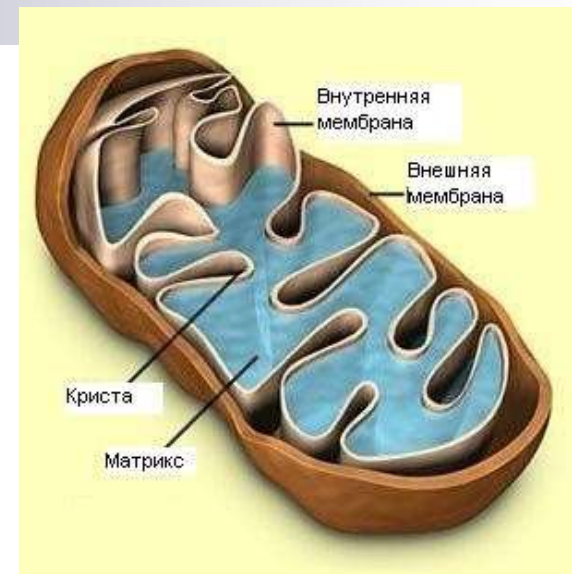
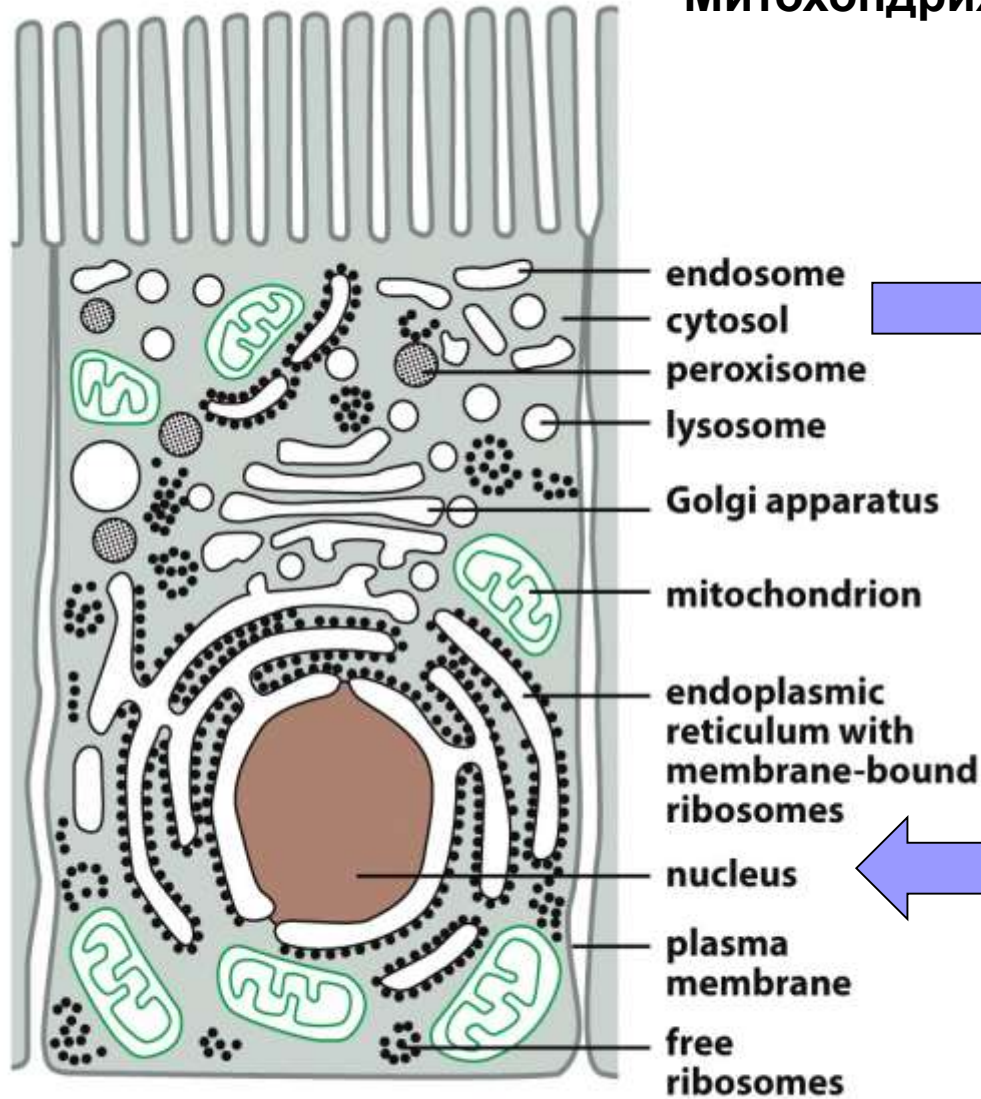




МИТОХОНДРИЯ ГЕНОМЫ

- **Митохондриялар** (грекше митос – жіп және хондрион - түйіршік) – жіпше және түйіршік тәрізді органоид.
- Митохондрияларды ең алғаш 1850 жылы Р.А. Келлер насекомдардың бұлшықеттерінен байқаған.
- Митохондрияның құрамында белоктар (65-70%) липидтер (25-30%), нуклеин қышқылдары (ДНҚ, РНҚ), витаминдер және т.б.
- Митохондрияда органикалық субстраттардың тотығуы және АДФ фосфорлануы нәтижесінде АТФ синтезделеді, сондықтан да митохондрияны клетканың күш беретін станциясы деп атайды.
- Бастапқы субстрат ретінде әр түрлі көмірсулар, май қышқылдары және амин қышқылдары қолданылады.

