AMIT A KUTATÓK VÉGREHAJTOTTAK! ELŐSZÖR KIDERÍTETTÉK A KÉRDÉSES tRNS BÁZISSORRENDJÉT.

EZUTÁN KÉSZÍTETTEK EGY DNS-DARABOT, AMELY EZT A tRNS-T KÓDOLJA. ELLÁTTÁK OLYAN PROMOTERREL, AMELY A BÉKAPETÉBEN KÉPES MŰKÖDNI.

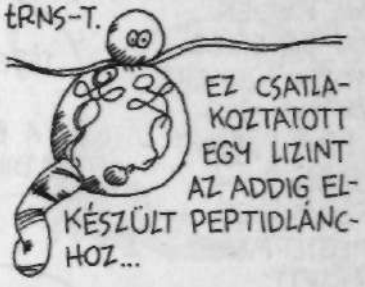


MOST BEÉPÍTETTÉK EGY TALASSZÉMIÁS BETEG HIBÁS BÉTA-GLOBIN-GÉNJÉT A BÉKAPETE KROMOSZÓMÁJÁBA, A SPECIÁLIS tRNS GÉNJÉVEL EGYÜTT.

A BÉTA-GLOBIN-GÉNRŐL MEGKEZDŐDÖTT AZ ÁTÍRÁS... MAJD ELJUTOTT A MUTÁNS KODONHOZ...



AZ **UAG** KODON ÉRTHETETLEN VOLT AZ ÖSSZES tRNS SZÁMÁRA, KIVÉVE A MÁR JELEN LÉVŐ MESTERSÉGES tRNS-T.



...ÉS A SZINTÉZIS TOVÁBB FOLYT, EGÉSZEN VÉGIG!

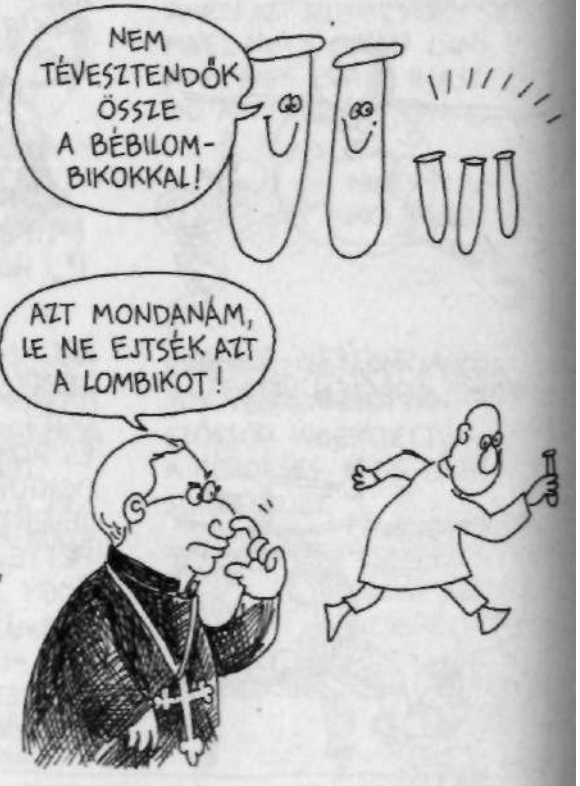
ÍGY KAN, TEMPLE, DOZY ÉS ROY DOKTOR JELENTHETTE, HOGY NORMÁLIS BÉTA-LÁNC SZINTETIZÁLÓDOTT A HIBÁS GÉNRŐL!

PERSZE MESSZE VAGYUNK MÉG ATTÓL, HOGY MEGGYÓGYÍTSUK A BETEGSÉGET... ITT VAN MINDJÁRT EGY KELLEMETLEN PROBLÉMA: A MESTERSÉGES tRNS SOK ZAVART KELTHET, MERT NEMCSAK A HIBÁS HEMOGLOBIN-GÉNBEN, HANEM MÁS GÉNEKBEN IS ÉRVÉNYTELENÍTI A „STOP" KODONT.

SEMMI JÓ NEM VÁRHATÓ ATTÓL, HOGY GÉNJEINKET KÉTFÉLE GENETIKAI KÓD FEJEZZE KI !!

