

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi

F.C.ƏMİROVA, M.B.HÜSEYNOV

SİTOLOGİYA

«R.N.Novruz-94» nəşriyyatı
B A K I - 1999

Rəyçilər: prof. R.Ə.Quliyev
prof. M.Ş.Babayev

Elmi redaktor: prof. N.A.Qasimov

F.C.Əmirova, M.B.Hüseynov
Sitoloqiya

Bakı, «R.N.Novruz-94» nəşriyyatı 1999. 160 səh.

«Sitologiya» dərs vəsaitinə

ANNOTASIYA

Təqdim edilən dərs vəsaiti Azərbaycan Respublikası təhsil nazirliyinin 46-22-44 07/17 sayılı əmri ilə təsdiq etdiyi bakalavr təhsil pilləsi üçün nəzərdə tutulan program əsasında tərtib edilmişdir. Dərs vəsaiti 5 fəsildən ibarət olub, I fəsil hüceyrənin öyrənilmə üsullarına, II fəsil hüceyrələrin kimyəvi və fiziki kimyəvi təşkilinə, III fəsil sitoplazma və onun komponentlərinə, IV fəsil nüvə və onun komponentlərinə, hüceyrələrin bölünmə usullarına, V fəsil isə hüceyrələrin differensiasiyasına və patalogiyasına həsr edilmişdir.

«Sitologiya» dərs vəsaiti təhsil nazirinin 21.06.99 481 sayılı əmri ilə qıf almış və ali məktəb tələbələri üçün tövsiyə edilmişdir. Həmin vəsaitdən M.Ə.Rəsulzadə adına Bakı Dövlət Universitetinin biologiya fakultəsi tələbələri, N.Nərimanov adına Tibb Universiteti tələbələri, N.Tusi adına pedagoji universiteti tələbələri tibb texnikumları tələbələri, həmçinin orta məktəb müəllimləri istifadə edə bilərlər.

Bu dərs vəsaiti azərbaycan dilində nəşr edilən ilk dərs vəsaitidir.

MÜNDƏRİCAT

Giriş	6
I. Fəsil	
Hüceyrənin öyrənilmə üsulları	9
Canlı hüceyrələrin öyrənilmə üsulları	15
II. Fəsil	
Hüceyrənin kimyəvi və fiziki-kimyəvi təşkili	23
Hüceyrənin kimyəvi tərkibi	24
Su	27
Qeyri-üzvi maddələr	28
Hüceyrənin üzvi tərkibi.	29
Karbohidratlar	38
Qarışıq polisaxaridlər	39
Yağlar	40
Nuklein turşuları	43
Hüceyrənin kolloid xüsusiyyətləri	49
III. Fəsil	
Sitoplazma	51
Sitoplazmatik membran, quruluşu, kimyəvi xüsusiyyətləri və vəzifələri	51
Hüceyrə qılafları	61
Hüceyrəarası təmas formaları	62
Plazmatik membranın ixtisaslaşmış quruluş vahidləri	65
Endoplazmatik şəbəkə	66
Ribosomlar	72
Holci kompleksi	74
Lizosomlar	78
Peroksisomlar	81
Mitoxondriylər	82
Plastidlər	86
Hüceyrə mərkəzi	89
Xüsusi orqanoidlər	91
Hüceyrədaxili törəmələr	97

IV. Fəsil	
Nüvə	104
Xromosomların ultrastrukturunu	114
İnsan xromosomları	115
Nəhəng xromosomlar	119
Hüceyrələrin bölünməsi tipləri	121
Mitozun tipləri	130
Hüceyrə populyasiyasının təsnifatı	132
Endomitoz	135
Reduksion bölünmə	138
V. Fəsil	
Hüceyrənin diferensasiyası	146
Hüceyrələrin patologiyası	150
Ədəbiyyat	159

GİRİŞ

SİTOLOGİYA VƏ ONUN PREDMETİ

Sitologiya (yunanca Kütos-hüceyrə, loqos-elm) hüceyrə haqqında elm olub, hüceyrələrin quruluşunu, onların funksiyalarını, özünütötətmə, regenerasiyasını, mühitə uyğunlaşmasını və s. xassələrini öyrənir. Sitologiya həmçinin ixtisaslaşmış hüceyrələrin xüsusiyyətlərini, onların formalaşmasını və quruluş vahidlərinin inkişafını öyrənir. Son 40-45 il ərzində sitologiya təsviri elmdən eksperimental elmə çevrilmişdir. Onun qarşısında hüceyrənin anatomiya və fiziologiyasını, onun əsas həyati funksiya və vəzifələrini, biologiyasını öyrənmək vəzifələri durur. Başqa sözlə, müasir sitologiyanı hüceyrənin fiziologiyası adlandırmaq olar.

Sitologiyanın bu istiqamət alması onun biokimya, biofizika, molekulyar biologiya, genetika və s. elmlərin nailiyyətlərindən istifadə etməsindən irəli gəlmişdir. Hüceyrə haqqında təsəvvürlərin 1665-ci ildən məlum olmasına baxmayaraq sitologiya müstəqil tədqiqat sahəsi kimi digər biologiya elmlərindən təxminən 100 il əvvəl ayrılmışdır. Belə ki, ilk dəfə böyüdücü linzaların köməyi ilə Robert Hük mantar kəsiyini müşahidə etmiş və onun arı pətəyinə bənzər «qapalı boşluqlar»-dan ibarət olması aşkar olmuşdur. Həmin «qapalı boşluqlara» R.Hük hüceyrə adı vermişdir. Bundan sonra elmdə bir-birinin ardınca bitki anatomiyasına aid tədqiqat işləri aparılmışdır. A.Malpiqi (1667), N.Qryu (1671), R.Hukun müşahidələrini təsdiq edərək göstərmişlər ki, bitkilərin müxtəlif hissələri sıx birləşmiş «qovucular», «torbacıqlar»-dan təşkil olunmuşdur. Sonradan A.Levenhuk (1680) tək hüceyrəli heyvanlar aləmini kəşf etdi və ilk dəfə heyvan hüceyrələrindən eritrositləri və spermatozoidləri mikroskop altında müşahidə etdi. Daha sonra heyvan hüceyrələrini F.Fontana (1781) təsvir etdi. Lakin bu və digər təd-

qiqatlar hüceyrə quruluşunun universallığı, onun quruluş xüsusiyyətləri haqqında tam məlumat vermirdi.

Hüceyrənin quruluşunun öyrənilməsində XIX əsrdə mikroskop texnikasının təkmilləşməsinin böyük əhəmiyyəti olmuşdur. Bu dövrdə hüceyrə haqqındakı ilkin təsəvvürlər dəyişilməyə başladı. Hüceyrə quruluşunun təşkilində onun qlafına deyil, daxili canlı kütləsinə fikir verməyə başladılar. İlk dəfə Dyü Carden, Fon Mol, Şults hüceyrənin daxili kütləsini öyrəndi. Lakin Purkinye (1830) hüceyrənin daxili, canlı maddəsini protoplazma adlandırdı.

1833-cü ildə R.Broun tərəfindən protoplazma içərisində onun daimi quruluş vahidi olan nüvə kəşf edildi. Bütün bu və digər kəşflərdən istifadə edərək 1838-cü ildə M.Şleyden bitkilərdə, 1839-cu ildə T.Şvann heyvanlarda hüceyrə nəzəriyyəsini yaratdılar. A.Şleyden və T.Şvanna görə bütün bitki və heyvan orqanizmləri hüceyrələrdən təşkil olunmuşdur. Eyni zamanda bitki və heyvan hüceyrələri oxşardılar (hüceyrələrin homologiyası).