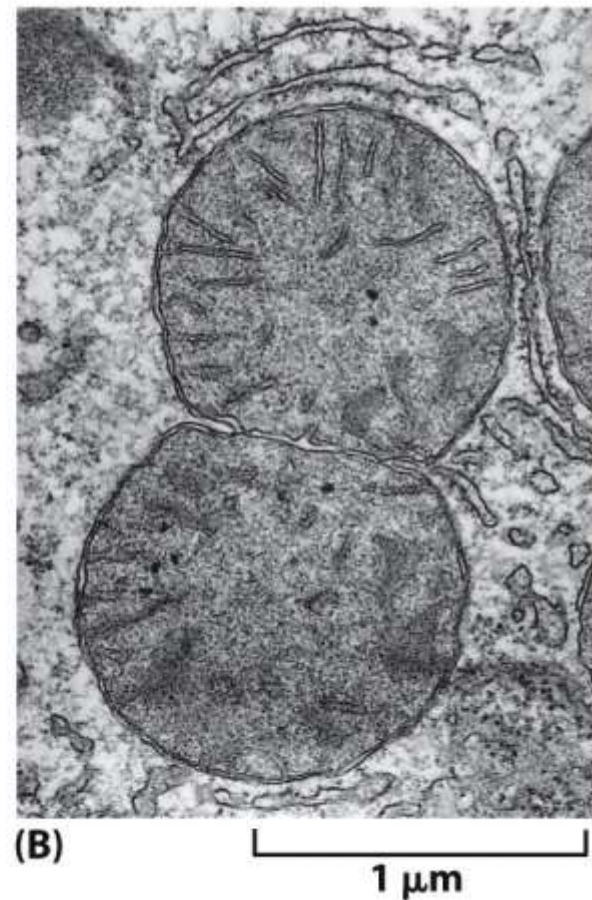
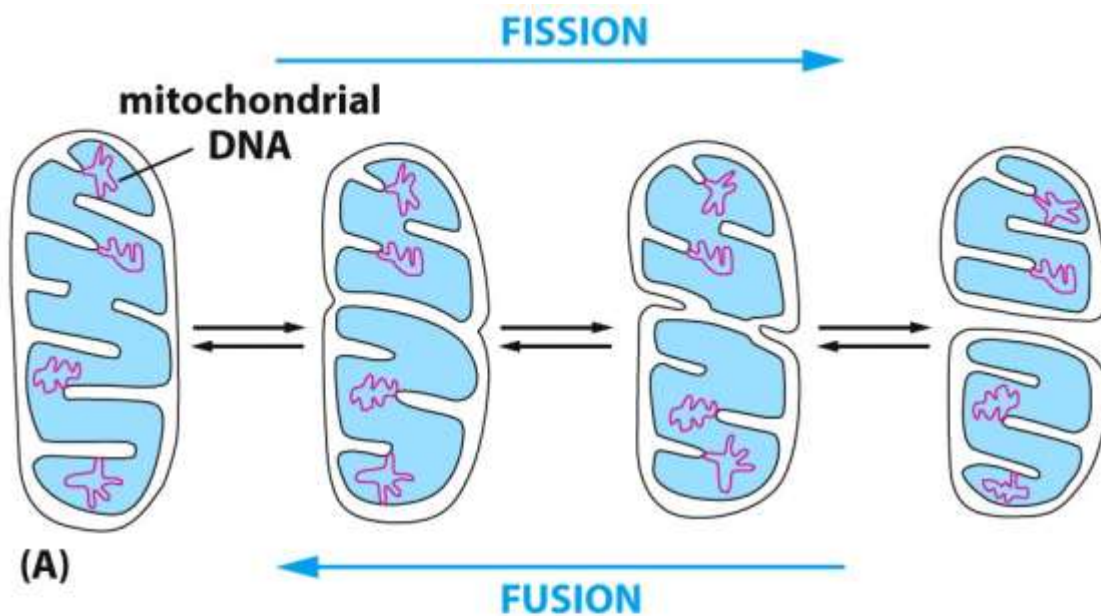
Митохондрия



- Клеткадағы органоидтардың (митохондрия) орналасу тәртібі

- Митохондрияда рибосомалар болғандықтан, белок синтезі тұрақты жүреді.
- Митохондрия құрамындағы ДНҚ мен ядродағы ДНҚ молекуласының айырмашылығы:
 - молекулалық салмағы
 - нуклеотидтердің құрамы және орналасу тәртібі
- Митохондрияда жүретін ДНҚ синтезі ядродағы ДНҚ синтезімен байланысы жоқ. Митохондрия матриксында РНҚ синтезі өтеді.
- Митохондрияда РНҚ – ның информациялық, тасымалдаушы, рибосомды түрлері кездеседі.

Митохондрияның бөлінуі және ДНҚ орналасуы



- Қазір адамның митохондриялды генетикасы өте интенсивті дамуда. Кейбір ауыр тұқым қуалайтын аурулар, дефектілер мен мтДНҚ арасында байланыс бар екендігі анықталынды.
- Барлық тірі организмдерде генетикалық ақпарат тек клеткалық ядро хромосомаларында емес, митохондрияларда да болады.
- Митохондрия жартылай автономды, жеке геномы бар, энергия беруші органелла.
- мт ДНҚ геномы бір немесе бірнеше сақиналы (сызықты, тізбекті) ДНҚ молекулалары түрінде болады.
- Митохондриялар автономды көбейеді, 2 мембранаға және жеке ДНҚға ие.
- Митохондрия матриксінде ДНҚдан басқа, өзінің рибосомалары болады. Бұл рибосомалар эндоплазмалық тордағы рибосомалардан ерекше.
- Митохондриялардың құрылымдық және функционалдық компоненттерін құрайтын белоктардың көпшілігін ядролық геном кодтайды.
- Митохондриядағы көптеген гендердің экспрессиясы ядролық гендермен басқарылады.

■ Генетикалық кодтың негізгі қасиеттері

1. Генетикалық код әмбебап (барлық тірі организмдерде ұқсас)
2. Генетикалық код триплетті (әр аминқышқылын үш нуклеотид кодтайды)
3. Генетикалық кодта жеке триплеттер арасында шектеу белгілері болмайды (үтірсіз код)
4. әр амин қышқылына бірнеше кодон сәйкес

Түзілетін белок молекуласында аминқышқылды анықтайтын генетикалық ақпарат бөлігі **КОДОН** деп аталады.