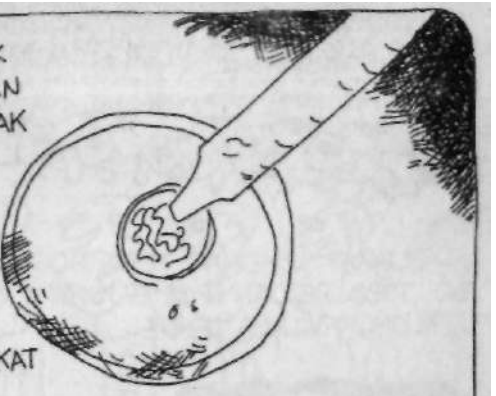
ÁM MINDEN NAP KÖZELEBB HOZZA A SIKERT... VANNAK MÁR „LOMBIKBÉBIK" IS. EZEK KÉMCSŐBEN MEGTERMÉKENYÍTETT PETESEJTBŐL KELETKEZŐ, NÉHÁNY OSZTÓDÁSON ÁTMENT EMBRIÓK. HA BEÜLTETIK ŐKET AZ ANYAMÉHBE, EGÉSZSÉGES EMBERRÉ FEJLŐDHETNEK.

MIT SZÓLNA EHHEZ MENDEL?

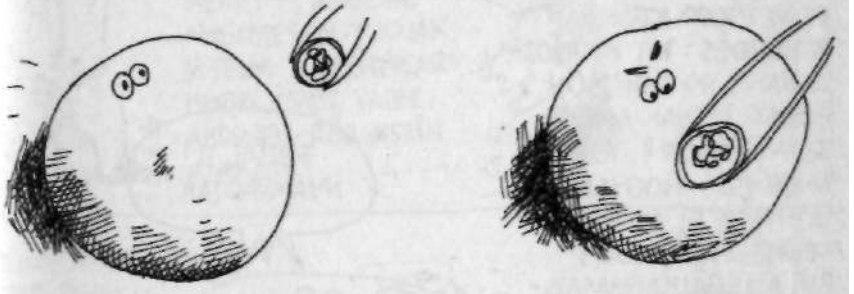


ÍGÉRETES LEHETŐSÉGNEK TŰNIK, HOGY A LOMBIKBAN LÉVŐ **EMBRIÓN** HAJTSANAK VÉGRE **GÉNSEBÉSZETI** BEAVATKOZÁSOKAT...

EZ A GÉNTERÁPIÁTÓL SOK EGYÉBIG, MA MÉG ELKÉPZELHETETLEN UTAKAT NYITNA MEG.



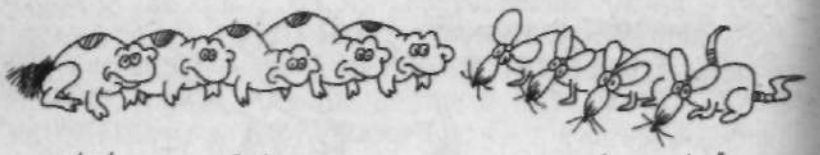
VÉGSŐKIG FESZÍTVE A HÚRT, AZ **EMBERKLÓNOZÁS** IS LEHETSÉGESSÉ VÁLNÉK. A PETESEJT MAGVÁT ELTÁVOLÍTVA HELYETTESÍTENI LEHETNE MÁS SZEMÉLY SEJTMAGJÁVAL.



A MEGTERMÉKENYÍTETT PETE OLYAN ANYÁBA IS BEÉPÍTHETŐ, AKIHEZ SEMMI KÖZE.

A KIS JÖVEVÉNY ARRA HASONLÍTANA, AKITŐL VAGY **AMITŐL** A SEJTMAG SZÁRMAZIK!

NAGYON ELRUGASZKODOTTNAK LÁTSZIK AZ ÖTLET? NOS, A TUDÓSOKNAK MÁR SIKERÜLT KLÓNOZNI BÉKÁT MEG EGERET...