1909-cu ildə Valdeyer göstərdi ki, T.Şvann nəinki hüceyrəni quruluşu kəşf etdi o, həmçinin tədqiqatçıları hüceyrə nəzəriyyəsini anlamağa sövq etdi.

R.Virxov 1858-ci ildə hüceyrə haqqındakı bilikləri təbabətə tətbiq etdi. Bundan sonra alimləri hüceyrələrin mənşəyi məsələləri maraqlandırır. Bir sıra alimlər eləcə də M.Şleyden və T.Şvann hüceyrələrin canlı maddədən təşəkkül etməsi haqqında fikirləri irəli sürürlər. Lakin R.Virxovun «omnis cellula a cellula» – yəni hər bir hüceyrə ancaq hüceyrədən əmələ gəlir aforizmi bu fikirləri alt-üst etdi. XIX əsrin ikinci yarısında bir tərəfdən təbiətşünaslığın müxtəlif sahələrinin (fizika, kimya və s) digər tərəfdən də mikroskop texnikasının təkmilləşməsi hüceyrələrin hərtərəfli öyrənilməsinə imkan yaratdı. 1876-cı il ildə hüceyrə mərkəzi cismi, 1894-cü ildə mitoxondrilər, 1898-ci ildə Holci kompleksi kəşf edildi. Bu kəşflər göstərdi ki, hər bir hüceyrənin həyat fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq onun sitoplazmasında çox proseslər gedir.

1890-cı ildə Valdeyer tradeskansiya bitkisinin tozcuğunun ana hüceyrəsini tədqiq edərkən hüceyrədə rənglənən, sapvari quruluşa malik vahidlərə rast gəldi ki, sonradan onlara xromosom (rənglənən cisimcik) adı verildi.

Hələ bundan xeyli əvvəl 1865-ci ildə Q.Mendel irsiyyətin əsas qanunauyğunluqlarını kəşf etmişdir. O, bu qanunları morfoloji əlamətlərin dəyişməsinə əsasən riyazi hesablamalarla aşkar etmişdir. Elm aləmində vaxtında öz qiymətini almamış bu kəşf 1900-cü ildə üç müxtəlif ölkədə hollandiyalı Q. de Friz, alman K.Korrens və avstriyalı K.Çermak tərəfindən müxtəlif bitkilər üzərində yenidən aşkar edilmişdir.

İrsiyyətin xromosom nəzəriyyəsi isə Amerika alimi T.Morqanın (1910) adı ilə bağlıdır. O öz tədqiqatları ilə belə nəticəyə gəlmiş ki, irsiyyətin daşıyıcıları olan genlər xromosomlarda yerləşir.

Sitologiyanın sərbəst bir elm sahəsi kimi mövcud olması 1884-ildə J.B.Karnuanın «hüceyrə biologiyası» monoqrafiyasının nəşri ilə əlaqədar olmuşdur. J.B.Karnua özündən əvvəlki sələflərinin hüceyrə haqqındakı fikirlərini və özünün tədqiqatlarının nəticələrini «hüceyrə biolögiyası»nda ümumiləşdirilmişdir.

XIX əsrin sonu XX əsrin əvvəllərində hüceyrə təliminin inkişafında İ.D.Çistyakov (mitoz, onun fazalarının təsviri), İ.N.Qarajankin (bitkilərin mayalanmasının sitoloji əsasları) və xüsusilə S.T.Navaşinin (örtülü toxumlu bitkilərdə ikiqat mayalanma) böyük xidməti olmuşdur.

Mişerin (1869) və Kasselin (1891) hüceyrələrdə nuklein turşularının kəşf etməsi biolokimyəvi sitologiya və sitokimya elm sahəsinin yaranmasına gətirib çıxartdı.

Zülalların, DNT-nin və digər biopolimerlərin molekulyar səviyyədə dəqiq öyrənilməsi, irsi əlamətlərin nəsle ötürülməsində kod probleminin həlli, biomembranların həyati funksiyalarının aşkar edilməsi, virusların quruluşu, reproduksiya, və s. XX əsrin ən başlıca kəşflərindəndir. Bütün bunlar biokimya, biofizika, genetika, virusologiya, molekulyar genetika, biokibernetika, bioloji riyaziyyat, bioenergetika kimi elm sahələrinin inkişaf etməsinə zəmin yaratmışdır.

I FƏSİL

HÜCEYRƏLƏRİN ÖYRƏNİLMƏ ÜSULLARI

Müasir sitologiya hüceyrələri hərtərəfli öyrənmək üçün müxtəlif tədqiqat üsullarından istifadə edir. Bu məqsədlə, müxtəlif mikroskoplardan istifadə olunur. Hüceyrələrin və onların quruluş komponentlərini öyrənmək üçün işıq, faza təzadlı, ültürabənövşəyi, polyarizasiya və eləcə də, hüceyrələrin ültürə quruluşunu öyrənmək üçün elektron mikroskopları və rentgen-quruluşu analizi üsullarından istifadə edilir.

Elektron mikroskopları ilə submikroskopik vahidlərinin öyrənilməsi hüceyrə haqqında daha dəqiq məlumatların əldə olunmasına imkan verir.

Hüceyrənin əksər quruluş komponentləri: mitoxondrilər, plastidlər, Holci kompleksi, nüvə, nüvəciklər və s. adı işıq mikroskopları ilə tədqiq edilir. Lakin hüceyrədə bir sıra quruluşlar var ki, onlar ancaq elektron mikroskopları ilə tədqiq edilə bilər. Məs: ribosomlar, membran, sinaptik qovuşqlar, miofilamentlər, xromosomların mikrofibrilləri və s.

Digər tərəfdən işıq mikroskopunda öyrənilməsi mümkün olan komponentlərin özlərinin də daha dəqiq öyrənilməsi üçün elektron mikroskopları tələb olunur.

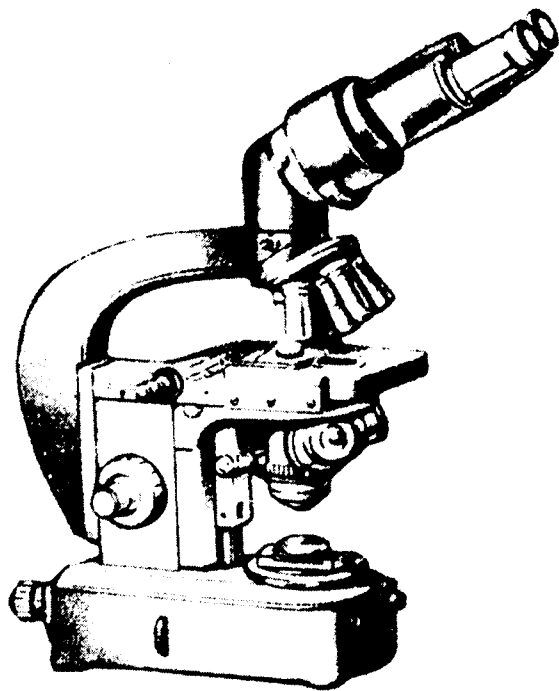
İşıq mikroskopları. Müasir işıq mikroskopları tam təkmil bir cihaz olub, hüceyrə və onun komponentlərini 2000-2500 dəfə böyüdür (şəkil 1).

Mikroskopun böyütmə imkanı işıq şüalarının görünən spektrlərindən istifadə etməklə onun linzalar və mikroskopun obyektivinin aperturasından asılı olub, aşağıdakı dustur ilə müəyyən edilir:

$$a=0,61 \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha}$$

a- mikroskopun böyütmə imkanı

λ - işıq dalğasının uzunluğu, n - işıq sındırma əmsalı, α - şüaların difraksiya bucağıdır. Məxrəcdə göstərilən $n \sin \alpha$ - göstəricisi hər bir obyektiv üçün dəyişməz rəqəm olub, apertura rəqəmi adlanır. Bu rəqəm hər bir mikroskopun üzərində qeyd olunur. Apertura rəqəmi nə qədər çox olsa mikroskopun böyütmə imkanı o qədər çoxalır. Odur ki, mikroskopdan istifadə etdikdə onun böyütmə imkanını artırmaq olar. Bunun üçün obyektivin apertura rəqəmini artırmaq və işıq dalğasının uzunluğunu qısaltmaq lazımdır.