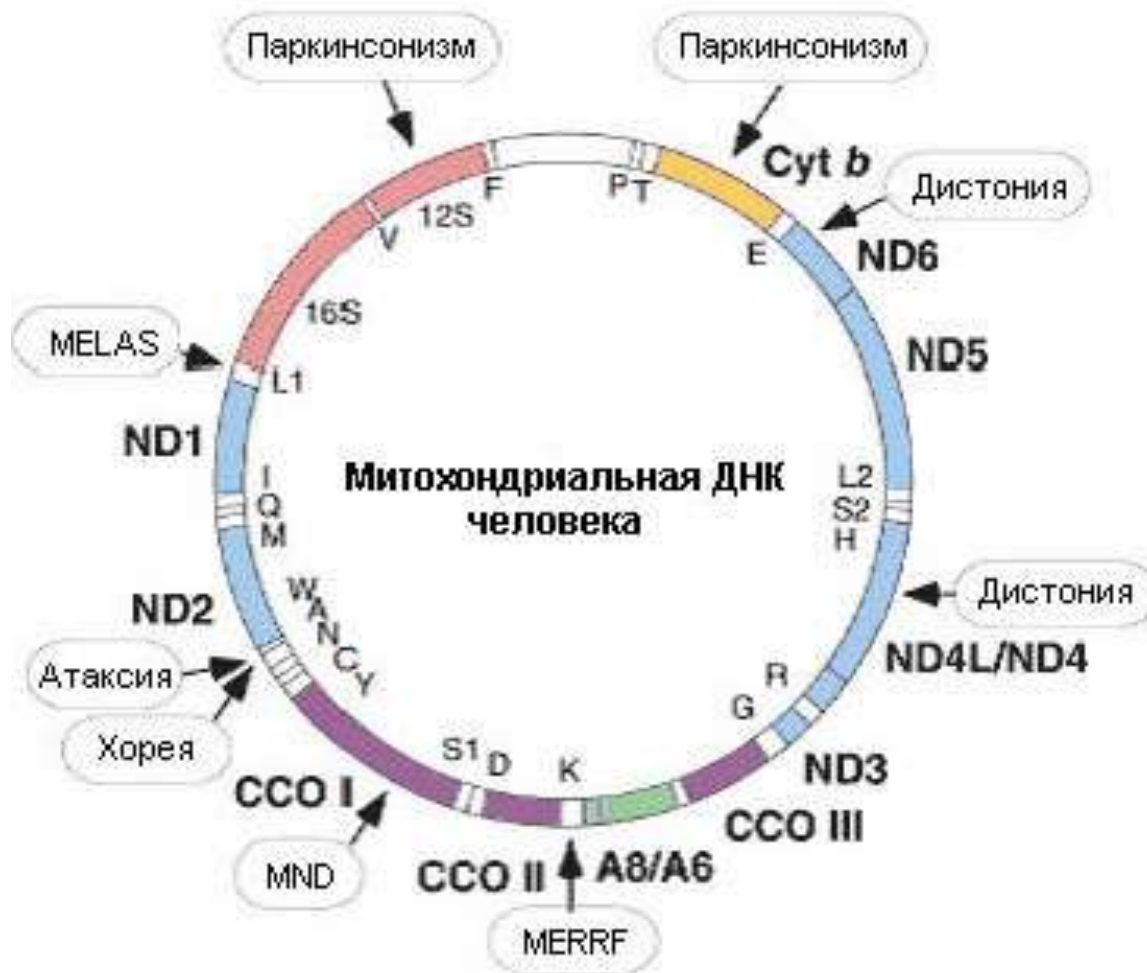
■ Митохондриялық код

- 1979 жылы эмбебап генетикалық кодтан митохондриялық кодтың айырмашылығы бар екені анықталды. Адам митохондриясында **AUA** кодоны **изолейциннің** орнына **метионинді**, **AGA, AGG** кодондары стандарт кодта **аргининді**, ал митохондрияда **стоп кодон** болады. **UGA** кодоны стандартты кодта **стоп кодон** болса, митохондриялық кодта **триптофанды** кодтайды. Ашытқылардың митохондрияларында **GUU, CUC, CUA** және **GUG** триплеттері **лейцинді** емес **треонинді** кодтайды.
- Митохондриялық геном тыныс алу тізбегі комплексінің 13 суббірлігін кодтайды. Ядролы геном басқа белоктарды кодтайды: электрон тасымалдаушылары, митохондрия транслоказалары, митохондрияға белок транспортының компоненттері. Бұл белоктар мтДНҚның транскрипция, трансляция және репликациясына қажет факторлар. Сондықтан митохондрия қызметі екі геном ядролық және митохондриялық геном арасында сәйкестендіріліп іске асады. Кейбір митохондриялық гендердің көшірмелері ядролық геномда да болады.

Отклонения от универсального кода в митохондриях разных организмов

Кодон	Универсальный код	Код МИТОХОНДРИЙ		
		Позвоночные	Дрожжи	Дрозофила
УГА	СТОП	Трп	Трп	Трп
АУА	Иле	Мет (СТАРТ)	Мет (СТАРТ)	Мет (СТАРТ)
ЦУА	Лей	Лей	Тре	Лей
АГА и АГГ	Арг	СТОП	Арг	Сер

Адамның митохондриялық геномдық картасы

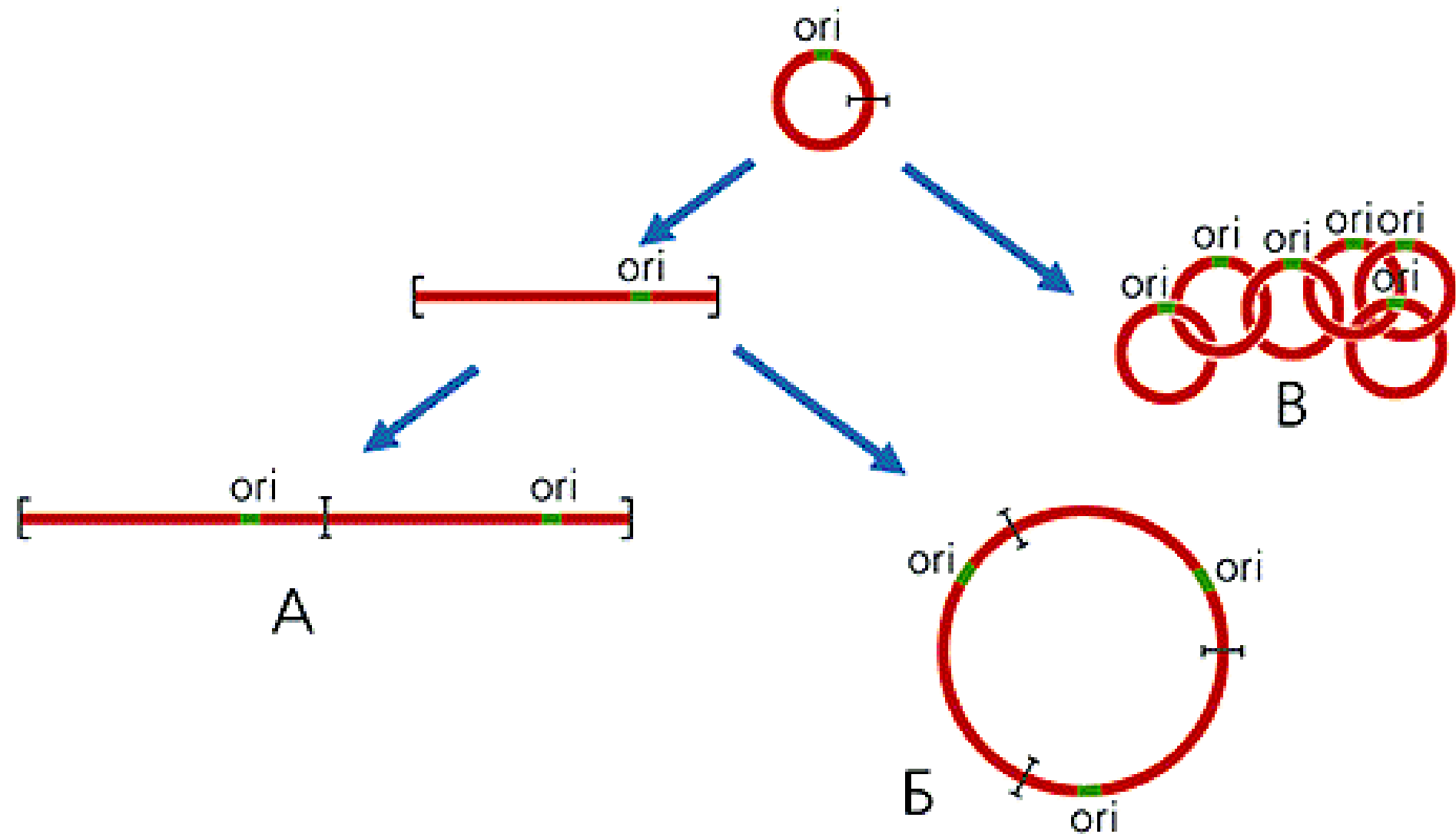


Митохондриялық ДНҚ анадан барлық балаларына, қыздарынан немерелеріне беріледі.

■ Митохондриялық геномның өлшемі мен пішіні

- Қазіргі кезде митохондрияның әр түрлі 100 ден астам геномдары бар. Нуклеотидтер тізбегі толық анықталған, мтДНКғы гендер жиынтығы мен саны жануарлар, өсімдіктер, саңырауқұлақтар мен қарапайымдылардың әр түрінде әр түрлі болады. Жануарлар митохондрияларының геномында көбінесе 37 ген болады:
- 13 тыныс алу тізбектері белоктарын,
- 22 ген тРНҚ,
- 2 ген рРНҚны кодтайды.
- Митохондрия геномының көбісі сақиналы суперспиральденген екі тізбекті ДНК молекулалары түрінде болады. Кейбір өсімдіктерде сақиналы ДНК мен қоса, тізбекті ДНКлар кездеседі. Әр митохондрияда митохондрия геномының бірнеше көшірмесі болады. Адамның бауыр клеткаларында шамамен 2 мың митохондрия, ол әр митохондрияда бірдей 10 геномнан болады. Тышқан фибробластарында 2 геномнан ие 500 митохондрия бар. **Saccharomyces cerevisiae**да 22 митохондрия, оның әрқайсысында 4 геномнан бар.