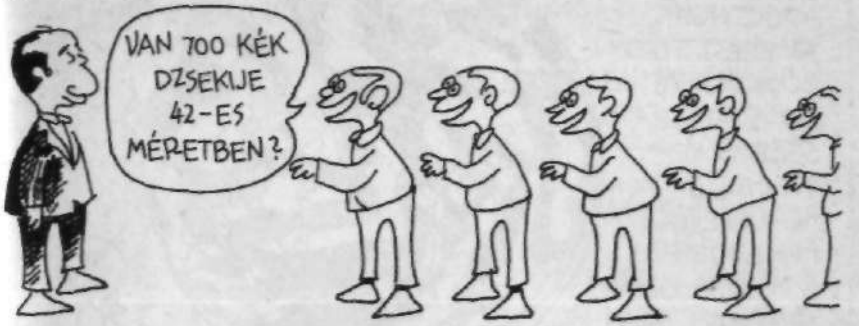


AZ ELJÁRÁS LEHETŐVÉ TESZI, HOGY UGYANABBÓL AZ ÉLŐ EGYEDBŐL TÖBB PÉLDÁNYT NYERJÜNK! JÓ LENNE-E, HA VILÁGUNK A KLÓNOK VILÁGA LENNE:

FELVETŐDIK AZONBAN A KÉRDÉS: KIT KLÓNOZZANAK? KI DÖNTSÖN EBBEN? CSAK A PÉNZEN MÚLJON? TÖRVÉNYES EZ? HOGYAN DÖNTSÉK EL AZ EMBERTENYÉSZTŐK, HOGY KIK A LEGALKALMASABBAK A TOVÁBBTENYÉSZTÉSRE?

A LEGUTÓBBI PRÓBÁLKOZÁS, AMIKOR VALAKI EGY „FELSŐBBRENDŰ FAJ" EGYEDURALMÁT AKARTA MEGVALÓSÍTANI, MEGLEHETŐSEN BALUL ŰTÖTT KI – ENYHÉN SZÓLVA...

LEHET PERSZE, HOGY TÚL SÖTÉT ÖRDÖGÖT FESTÜNK A FALRA... LEHET, HOGY A JÖVŐ NAGYSZERŰ LESZ, S AZ EMBEREKET SZABJÁK A RUHÁKHOZ, ELLENTÉTBEN A MAI PRIMITÍV GYAKORLATTAL!!



KLÓNOZHATNAK BENNÜNKET ARRA IS, HOGY KIBÍRJUK A KÖRNYEZETI KATASZTRÓFÁKAT. HA PÉLDÁUL A LÉGKÖR FELSŐ RÉTEGÉT ALKOTÓ ÓZONKÖPENY ELVESZNE...

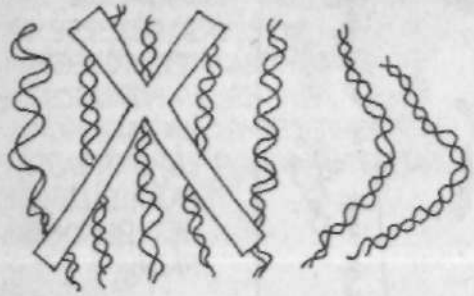
ÁM NEMCSAK A SAJÁT GÉNJEINK MIATT KELL AGGÓDNUNK... AZ EGÉSZ FÖLDGOLYÓ GENETIKAI SOKFÉLESÉGE IS VESZÉLYBE KERÜLHET... (VALAHOGY A FÖLD IS OLYAN, MINT EGY NAGY SEJT, NEM?)

NEM SZÜKSÉGES HOSSZASAN FEJTEGETNÜNK, HOGY AZ ÉLET KÜLÖNBÖZŐ FORMÁI EGYMÁSRA ÉPÜLNEK... A GORILLA MEGESZI A BANÁNT, A BANÁN A TALAJ VEGYI ANYAGAIT; E VEGYÜLETEK NÉMELYIKE A TALAJBAKTÉRIUMOK MŰKÖDÉSÉNEK EREDMÉNYE; MÁS BAKTÉRIUMOK A MAJMOK EMÉSZTÉSI FOLYAMATAIT SEGÍTIK; ISMÉT MÁSOK LEBONTJÁK ANYAGCSERÉJÜK MELLÉKTERMÉKEIT STB...