Şəkil 1. Müasir işıq mikroskopu

Obyektivin apertura rəqəmini artırmaq üçün immersion obyektivlərindən istifadə etməklə tədqiq edilən obyektə obyektiv arasına bir damla immersiya məhlulları - su ($n=1,33$), qliserin ($n=1,45$), kədr yağı ($n=1,55$) tökülür.

Adi obyektivdən istifadə etdikdə isə obyektə obyektiv arasında hava olur ki, onun da işıq sındırma əmsalı $n=1$ -dir. Beləliklə dusturda məxrəcin qiymətini artırmaqla kəsrin qiyməti azalır, deməli mikroskopun da böyütmə imkanı artır. Işıq dalğasının uzunluğunu azaltmaqla da mikroskopun böyütmə dərəcəsini artırmaq olar. Bunun üçün isə işıq mənbəyi kimi dalğa uzunluğu qısa olan (0,290 mkm) ultrabənövşəyi şüalardan istifadə edilir. Lakin mikroskopların böyütmə imkanını müəyyən hüduda qədər artırmaq olar. Müasir mikroskoplarda görünən ən kiçik hissə dalğa uzunluğunun 1/3 hissəsi ölçüsündə olur. Bu o deməkdir ki, dalğa uzunluğu 0,400-0,750 mkm olan görünən işıqdan istifadə etməklə 0,2-0,3 mkm ölçüsündə obyekt mikroskop altında görmək mümkündür. Hazırda işıq mikroskoplarının müxtəlif (BTM-1, BTM-2, BTM-3, BTM-6 və s.) markaları mövcuddur. Bu mikroskoplarda obyekt görünən işıqla işıqlanır. Bu mikroskoplardan hüceyrənin quruluşunu, morfologiyasını öyrənmək üçün istifadə olunur. Lakin bu mikroskoplarla adətən fikse edilmiş hüceyrələr öyrənilir.

Canlı hüceyrələrin bəziləri isə belə mikroskoplarda şəffaf göründüyündən onları həmin mikroskoplarla öyrənmək çətinlik törədir. Odur ki, canlı hüceyrələri tədqiq etmək üçün fazalı-təzadlı mikroskoplardan istifadə edilir. Bunun üçün adi işıq mikroskoplarına xüsusi faza-təzadlı qurğu əlavə edilir. Şəffaf preparatın ayrı-ayrı sahələri işıq sındırma əmsalına görə bir-birindən fərqləndiyindən bu qurğunun köməyiylə həmin hissələrdən keçən işıq fazalarının yerdəyişməsi baş verir. Işıq dalğalarının fazalarının dəyişməsi müxtəlif amplitudalı işıq dəyişməsinə çevrilir. Bu da preparatın gözlə qavranıla bilən rəngdə görünməsinə səbəb olur.

İnterferensiya mikroskopları da iş prinsiplərinə görə faza təzadlı mikroskoplara oxşayır. Belə ki, işıq mənbəyindən düşən paralel işıq şüaları mikroskopa əlavə edilmiş xüsusi qurğular vasitəsilə iki şaxəyə ayrılır. Şaxələrdən biri obyektə keçir və

rəqs fazası dəyişilir, digər şaxə isə obyektədən keçmədən obyektivə düşür. Mikroskopun obyektivinin prizmasında hər iki işıq şüası birləşir və öz aralarında interferensiyaya uğrayır. Interferensiya nəticəsində qalınlığı və işıq sındırma əmsalı müxtəlif olan hüceyrə komponentləri təzadlıqına görə bir-birindən fərqlənərək rənglənir və tədqiq edilir.

Polyarizasiya mikroskopları hüceyrədə ikiqat işıqsındırma qabiliyyətinə malik anizotrop quruluşları öyrənmək üçün istifadə olunur.

Məs. Mitotik aparatın iy tellərinin, miofibrillərin quruluşunun öyrənilməsi üçün bu mikroskoplardan istifadə edilir. Belə mikroskopların kondensorunun qarşısında xüsusi qurğu-polyarlaşdırıcı yerləşdirilir ki, həmin qurğu işıq şüasını polyarizasiya müstəvisindən buraxır. Polyarizator və analizator island şüşəsindən hazırlanmış prizmadır. Əgər ikinci prizmanı-analizatoru birinciyə nisbətən 90° döndərsək işıq ondan keçməyəcək. Bu cür çaprazlaşmış prizmaların arasına ikiqat işıq sındırma qabiliyyətinə malik olan (ışığı polyarlaşdıran) obyekt qoyduqda, o qaranlıq görüş dairəsində işıqlanaraq görünəcəkdir. Polyarizasiyalı mikroskop vasitəsilə bitkilərin qılafinda mitsellərin səmtləşmiş mövqeyini aydın görmək olur.

Qaranlıq görüş dairəli mikroskoplarla tədqiqat aparmaq üçün adı bioloji mikroskoplara xüsusi kondensor əlavə edilir. Bu kondensor adı mikroskopun kondensorundan onunla fərqlənir ki, o işıq mənbəyinin ancaq ən maili şüalarını keçirir. Kənar şüalar isə maili olmadığından obyektivə düşmür. Ona görə də görüş dairəsi qaranlıq görünür. Adətən müxtəlif optik sıxlıqda olan quruluşlar ümumi qaranlıq fonda işığı müxtəlif dərəcədə səpələyir (tindal effekti). Qaranlıq görüş dairəsində müxtəlif canlı hüceyrələri öyrənmək mümkün olur.

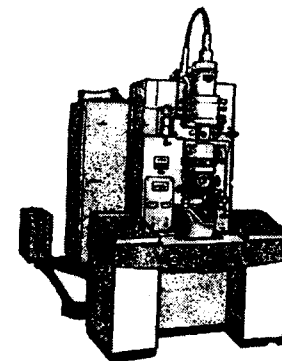
Ultrabənövşəyi işıq mikroskopları. Ultrabənövşəyi şüalar insan gözü tərəfindən qəbul edilmir. Odur ki, hüceyrələrin və onların quruluş vahidlərinin bilavasitə ultrabənövşəyi şüalarla adi mikroskopda öyrənilməsi mümkün deyil. Q.M.Brumberqin icad etdiyi ultrabənövşəyi mikroskoplar hüceyrə tərkibinə daxil olan

maddələrin əksəriyyətinin ultrabənövşəyi şüaları udaraq onun özünə xas spektrini yaratması prinsipinə əsaslanır. Bu cür mikroskop vasitəsilə istər canlı istərsə də fiksə edilmiş hüceyrələri tədqiq etmək olar. Həm də ultrabənövşəyi şüaların uzunluğu (0,290 mkm) görünən işıq şüalarından (0,400-0,700 mkm) xeyli qısa olduğundan bu mikroskopların böyütmə imkanı adi işıq mikroskoplarından qat-qat yüksəkdir. Əgər adi işıq mikroskoplarında 0,2-0,3 mkm ölçüdə hüceyrə quruluşunu tədqiq etmək mümkün olsaydı, ultrabənövşəyi işıq mikroskoplarında isə 0,11 mkm ölçüdə obyektə tədqiq etmək mümkündür.

Ultrabənövşəyi işıq mikroskopları vasitəsilə hüceyrədəki bu və ya digər maddələrin miqdarının öyrənilməsi, hüceyrələrin quruluş vahidlərinin fotosəklinin çəkilməsi də mümkündür.