Суретте: (А) сызықты, (Б) сақиналы, (В) тізбекті олигомерлі мт ДНҚ . Ori – ауданы ДНҚ репликациясының бастамасы балады.



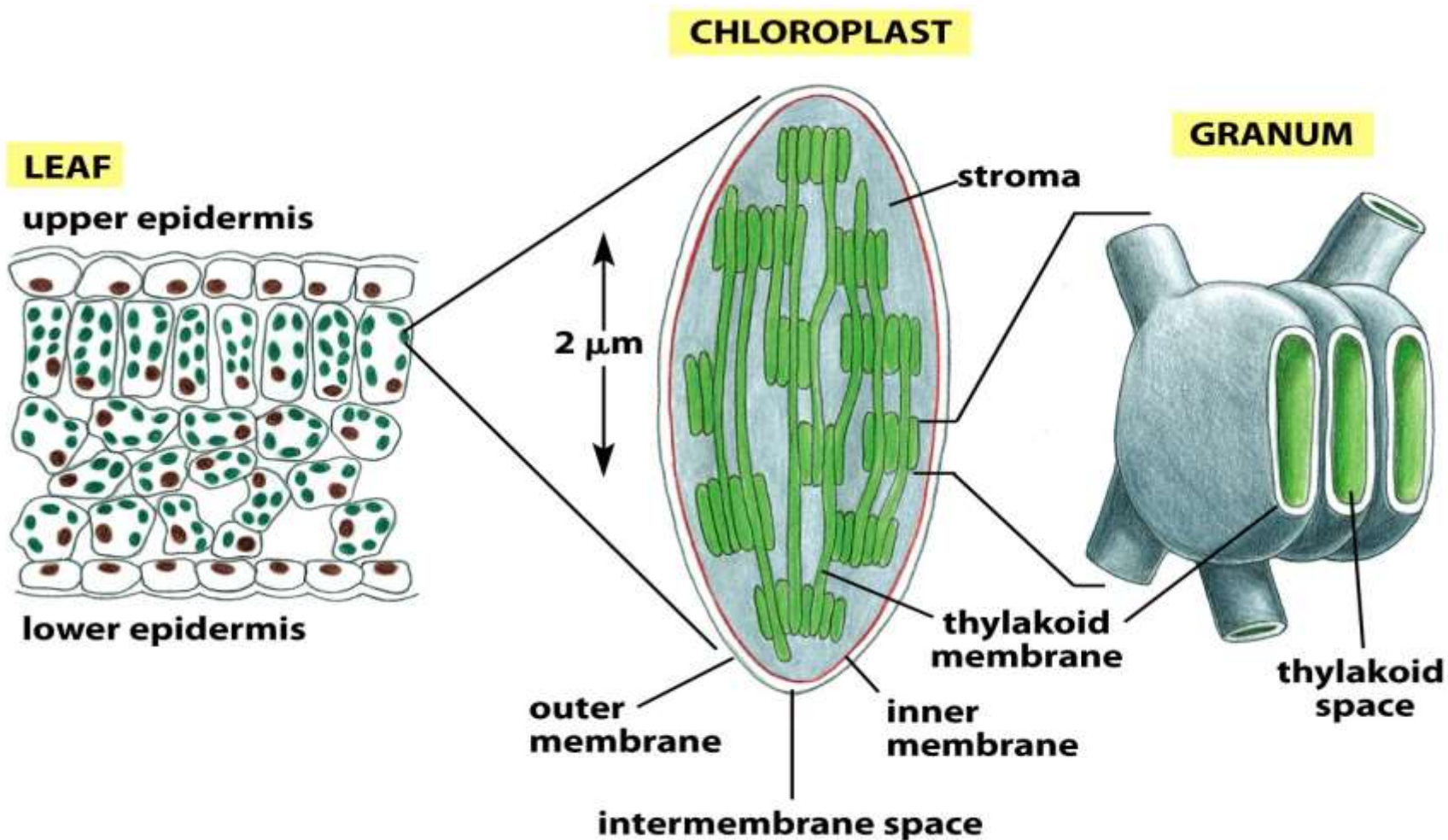
- Генетикалық кодты ашқаны және белок түзілуіндегі қызметін түсіндіргені үшін Р.Холлиға, Х.Коранаға және М.Ниренбергке 1968 жылы Нобель сыйлығы берілді.

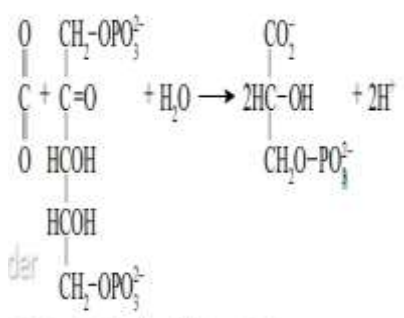
- Ресей ғалымдары сібір сағызқарағай (сибирская лиственница) митохондриялық геномына (митогеном) талдау жасады. Ол барлық белгілі тірі организмдердің ішіндегі ең үлкені екені белгілі болды. Сағызқарағайдың неге мұндай үлкен митогеномы бар екендігі туралы мәселе ашық күйінде қалып отыр.
- Жақында өсімдіктердегі митогеномның мөлшері адамдар мен жануарларға қарағанда үлкен екенін анықталды. Мысалы, барлық сүтқоректілерде 16 мыңға жуық ж.н. бар, ал пиязда шамамен 316 мың ж.н. Сонымен бірге сібір сағызқарағайдың митогеномының құрамында 11,7 млн нуклеотид бар. Бұл айырмашылықтардың себептері әлі толық анықталған жоқ.