DE A TETEJÜKBEN

OTT VAGYUNK MI, A TERMÉSZET KINCSEIT PAZARLÓ EMBEREK, FOLYTON NÖVEKVŐ NÉPESSÉGÜNKKEL, MODERN MEZŐGAZDASÁGUNKKAL, EZERNYI VESZÉLYES SZENNYEZŐFORRÁSUNKKAL, AMELYEK OLYAN DRASZTIKUSAN ÁRTANAK A KÖRNYEZETNEK, HOGY MINDEN ÉVBEN SOK SZÁZ NÖVÉNY- ÉS ÁLLATFAJ PUSZTUL KI JÓVÁTEHETETLENÜL.

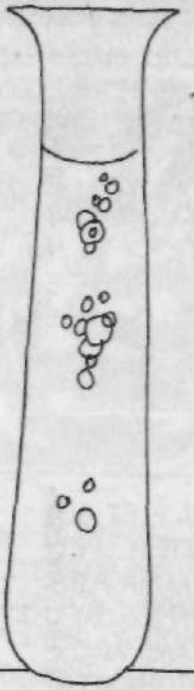
MINDEZ ODA VEZET, HOGY EGYRE KISEBB LESZ A BIOSZFÉRÁBAN FELLELHETŐ KÜLÖNFÉLE GÉNEK SZÁMA. AMELYIK EGYSZER ELVÉSZ, ÖRÖKRE ELTŰNIK!



EZ A FOLYAMAT AZ ÉLET EGÉSZÉT IS VESZÉLYEZTETI... PÉLDÁUL, HA CSAK 5 ALMAFAJTA VOLNA, EZEK KÖNNYEN KIPUSZTULHATNÁNAK VALAMI VÍRUSBETEGSÉG VAGY GOMBAFERTŐZÉS KÖVETKEZTÉBEN. HA AZONBAN 50 FAJTA VAN, AKKOR SOKKAL NAGYOBB AZ ESÉLY, HOGY VALAMELYIKBEN REZISZTENCIA ALAKUL KI, ÉS TÚLÉLI A TÁMADÁST.

SZÁMOS ORSZÁG KEZDETT MÁR MENTŐAKCIÓBA. ÖSSZEGYŰJTIK A NÖVÉNYEK MAGVAIT, S MEGŐRZIK ŐKET.

TALÁN A GÉNSEBÉSZET SEGÍT MAJD AZZAL, HOGY ÚJ KOMBINÁCIÓKAT ALAKÍT KI, ÁM EZ MÉG A JÖVŐ ZENÉJE.

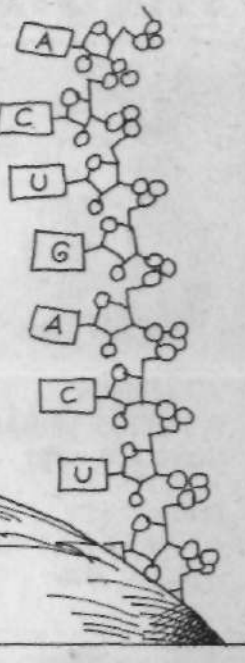


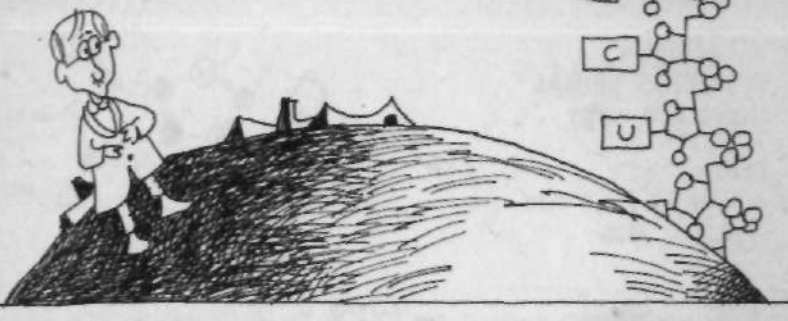
MÁSRÉSZT A GÉNSEBÉSZET LEHETŐSÉGEIT IS KORLÁTOZZA, HA CSAK KORLÁTOZOTT SZÁMÚ ALLÉLT LEHET REKOMBINÁLNI.