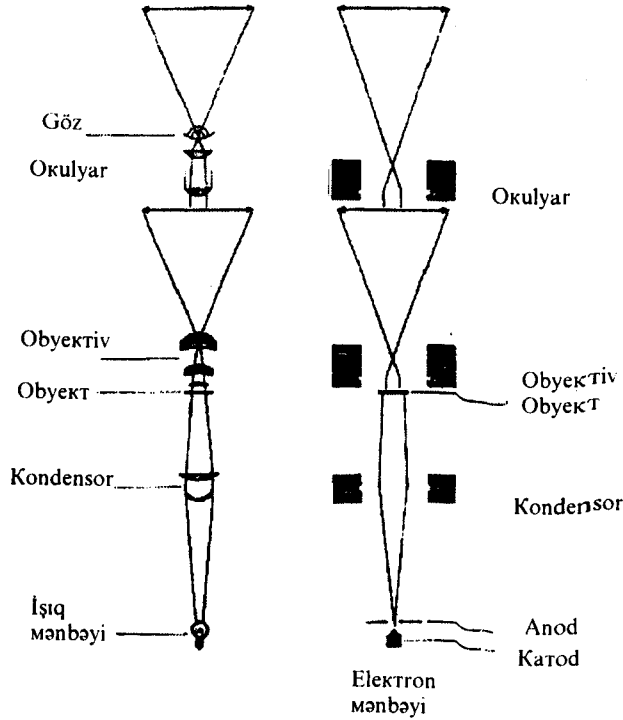
Elektron mikroskopları. Elektron mikroskoplarının (1933) icad edilməsi hüceyrə quruluşunun öyrənilməsində yeni dövr

açdı: Müasir elektron mikroskoplarında (şəkil 2) 4 Å ölçüdə hüceyrə komponentlərini tədqiq etmək mümkündür. Elektron mikroskoplarının adı mikroskoplardan əsas fərqi ondan ibarətdir ki, elektron mikroskoplarında işıq mənbəyi əvəzinə elektron selindən istifadə olunur. Optik şüşə-linzalar isə elektromaqnit sahəsi ilə əvəz edilmişdir. Elektron mikroskopunda elektron selinin hərəkət sxemi şəkil 3-də verilmişdir.



Şəkil 2. Elektron mikroskopu

Elektron mənbəyi kimi (katod) elektrik cərəyanı ilə şiddətli qızdırılmış volfram sapdan istifadə edilir. Qızdırılmış volfram sapdan çıxan elektron seli anoda doğru yönəlir. Elektronların katoddan anoda doğru hərəkəti getdikcə artan elektron potensialı hesabına yaranır.



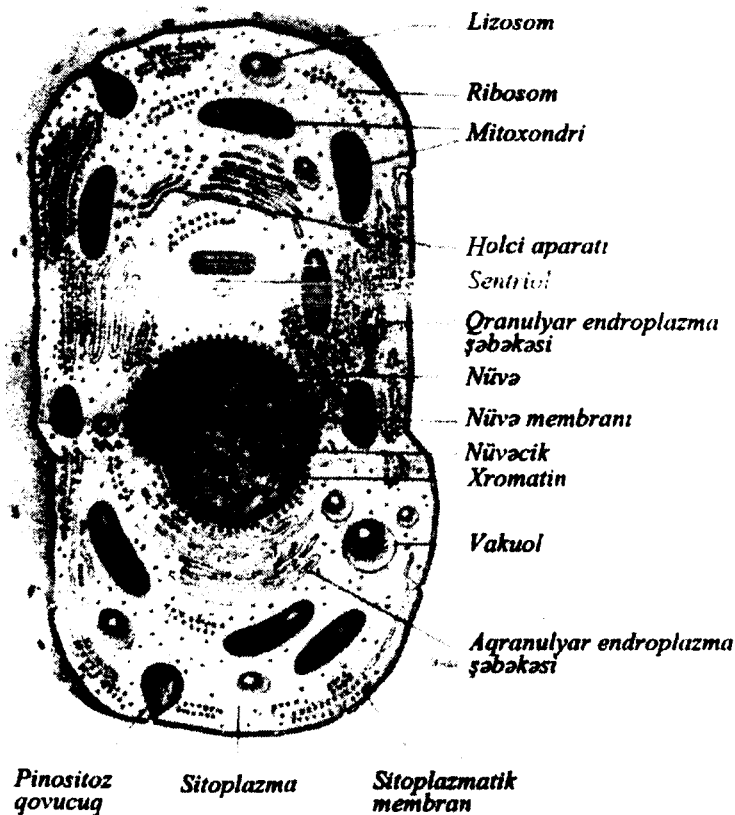
Şəkil 3. Işıq (solda) və elektron (sağda) mikroskopunda şüaların hərəkəti

Anodun mərkəzində kiçik deşik olur. Həmin deşikdən elektronlar keçir və elektron dəsti kondensor linzasını əvəz edən elektromaqnit sarğıda fokuslaşır və obyektə doğru yönəldilir. Elektron seli obyektə keçdikdən sonra ondan alınan obyektin böyüdülmüş əksi obyektivin linzasını əvəz edən ikinci elektromaqnit sarğıya düşür. Bundan sonra elektron seli okulyarı və ya proyeksiya linzasını əvəz edən 3-cü elektromaqnit sarğıya düşür. Beləliklə obyektin böyüdülmüş əksi xüsusi flüoressent ekranda

çox aydın sürətdə görünür. Elektron mikroskopunda tədqiq edilən obyektin şəklini də çəkmək mümkündür. Elektron mikroskoplarında ancaq fiksə edilmiş hüceyrə preparatları tədqiq edilir. Canlı hüceyrələrin elektron mikroskoplarında tədqiq edilməsi mümkün deyil. Bu da onunla əlaqədardır ki, elektron mikropunda elektronların hərəkəti ancaq vakum şəraitində mümkündür. Bu şəraitdə isə hüceyrə tərkibindəki suyun çıxması ilə əlaqədar olaraq onda həyati proseslər dayanır. Digər tərəfdən canlı hüceyrələr elektronların intensiv hərəkətindən də zədələnilir. Elektron mikroskoplarının icad edilməsi hüceyrə haqqındakı anlayışların çox genişlənməsinə səbəb oldu. Hüceyrə orqanizmlərin elementar, quruluş, funksiya və çoxalma vahididir. Bütün canlı orqanizmlərin quruluş vahidi olan hüceyrə bitkilərdə və heyvan orqanizmlərdə müəyyən spesifik cəhətlərinə görə fərqlənir (şəkil 5).

CANLI HÜCEYRƏLƏRİN ÖYRƏNİLMƏ ÜSULLARI

Canlı hüceyrələri işıq mikroskoplarında qısa müddət ərzində tədqiq etmək mümkündür. Hüceyrələri daha dərinədən uzun müddətdə tədqiq etmək lazım gəldikdə, onları xüsusi kameralara keçirirlər. Bu kameralar yastı, dəşikli şüşə qablar olub, üzəri qapaqla örtülür. Bəzən yığılıb açıla bilən yastı kameralardan da istifadə edilir. Tədqiq ediləcək ibtidai orqanizmlər, sərbəst yaşayan təkhüceyrəli, qan hüceyrələri və ya çoxhüceyrəli orqanizmin müəyyən toxumalarından ayrılan hüceyrələr belə kameralarda tədqiq olunur. Öyrənilən obyektədən, tədqiqatın məqsədindən asılı olaraq hüceyrələr xüsusi qidalı mühitdə saxlanılır və tədqiq olunur. Təkhüceyrəli orqanizmlər üçün belə mühit onların yaşadığı xarici mühitdəki şəraitə uyğun olan mühitdir. Bəzən laboratoriya şəraitində onların yaşayış, çoxalması üçün lazım olan təbii mühitə müvafiq şərait yaradılır. Adətən belə mühit müxtəlif duzların tarazlaşdırılmış məhlullarıdır ki, həmin məhsullara onların qidasını təşkil edən mikroorqanizmlər və digər ibtidailər daxil edilir. Qan hüceyrələri və ya digər sərbəst yaşayan hüceyrələr plazma və ya xüsusi sintetik mühitdə öyrənilir.