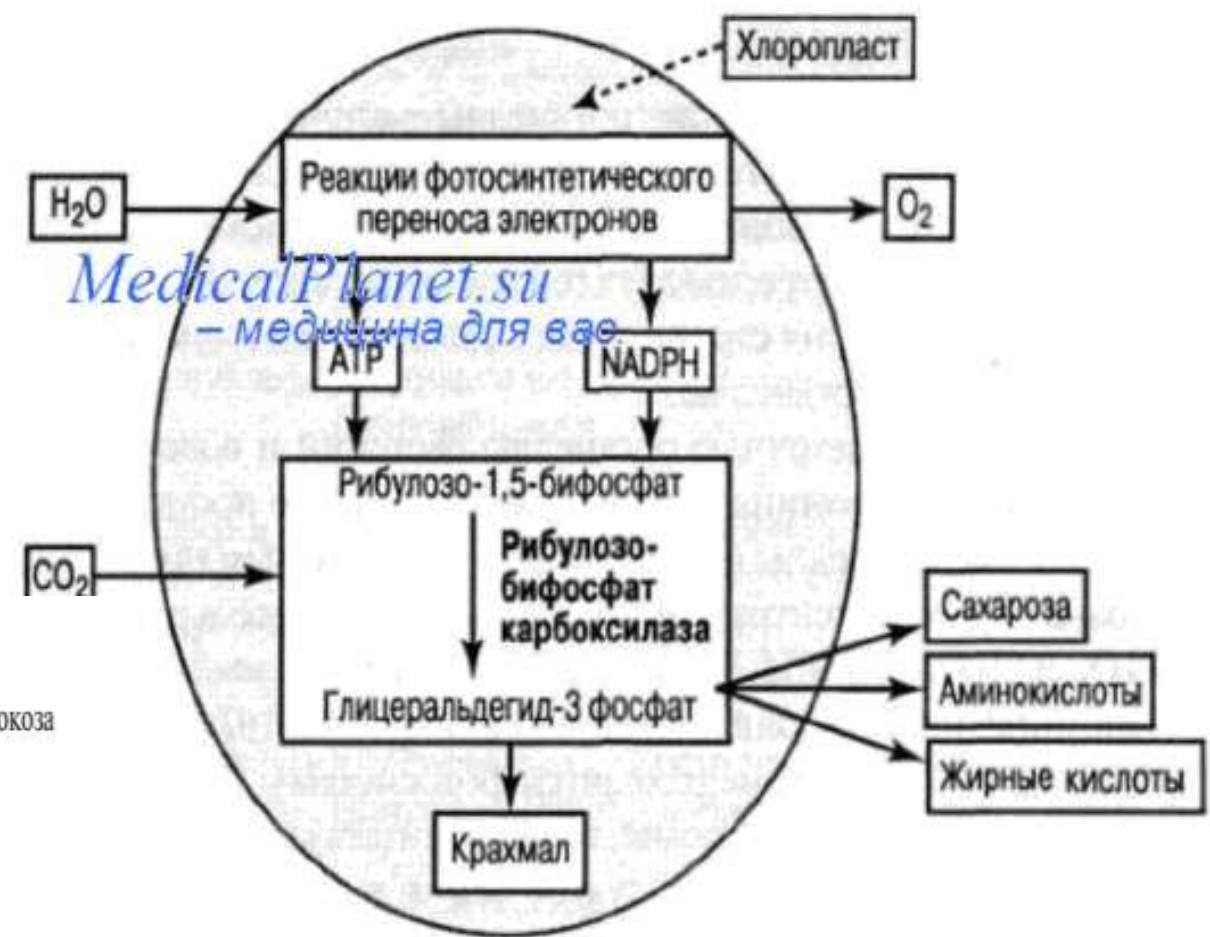
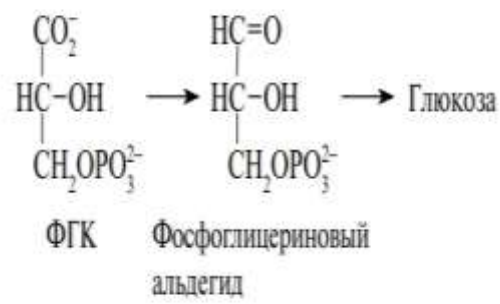
Хлоропласт геномы

Эпидермис қабатындағы хлоропласттардың орналасу тәртібі





Рибулзобисфосфат (РБФ) Фосфоглицериновая кислота (ФГК)



Хлоропласттардың генетикалық аппараты

Хлоропласттың өз ДНҚ-сы, яғни өз геномы бар. Ол ядроның тізбекті ДНҚ молекуласымен салыстырғанда хлоропласт ДНҚ-сы қос спиральді сақиналы молекула.

- Оның ұзындығы 40-60 мкм
 - Мөлшері өсімдіктердің әр түрлерінде 130-160 мың ж.н. аралығында өзгеріп отырады.
- Қазіргі таңда бірқатар өсімдіктердің хлоропласт ДНҚн нуклеотидтік тізбектері толық анықтаған, сонымен қатар хлоропласттық ДНҚ құрылымының жалпы принциптері және оның консервативтілігі анықталған.

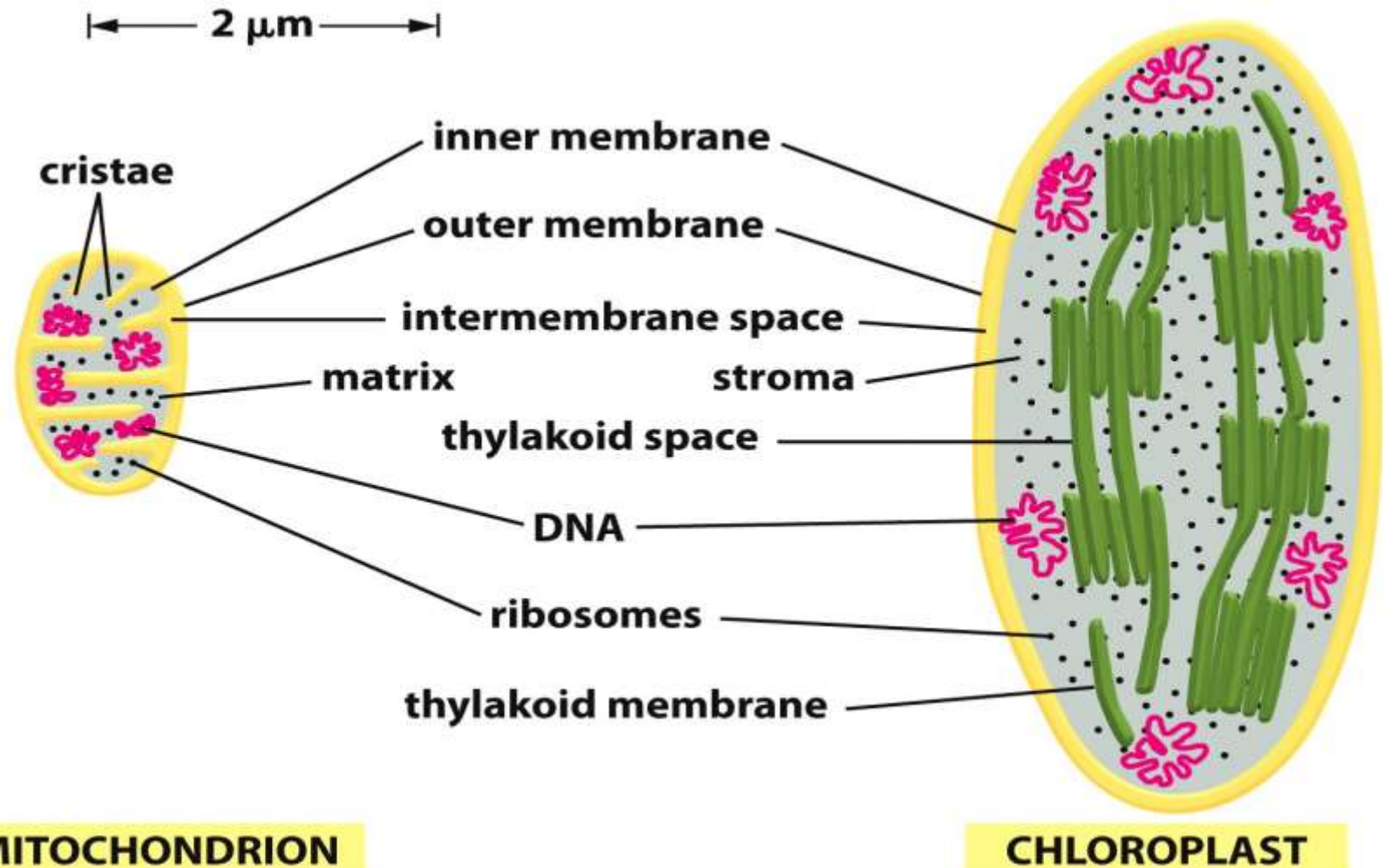
- Хлоропластық ДНҚ шамамен 130 генді кодтайды, оның ішінде
- рибосомалық РНҚ (рРНҚ) төрт түрінің екі гені,
 - хлоропластың 20 рибосомалық белок,
 - хлоропластың РНҚ-полимераза суббірліктерінің кейбір гендері,
 - I және II фотосистемаларының кейбір белоктары,
 - АТФ-синтетазаның 12 суббірлігінің 9-ы,
 - электрон тасымалдау комплекстерінің бірқатар белоктары,
 - Рибулозадифосфаткарбоксилаза (CO₂ байланыстыратын негізгі фермент) суббірлігінің біреуі,
 - тРНҚ-ң 30 түрі
 - және әлі анықталмаған белоктар.
 - Хлоропласт геномы электронды тасымалдау тізбегінің кешендерін құруға қатысатын тилакоидты мембрананың 40 -қа жуық белоктарын кодтайды.
 - Бұл олардың құрамындағы ақуыздардың жартысы. Тилакоидты мембрананың қалған ақуыздары ядрода кодталған.