SZEMBEKERÜLÜNK SAJÁT FÉLELMETES HATALMUNKKAL!

EGYRÉSZT AZOKKAL A VAK ERŐKKEL, AMELYEK LETAROLJÁK A TALAJT, HATALMAS SZÁNTÓFÖLDEKET VÁLTOZTATVAK SIVATAGGÁ, ÉS ELTÜNTETIK A GÉNEK ÓDVÖS SOKFÉLESÉGÉT...

MÁSRÉSZT SZÁMOLNUNK KELL A GÉNSEBÉSZET EGYRE NÖVEKVŐ LEHETŐSÉGEIVEL. AZT ÍGÉRI – VAGY AZZAL FENYEGET –, HOGY AZ EMBERISÉGET LÉNYEGÉBEN VÁLTOZTATJA MEG. OLYAN KÉRDÉSEKET VET FEL, AMELYEK MEGVÁLASZOLÁSÁRA MA MÉG SZAVAINK SINCSENEK, NEM-HOGY ÉRDEMI DÖNTÉSEKRE KÉPES TÁRSADALMI ÉS POLITIKAI TESTÜLETEINK LENNÉNEK.



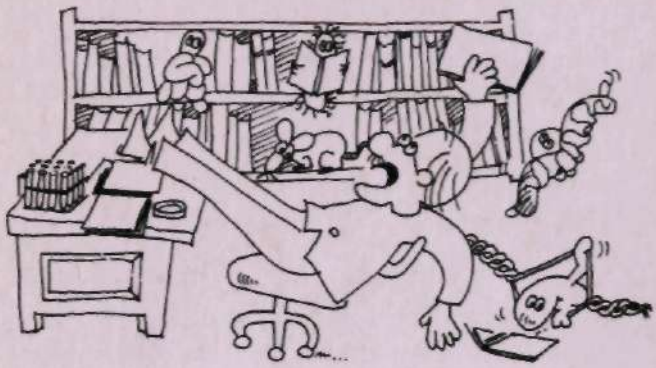


A PALACKBÓL KISZABADÍTOTT SZELLEM MEGKÖVETELI A BÖLCS ÉS FELELŐSSÉGTELJES DÖNTÉSEKET. BIZONYOS ÉRTELEMBEN BEZÁRUL A FEJLŐDÉSI SPIRÁL: ISMÉT OLYAN KOR JÖN EL, AMELYBEN MINDENKINEK BIOLÓGUSNAK KELL LENNIE, ÉS A KEREK VILÁG LESZ A TANTEREM!

Gonick - Wheelis

KÉPREGÉN

Genetika a vizözöntől a transzpozonig



BIOLÓGIAI TANKÖNYVET TARTASZ A KEZEDBEN, GYANÚTLAN OLVASÓ! LEGALÁBBIS TANKÖNYVECSKÉT. HA A TÖBBIT MÁR FÖLDHÖZ VÁGTAD, EHHEZ TALÁN LESZ MÉG TÜRELMED. DE HA MINDET BEVÁGTAD, AKKOR SE VESD MEG EGY MÓKÁS KEDVŰ GENETIKUS ÉS EGY TUDÓS KARIKATURISTA SZERÉNY FAVICCEIT. HA ÉRETTSÉGIRE (FELVÉTELIRE, KOLLOKVIUMRA) KÉSZÜLSZ BIOLÓGIÁBÓL, HASZNÁLHATOD EZT A RENDHAGYÓ KÉPREGÉNYT KÁVÉ HELYETT: NAPOK ALATT MEGTÉRÜL AZ ÁRA. HA PEDIG ÉRDEK NÉLKÜL ÉRDEKLŐDSZ AZ ÁTÖRÖKLÉS, A NEMESÍTÉS, A SZAPORODÁS A GÉNMŰKÖDÉS VAGY A GÉNSEBÉSZET BIOLÓGIAI ALAPJAI IRÁNT, AKKOR KÜLÖN ÜDVÖZLETTEL KÍVÁN A KÖNYVHÖZ KELLEMES FEJTÁGULÁST A