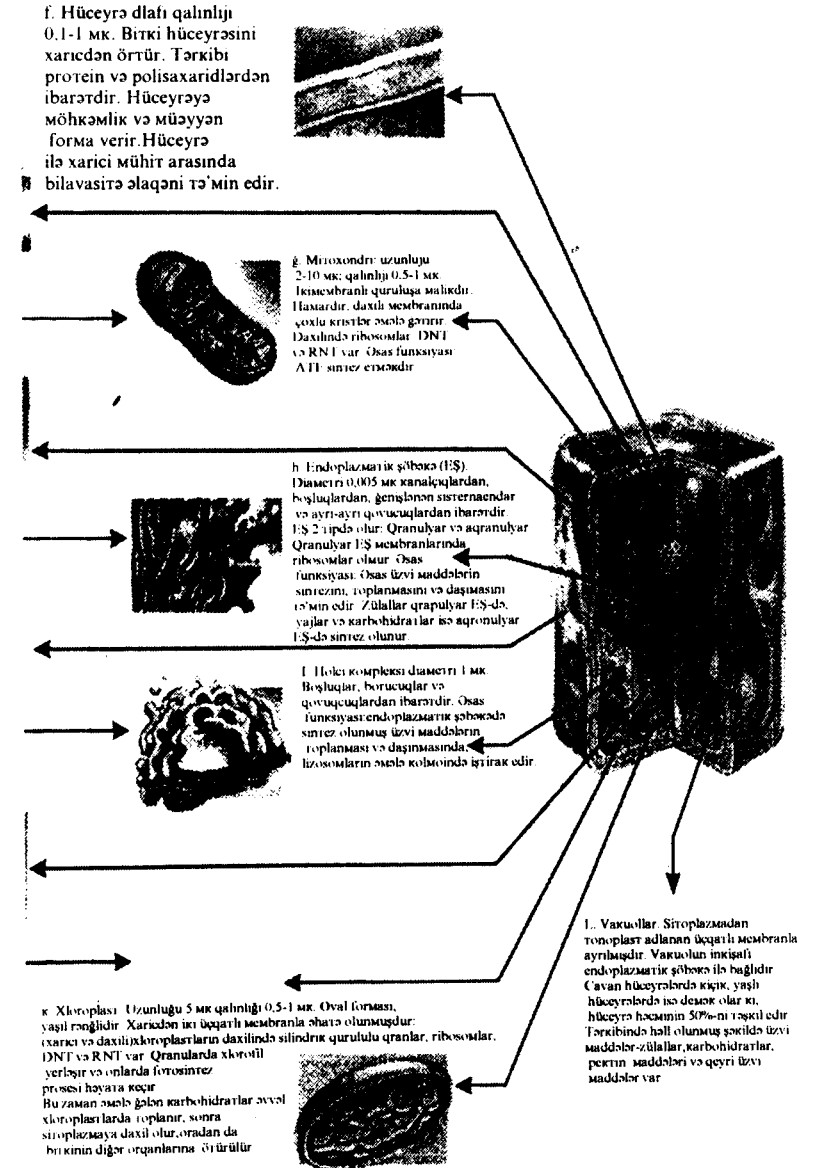
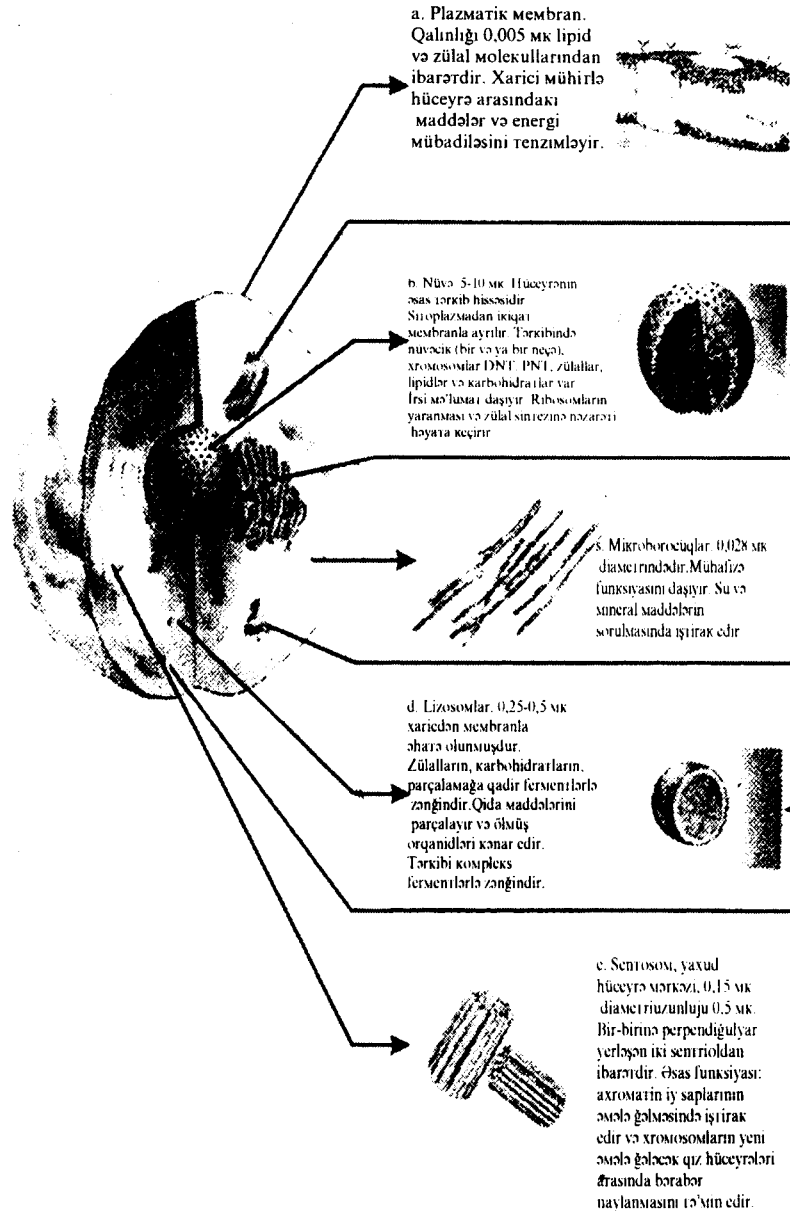
Şəkil 4. Hüceyrənin elektron mikroskopunda alınmış quruluş sxemi.

Toxuma və orqanların öyrənilməsində toxuma kulturası üsulundan istifadə edilir. Toxuma kulturası üsulunun ən sadə forması ondan ibarətdir ki, içərisində qidalı mühit olan (qan plazması ilə rüşeym ekstraktının qarışığı və ya sintetik mühitlə qan plazması qarışığı doldurulmuş) kameraya canlı toxumanın kiçik bir hissəsi keçirilir. Bir müddətdən sonra həmin toxumanın hüceyrələri bölünür və böyüyürlər. Bu metodun nisbətən dəyişdirilmiş variantı da vardır. Bu ondan ibarətdir ki, toxumadan götürülmüş kiçik hissə ehtiyatla tripsin və ya versen fermentləri

ilə işlənir. Bu zaman hüceyrələr bir-birindən ayrılır. Sonra bu ayrılmış hüceyrələr qidalı mühitlə doldurulmuş, şüşə kameraya keçirilir. Bu mühitdə hüceyrələr kameranın dibinə çökür, onun dibinə yapışır, bölünür, böyüyür, əvvəlcə koloniya əmələ gətirir, sonra isə iri hüceyrə plastı əmələ gətirirlər. Belə kameranı mikroskop altında müşahidə etmək, hüceyrələrin bölünməsi, böyüməsi, inkişafı və s. öyrənmək mümkün olur.