Бидайдың хлоропласт геномының құрамы

Конечный продукт	Обозначение генов	Информация о кодируемом продукте
РНК	<i>23S rDNA, 16S rDNA, 5S rDNA, 4.5S rDNA</i>	Рибосомальные гены
	<i>trn A, trn C, trn D, trn E, trn F, trn G, trn H, trn I, trn K, trn L, trn M (trn FM), trn N, trn P, trn Q, trn R, trn S, trn T, tr V, tr W, trn Y</i>	Гены тРНК (30 типов, соответствующих 20 аминокислотам)
Белки фотосинтетического аппарата	<i>PsaA, -B, -C, -I, -J</i>	Фотосистема 1
	<i>PsbA, -B, -C, -D, -E, -F, -H, -I, -J, -K, -L, -M, -N, -T</i>	Фотосистема 2
	<i>PetA, -B, -D, -G</i>	Цитохромы
	<i>AtpA, -B, -E, -F, -H, -I</i>	АТФ синтаза
	<i>rbcl</i>	Большая субъединица рибулозобифосфаткарбоксилазы
Рибосомальные белки	<i>rpl 2, rpl 14, rpl 16, rpl 20, rpl 22, rpl 23, rpl 32, rpl 33, rpl 36</i>	Большая субъединица рибосом
	<i>rps 2, rps 3, rps 4, rps 7, rps 8, rps 11, rps 12, rps 14, rps 15, rps 16, rps 18, rps 19</i>	Малая субъединица рибосом
Белки транскрипционного/трансляционного аппаратов	<i>rpoA, rpoB, rpoC1, rpoC2</i>	Субъединицы РНК полимеразы
	<i>infA</i>	Трансляционный фактор
Прочие белки	<i>ndhA, ndhB, ndhC, ndhD, ndhE, ndhF, ndhG, ndhH, ndhI, ndhJ, ndhK</i>	Субъединицы НАДФ дегидрогеназы
	<i>clpP</i>	Протеиназа
	<i>cemA</i>	Белок мембраны хлоропластов
	<i>matK</i>	Матураза
	<i>ycf3, ycf4, ycf5, ycf6, ycf9</i>	Открытые рамки считывания, консервативные среди пластомеров злаков

- Митохондриялар сияқты, хлоропластар, пластидтер ішінде белок синтезін қамтамасыз ететін жеке генетикалық жүйеге ие. Хлоропластардың матриксінде ДНҚ, әр түрлі РНҚ мен рибосомалар анықталды. Хлоропласт ДНҚсы ядролық ДНҚдан ерекшеленеді. Бір хлоропласттарда ДНҚның көптеген көшірмелері болуы мүмкін. Мысалы: жүгерінің индивидуалды хлоропластында ДНҚ молекуласының 20-40 көшірмесі болады. Хлоропласт рибосомалары антибиотиктерге сезімтал болып келеді.

Хлоропласт және митохондриядағы ДНК



Хлоропласттардың генетикалық аппараты құрылымы жағынан бактериялардың генетикалық аппаратына ұқсас болады.

*Промоторлар

*Терминаторлар

Сонымен қатар оның эукариоттарға ұқсастығы хлоропласттық ДНҚ-да интрондардың болуы болып табылады.

Өз генетикалық аппаратының болуымен қатар, хлоропластың өз белок синтездеуші жүйесі де бар, ол цитоплазманың ақуыз синтездеу жүйесінен ерекшеленеді.

Хлоропласт рибосомалары кішірек. Олар прокариоттарға тән 70S типіне жатады. Сонымен қатар, рибосомалық ақуыздардың жиынтығы бойынша хлоропласт рибосомалары прокариоттардан ерекшеленеді.

- Хлоропласт ақуызының синтезі, бактериялық синтез сияқты, хлорамфеникол (левомицитин) антибиотикімен басылады, бұл 80S эукариотты рибосомалардағы ақуыз синтезіне әсер етпейді.
- 80S рибосомаларында ақуыз синтезін басқа ингибитор циклогексимид тежейді, бұл бактериялар мен хлоропласттардың 70S рибосомаларында ақуыз синтезіне әсер етпейді.
- Осы екі ингибиторды кезекпен қолдану арқылы өсімдік жасушасында белгілі бір ақуыздың синтезі қай жерде жүретінін анықтауға болады - хлоропластта немесе цитоплазмада.