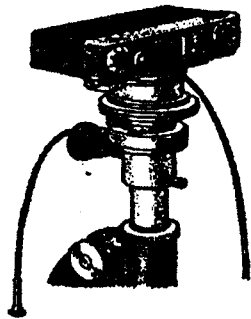
Hüceyrələrin bu cür öyrənilməsi üçün rüşeym hüceyrələrini öyrənmək daha əlverişlidir. Yaşlı orqanizmin hüceyrələri bu cür süni mühitdə orqanizmdən kənarda çox çətinliklə böyüyüb, inkişaf edirlər. Hüceyrələri bu cür toxuma kulturasında öyrəndikdə süni mühiti vaxtaşırı dəyişmək lazım gəlir. Bundan başqa orqanizmə xas olan temperatur mühitinin saxlanılmasına da riayət etmək vacibdir. İstiqanlı heyvanlar üçün 37°, soyuqqanlı heyvanlar üçün 20° temperatur mühiti yaratmaq tələb olunur. Toxuma kulturasında hüceyrələrin normal inkişafını təmin etmək üçün aseptik şərait yaratmaq mühitin sterilliyini qorumaq da vacib şərtlərdən biridir. Hazırda hüceyrələrin toxuma kulturasında saxlanılmasından təkcə sitoloji məqsədlər üçün deyil, genetik, virusoloji, biokimyəvi tədqiqatlarda da istifadə edilir. Canlı hüceyrələrdə gedən prosesləri mikroskopa geydirilmiş fotoaparat vasitəsilə şəklə çəkilib (şəkil 6), kinoaparat vasitəsilə isə onlarda gedən prosesləri çəkmək mümkün olur. Hazırda toxuma kulturasında öyrənilən hüceyrələrdə gedən prosesləri öyrənmək üçün kinolenta çəkməyin daha da çox əhəmiyyəti vardır. Belə ki, hüceyrənin bölünməsi, faqositoz, sitolazmanın hərəkəti, kirpiklərin hərəkəti və s. kimi hüceyrə həyatında böyük əhəmiyyət kəsb edən proseslər əyani olaraq kinolentində və ya maqnit lentində (video) müşahidə edilir.

Canlı hüceyrələrin öyrənilməsində mikrocərrahiyyə üsulundan da istifadə edilir. Bu üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, mikroskopa geydirilən mikromanipulyator vasitəsilə onlardan istənilən hissələr çıxarılır, hüceyrəyə müəyyən maddələr daxil edilir (mikroinyeksiya) və s. Aparılan əməliyyata mikroskopla nəzarət edilir. Mikrocərrahiyyə üsulundan istifadə etməklə nüvənin bir hüceyrədən digərinə köçürülməsi, rüşeymin inkişafı dövründə blastomerlərin ayrılması, hüceyrənin quruluş vahidlərini hüceyrədən çıxarmaq, başqa hüceyrəyə daxil etmək, hüceyrəyə müəy-



Şəkil 5. Bitki və heyvan hüceyrələrinin quruluşu

yən maddələr daxil etmək və s. işləri görmək olur. Bu zaman ayrı-ayrı hüceyrə vahidlərinin hüceyrənin fizioloji proseslərindəki rolu müəyyənləşdirilir, müəyyən maddələrin sitoplazma və nüvədə hərəkəti və s. öyrənilir.



Şəkil 6. Fotoapparat bərkidilmiş BT-6 mikroskopu.

İki nüvəcikli hüceyrədən nüvəciyin birini çıxarmaqla ikinci nüvəciyin özünü necə aparmasını öyrənmək mümkündür. Bu üsulla öyrənmişlər ki, belə halda hüceyrədən çıxarılmış nüvəciyin funksiyasını ikinci nüvəcik öz üzərinə götürür və onun da vəzifəsini yerinə yetirir.

Canlı hüceyrələri öyrənərkən onları vital rəngləyicilərlə rəngləyirlər. Bu rəngləyicilərdən turş (göy tripan, karmin) və ya qələvi (neytral qırmızı, göy metilen) təbiətli maddələri göstərmək olar. Bu maddələr 1:200000 nisbətində suda həll edilir ki, bu da həmin rəngləyicinin canlı hüceyrəyə təsirini minimum səviyyəyə çatdırır. Hüceyrələrə vital rəngləyicilərlə təsir etdikdə onlar sitoplazmada qranulalar şəklində toplanır. Hüceyrə öldükdə isə həmin rəngləyicilər sitoplazmada diffuz olaraq yayılır, sitoplazma və nüvəni də rəngləyir.

Canlı hüceyrələrin öyrənilməsində **flüoressent mikroskoplarla** flüoressent rənglənmələrin də çox böyük əhəmiyyəti vardır. Bu üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, bir çox maddələr işıq enerjisini udduqda onlar işıqlanır (flüoressensiyaya uğrayır). Məsələn, yarpaqdan ayrılmış xlorofildən işıq şüası keçdikdə qırmızı rəngdə görünür, A və B₁ vitaminləri, bakteriyaların bəzi

piqmentləri də flüoressensiya qabiliyyətinə malikdir. Bu cəhət bakteriyaları bir-birindən fərqləndirməyə imkan verir. Lakin hüceyrədəki bir çox maddələrin öz flüoressensiyası olmur. Belə maddələrə yalnız xüsusi flüoressent rəngləyiciləri ilə təsir etdikdə onlar müxtəlif rənglərə böyanırlar. Belə rəngləyicilərə flüoroxromlar deyilir. Flüoroxromlar da digər vital rəngləyicilər kimi çox zəif qatılıqda (1:10000; 1:100000) istifadə edilir. Flüoroxromların əksəriyyəti hüceyrə komponentlərinin hər birini spesifik rəngdə rəngləyir. Məsələn, narıncı akridin dezoksiribonuklein turşusunu (DNT) yaşıl rəngə, ribonuklein turşusunu isə (RNT) narıncı rəngə boyayır. Ona görə də narıncı akridinlə flüoressensiya üsulu hazırda DNT və RNT-nin hüceyrədə lokalizasiyasını müəyyən edən əsas üsullardan biri kimi istifadə edilir. Bu üsul ilə canlı hüceyrədə bu və ya digər kimyəvi maddənin miqdarını, yerləşməsini və s. öyrənmək mümkün olur.

Bundan başqa flüoroxromlar hüceyrə komponentlərinin kəskin rənglənmələrini təmin edir ki, bu da öz növbəsində hüceyrədə istənilən quruluş komponentini tapmağa onun lokalizasiyasını, təşkilini öyrənməyə imkan verir.

İşıq mənbəyi kimi göy və bənövşəyi şüaların flüoressensiyasından istifadə etmək üçün aşağı voltlu lampaya malik bioloji mikroskoplardan istifadə edilir. Bunun üçün mikroskopa flüoressensiya yaradan göy işıq süzgəci və artıq göy şüaları aradan galdıran sarı işıq süzgəci əlavə edilir.

Ultrabənövşəyi şualardan flüoressensiya mənbəyi kimi istifadə etdikdə isə xüsusi flüoressent mikroskoplarından istifadə edilir. Bu mikroskopların optiki sistemi ultrabənövşəyi şüaları buraxan kvardan düzəldilmişdir.

Mikroskoplar vasitəsilə tədqiq edilən obyektlərin şəkli mikroskopa bərkidilmiş fotoapparat vasitəsilə çəkilir. Belə fotoapparatların obyektivini çıxarılır. Mikroskopun optik sistemi fotoapparatın obyektivini əvəz edir. Beləliklə, mikroskop altında tədqiq edilən hüceyrə strukturlarının şəkli alınır. Onlardan həmişə istifadə etmək mümkün olur, digər tərəfdən mikrofotoşəkillər mikroskopik tədqiqatı nümayiş etdirən bir sənəd kimi istifadə olunur. Bundan başqa elə mikroskoplar var ki, onların özlərində fotoapparatlar var. Məsələn, BTM-6 belə mikroskoplardandır. Bu mikroskop vasitəsilə işıqda, qaranlıq görüş dairə-

sində, faza təzadlı və polyarizasion işıqda belə mikroskopik strukturların şəklini çəkmək mümkündür.

Hüceyrələrin həyat fəaliyyətinin öyrənilməsində mikrokinokameraların da böyük əhəmiyyəti vardır. Canlı hüceyrələrdə baş verən, proseslərin məsələn, hüceyrələrin bölünməsi, faqositoz, plastidlərin hərəkəti, xromosomların davranışı və s. seytrofer qurğu vasitəsilə kino lentinə çəkilir. Bu qurğu vasitəsilə canlı hüceyrələrdə gedən prosesləri sürətlə və ya yavaş-yavaş göstərmək mümkündür. Belə kinolentlər hüceyrədə gedən prosesləri daha əyani olaraq qavramağa imkan verir. Xüsusilə belə lentlərdən tədris məqsədilə istifadə etmək çox əlverişlidir.

II FƏSİL

HÜCEYRƏNİN KİMYƏVİ VƏ FİZİKİ-KİMYƏVİ TƏŞKİLİ

Hüceyrədaxili quruluş komponentlərinin dəqiq «iş bölgüsü» mövcuddur. Məsələn, mitoxondridlərdə üzvi maddələr oksidləşir və ATF (adenozintrifosfat turşusu) əmələ gəlir, ribosomlarda zülal sintez olunur, nüvədə DNT (dezoksiribonuklein turşusu) toplanır, fəaliyyət göstərir, xüsusi ferment sistemi işləyir və s. Bu reaksiyaların nəticəsində hüceyrəyə xas olan zülallar sintez edilir, həmin xassə hüceyrədən hüceyrəyə ötürülür və s. Ona görə də hüceyrə daxili vahidlərin özləri kimyəvi xüsusiyyətlər daşıyırlar. Kütləvi ədəbiyyatda hüceyrəni zavoda və ya laboratoriyaya bənzədirlər ki, burada eyni zamanda minlərlə reaksiyalar gedir. Xarici mühitdən fasiləsiz olaraq maddələr hüceyrələrə daxil olur, hüceyrədə kimyəvi dəyişikliyə uğrayır, hüceyrə tərəfindən istifadə olunur, hüceyrənin həyat fəaliyyəti proseslərində alınan məhsullar isə hüceyrə tərəfindən xarici mühitə ötürülür. Hüceyrənin bir yerində maddələr dərin kimyəvi dəyişikliyə uğrayır, parçalanır, digər yerində sadə molekulalardan mürəkkəb maddələr sintez olunur və s.

Deyilənlərdən aydın olur ki, hüceyrələrdə gedən prosesləri öyrənmək üçün, hüceyrənin kimyəvi tərkibi ilə tanış olmaq lazımdır. Adətən hüceyrənin kimyəvi tərkibinin öyrənilməsi sahəsi hüceyrənin biokimyası və ya biokimyəvi sitologiya sahəsi adlanır. Biokimyəvi sitologiya ümumi biokimyadan təşəkkül edir və onunla sıx surətdə əlaqədardır.

Biokimyanın inkişafının ilk mərhələlərində hüceyrənin kimyəvi tərkibinin öyrənilməsi üçün ya bütün orqanizm və ya da iri bir toxuma hissəsi götürülüb, kimyəvi cəhətdən analiz edilirdi. Elmin ilk inkişaf mərhələlərində bir sıra qiymətli faktlar toplanmasına baxmayaraq, sonradan mə'lum oldu ki, bu cür tədqiqat nəti-

cəsində hüceyrənin sırf kimyəvi təbiəti haqqında fikir söyləmək çətin olur. Çünki toxumada müxtəlif hüceyrələrin kimyəvi tərkibinin qarışığı analiz edilirdi. Tədricən elə üsullar işlənib hazırlandı ki, onlar hər bir hüceyrənin ayrılıqda kimyəvi təbiətini öyrənməyə imkan verdi. Bu cəhətdən insulinin kəşfi və mədəaltı vəzindən ayrılması tarixi çox maraqlıdır, hələ çoxdan məlum idi ki, mədəaltı vəzi insulin adlı hormon sintez edir. Lakin onu mədəaltı vəzindən ayırmaq cəhdləri həmişə uğursuzluqla nəticələnirdi. Buna səbəb o idi ki, insulin ekstraktı almaq üçün bütöv mədəaltı vəzi götürürdülər. Mədəaltı vəzi isə məlum olduğu kimi insulindən başqa digər zülalları, o cümlədən insulin parçalayan tripsin fermenti də sintez edir. Ona görə də təmiz insulin almaq mümkün olmurdu. Sonralar sitoloq və histoloqların birgə səyi ilə yeni doğulmuş heyvanların mədəaltı vəzində istifadə edildi. Belə ki, yeni doğulmuş heyvanların mədəaltı vəzindən hələ tripsin ifraz edən hüceyrələr fəaliyyətdə olmur. Beləliklə, şəkər xəstəliyinin müalicəsində istifadə edilən fəal insulin ayrıldı. Beləliklə biokimyəçilər toxumaların analizindən hüceyrələrin kimyəvi analizinə keçdilər. Hüceyrənin kimyəvi tərkibinin öyrənilməsi üçün yeni mikroüsullar işlənib hazırlandı. Mikroskop biokimyəçilərin əsas cihazlarından birinə çevrildi. Beləliklə, tədricən nəinki ayrı-ayrı hüceyrələrin kimyəvi tərkibi, hətta ayrı-ayrı hüceyrə komponentlərinin də kimyəvi tərkibini öyrənmək mümkün olmuşdur.

HÜCEYRƏNİN KİMYƏVİ TƏRKİBİ

Müxtəlif hüceyrələr kimyəvi cəhətdən çox oxşardırlar. Belə ki, bitki və heyvan, mikroorqanizmlərin hüceyrələri oxşar maddələrdən təşkil olmuşlar. Kimyəvi cəhətdən insan, heyvan, bakteriya və s. hüceyrələrində eyni elementlərə, maddələrə rast gəlinir. Əlbəttə miqdarca həmin maddələr müxtəlif hüceyrələrdə müxtəlif olur. Hüceyrələrin tərkibindəki maddələr 1-ci cədvəldə verilmişdir.

Hüceyrədəki kimyəvi elementlərin miqdarı (yaş çəsilərinə görə faizlə)			
Oksigen	65-75	Magnezium	0,02-0,03
Karbon	15-18	Natrium	0,02-0,03
Hidrogen	8-10	Kalsium	0,04-2,00
Azot	1,5-3	Dəmir	0,01-0,015
Kalium	0,15-0,4	Sink	0,0003
Kükürd	0,15-0,2	Mis	0,002
Fosfor	0,20-1,00	Yod	0,0001
Xlor	0,05-0,10	Flüor	0,0001

Elementlərin dövrü sistemində məlum olan 109 elementdən 60-nı hüceyrə tərkibində tapmışlar. Hüceyrədə elə bir element tapılmayıb ki, o ancaq hüceyrəyə xas olsun. Belə ki, hüceyrənin tərkibi cansız təbiətin elementlərindən təşkil olmuşdur.