Хлоропласттың ядролық геномға тәуелділігі

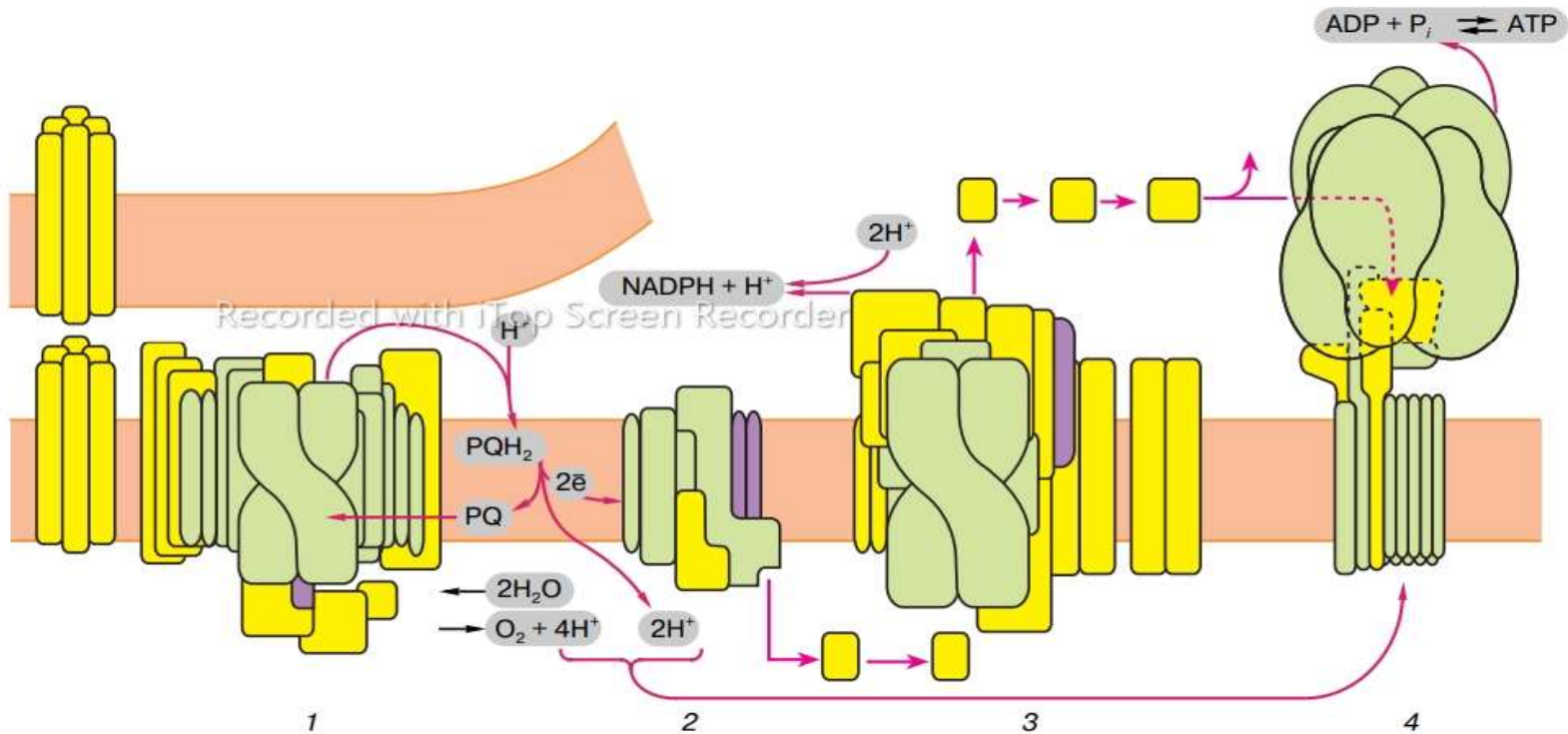
Өсімдік клеткасындағы хлоропласттар бөліну жолымен көбейеді. Хлоропласттардың көбеюінің бастамасы ДНҚ-ның екі еселенуі (редупликация) болып табылады, алайда хлоропласттар клеткада шектеусіз көбейеді.

Клеткадағы хлоропласттар саны және олардың бөлінуі ядромен бақыланады. Мысалы, хлДНҚ редупликациясын жүзеге асыратын ДНҚ-полимераза ядрода кодталады, цитоплазмада 80S рибосомада синтезделеді және содан соң хлоропластқа өтеді. Басқа да көптеген хлоропластық белоктар ядрода кодталады және цитоплазмада синтезделеді, бұл хлоропласттың ядро геномына тәуелділігін анықтайды.

Өзіндік ДНҚ, РНҚ және белок синтездейтін өзіндік аппаратқа ие және бөлінуге қабілетті хлоропласт өсімдік клеткасында “жартылай автономды” болып табылады.

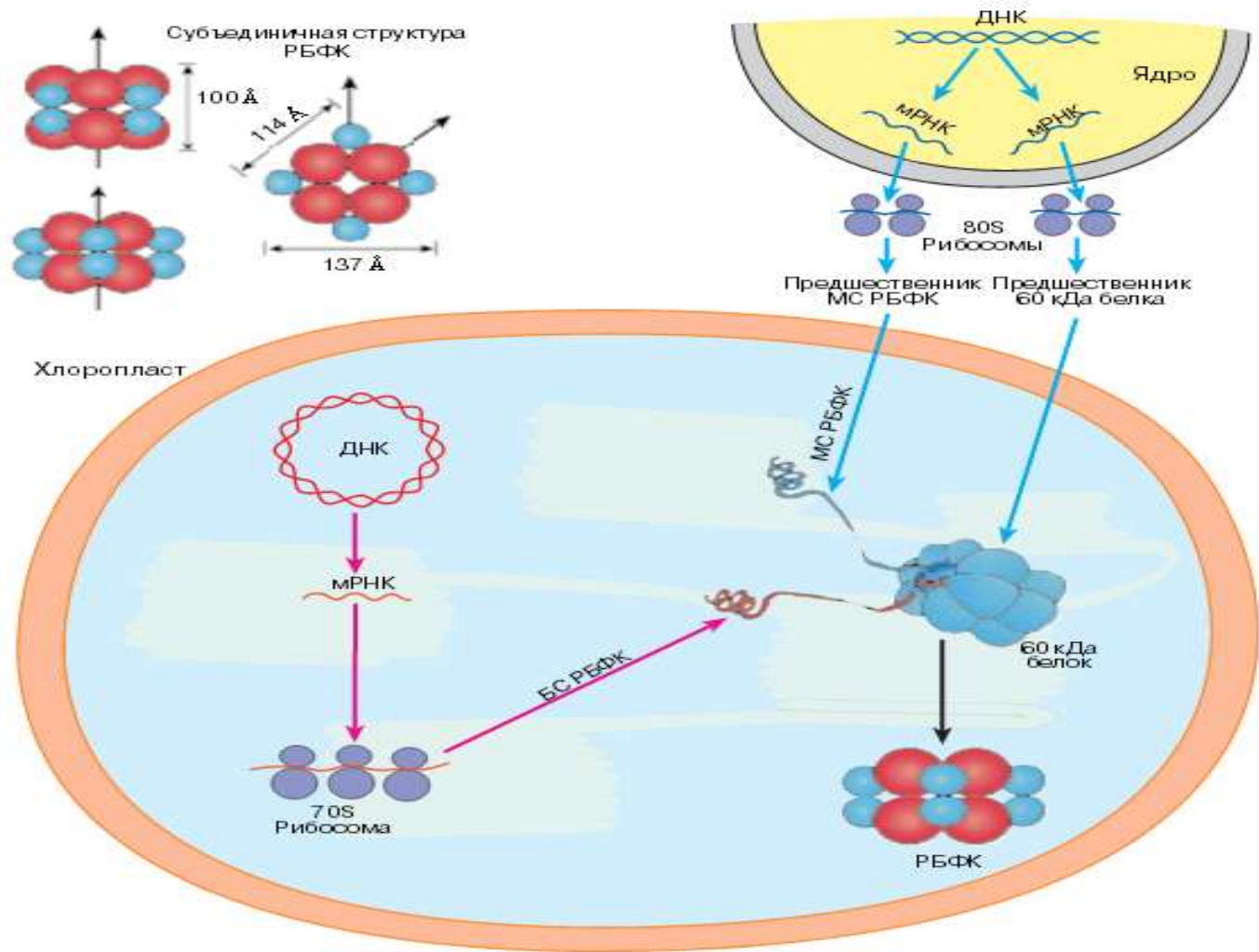
Сондықтан да оның өсуі, бөлінуі, тилакоид жүйесінің дамуы және фотосинтездің қараңғы реакциясының ферментативтік кешенінің қалыптасуына екі геном бақылау жасайды: ядро және хлоропласт.

Ядролық және хлоропласты ақуыздардан тилакоидтардың электронды тасымалдау тізбегінің негізгі кешендерінің құрылысы. Хлоропласт ДНҚ кодталған ақуыздар жасыл түспен, ядролық ДНҚда - сары түспен көрсетілген. Белгісіз кодтау ақуыздары күлгін түспен белгіленген: 1 - II фотосистема, 2 - цитохром b/f комплексі, 3 - фотожүйе I, 4 - АТФ синтаза кешені.



- Кальвин-Бенсон циклінің кілттік ферментінің (**РБФК**) екі суббірліктен (екі полипептидтен) тұратындығымен жүзеге асырылады.
- Үлкен суббірлік (54 кДа) хлоропластта кодталып, синтезделеді. Кіші суббірлік (14 кДа) ядрода кодталып, цитоплазмада бастама түрінде синтезделеді. Кейін ол хлоропластқа өтіп, сол жерде хлоропластта синтезделген үлкен суббірлікпен кездеседі.
- Осы екі полипептид 8 үлкен және 8 кіші суббірліктерден тұратын **РБФК** функциональды активті ферментінің дұрыс соңғы құрылымын құрастыруы үшін қосымша 60 кДа белок қажет. Оны **шаперон** немесе шаперонин (ағыл. chaperon) деп атайды. 60 кДа шаперон РБФК-ның екі суббірліктері тізбегінің дұрыс қалыптастыруына қамтамасыз етеді. Бұл белок ядрода кодталып, цитоплазмада синтезделеді және хлоропластқа өтеді.

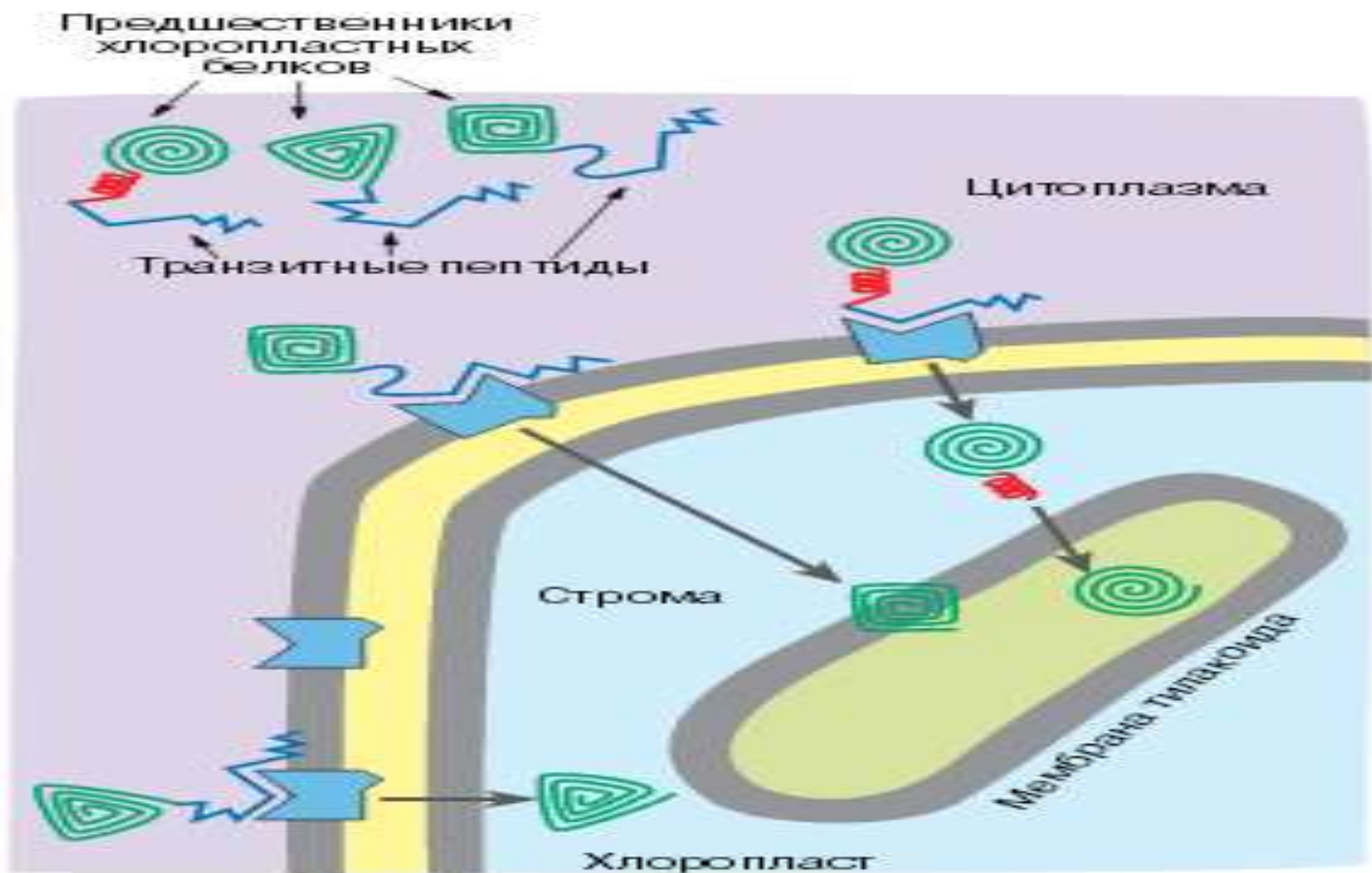
- Осылайша, ядро фотосинтезде көмірқышқыл газын бекітетін негізгі фермент болып табылатын функционалды белсенді РБФК түзілуін бақылайды. Осылайша, барлық маңызды хлоропласт құрылымдарының пайда болуы ядро мен цитоплазмаға байланысты.



Рибулозабисфосфаткарбоксилаза (РБФК) синтезінде ядро және хлоропласт геномдарының өзара әрекеттесу схемасы. БС - РБФК-ның үлкен суббірлігі, МС - РБФК-ның кіші суббірлігі, 60 кДа ақуызы - шаперон. Бөлек түрде 8 үлкен және 8 кіші бөлімнен тұратын РБФК құрылымы ұсынылған.

Ақуыздарды цитоплазмадан хлоропластқа тасымалдау өте белсенді жүреді. Онсыз хлоропластың ішкі құрылымын синтездеу мүмкін емес еді. Бұл жағдайда хлоропласт үшін цитоплазмада синтезделген кейбір ақуыздар хлоропласт мембраналарына енеді, басқалары стромаға бағытталады, ал қалғандары тилакоидты мембраналарға енеді.

Ақуыздарды цитоплазмадан хлоропластқа транзиттік пептид көмегімен тасымалдау схемасы



CpGDB : A Comprehensive Database of Chloroplast Genomes

[Bhupinder Pal Singh](#),^{1,2} [Ajay Kumar](#),³ [Harpreet Kaur](#),⁴ [Harpreet Singh](#),⁵ and [Avinash Kaur Nagpal](#)^{4,*} [Bioinformation](#). 2020; 16(2): 171–175.
PMID: [32405169](#)

<http://www.gndu.ac.in/CpGDB/index.aspx>