Hofmeytsr hüceyrədəki molekulların miqdarını hesablamış və onun hesablamasına görə bir qara ciyər hüceyrəsində molekulların təxmini miqdarı aşağıdakı kimidir.

Zülallar	$53000 \cdot 10^6$
Yağlar	$166000 \cdot 10^6$
Kiçik molekullar	$2900000 \cdot 10^6$
Su	$225000000 \cdot 10^6$

Bu rəqəmlər göstərir ki, hüceyrədə müxtəlif molekulların miqdarı olduqca çoxdur. Lakin təkcə hüceyrədə molekulların miqdarı hüceyrənin fəaliyyəti haqqında məlumat vermir. Həmin molekulların hər birinin hüceyrədə müəyyən mövqeyi var. Onlar hüceyrədə elə qanunayğun, ardıcılıqla yerləşmişlər ki, onların idarə etdiyi proseslər də o qədər qanunauyğun, ardıcıl, biri digərini tamamlamaqla yerinə yetirilir. Bu proseslər ağlasığmaz dərəcədə sürətlə gedir. 1 saniyədə hüceyrədə milyonlarla parçalanma və sintez reaksiyaları gedir. Onların gedişni fermentlər sürətləndirilir.

Hüceyrə tərkibindəki elementləri miqdarına görə 3 qrupa bölürlər: I qrupa 4 element-oksigen, hidrogen, azot, karbon aid edilir. Bu elementlər orqanogen elementlər adlanır və bütün hüceyrə tərkibinin 98%-ni təşkil edir. II qrupa-kalium, kalsium, maqnezium, natrium, fosfor, kükürd, dəmir, xlor daxildir. Bu elementlər hüceyrə tərkibinin cəmi 1,9%-ni təşkil edir. III qrupa bütün qalan elementlər daxildir ki, onlar da 0,01% təşkil edirlər.

Hüceyrədəki kimyəvi birləşmələrin miqdarı 2-ci cədvəldə verilmişdir.

Hüceyrədəki kimyəvi birləşmələrin miqdarı (yaş çəkisinə görə faizlə)	
Su	75-85
Zülallar	10-20
Yağlar	1-5
Karbohidratlar	0,2-2,0
Nuklein turşuları	1-2
ATF və digər aşağı molekullu üzvi birləşmələr	0,1-0,5
Qeyri üzvi maddələr	1,0-1,5

Orqanizmin hüceyrələrindəki maddələr və onların həyat fəaliyyəti məhsullarında xüsusi karbonlu birləşmələr var ki, onlar ancaq üzvi aləmə-canlı orqanizmə xasdır. Bununla belə orqanizmdə elə maddələr də var ki, onlara qeyri-üzvi təbiətdə də rast gəlinir. Məsələn, su, bir çox duzların məhlulları və s.

Hüceyrələrdəki maddələr aşağıdakı kimi qruplaşdırılır:

1. Hüceyrənin qeyri-üzvi maddələri

2. Hüceyrənin üzvi maddələri

Qeyri-üzvi maddələrə su, mineral duzlar, üzvi maddələrə isə zülallar, yağlar, karbohidratlar, nuklein turşuları, ATF və s. daxildir.

SU

Miqdarına və faizinə görə hüceyrədəki bütün maddələr içərisində ən çox rast gəlməni sudur. Hesablamalar göstərmişdir ki, hüceyrədə 1 molekul zülala 40.000-50.000 su molekulu düşür. Ümumiyyətlə, hüceyrə çəkisinin 2/3 hissəsini su təşkil edir. Suyun miqdarının hüceyrədə çox olması onun həyat fəaliyyəti proseslərinin normal getməsinə təmin edən şərtlərdən biridir. Hüceyrədə suyun miqdarı nə qədər çox olarsa, maddələr mübadiləsi də o qədər şiddətli gedir. Odur ki, bütün hüceyrələrdə suyun miqdarı eyni olmur. İbtidai orqanizmlərdə hüceyrədəki suyun çox hissəsinin itməsi onlarda həyat fəaliyyətinin kəskin zəifləməsinə-anabioza səbəb olur. Belə hüceyrələrə su yenidən daxil olduqda onlar öz fəaliyyətini bərpa edir.

Suyun miqdarının azalmasına ali orqanizmlər daha həssasdırlar. İnsan və heyvanlar susuzluğa nisbətən aclığa daha dözümlü olurlar. Susuzluğa qarşı davamlılıq təkamül prosesində orqanizmlərin yaşama şəraitinə olan uyğunlaşmalardan biridir. Belə ki, orqanizmin çəkisinə bərabər miqdarda suyun orqanizmdə dəyişməsi orqanizmlərin uyğunlaşdığı xarici mühitdən asılıdır. Məsələn, amyoba - 7 gün, insan - 4 həftə, dəvə - 3 ay, tısbağa - 1 il, maldili - 29 il ərzində öz çəkisi miqdarda suyu dəyişdirir. Suyun molekul daxili quruluşunun öyrənilməsi göstərmişdir ki, su molekulunda hər iki hidrogen atomu oksigendən eyni məsafədə yerləşmişdir. Və hər bir hidrogen atomu oksigenlə güclü kovalent rabitə ilə birləşmişdir. Ümumiyyətlə su molekulu elektrik yükü cəhətdən neytral olmasına baxmayaraq, elektrik yükü molekul daxilində bərabər paylanmamışdır. Hidrogen atomu tərəfindən müsbət elektrik yükü, oksigen molekulu tərəfindən isə mənfi elektrik yükü çoxdur. Beləliklə su molekulu dipol xüsusiyyətlidir. Elə bu xüsusiyyətin nəticəsidir ki, elektrik yükü olan müxtəlif molekulları özünə çəkir, onlarla birləşir və hidratlar əmələ gətirərək həlledici rolunu oynayır. Su hüceyrə kütləsinin 75%-ni təşkil edir.

Sitoplazma tərkibindəki su sərbəst və birləşmiş halda olur. Sərbəst su mineral duzlar, amin turşuları, karbohidratlar, zülallar və digər maddələr üçün həlledici olub, dispersiya rolunu oynayır və fermentativ reaksiyaların çoxunda iştirak edir. İnsan və

heyvanların daxili mühitinin (qan plazması, limfa, toxuma mayesi) tərkibinə daxil olan sərbəst suyun sayəsində hüceyrələrə qidalı maddələr çatdırılır və parçalanma məhsulları hüceyrədən kənar edilir. Sərbəst su hüceyrədə azaldıqda maddələr mübadiləsi zəifləyir, hüceyrənin fiziki xüsusiyyətlərində dəyişiklik yaranır, hüceyrə kiçilir, elastiklik azalır və s. lakin hüceyrə ölmür, onda həyat prosesləri davam edir.

Birləşmiş su hidrotlaşmış və immobil şəkildə olur. Hidrotasion su zülal molekulları ilə, kationlar və anionlarla birləşmiş halda olur. Zülal molekullarındakı birləşmə halında olan su hidrogen rabitələrinin köməyi ilə saxlanır. Bundan başqa hidrotasion su kalloid hissəciklərinin solvat qılıfını əmələ gətirən dipolun tərkibinə daxil olur. Suyun bu forması hüceyrə daxili suyun təqribən 15 faizini təşkil edir. Onun itgisi hüceyrədə dönməyən proseslərə gətirib çıxara bilər. Buna görə də həmin suyu həyat üçün zəruri su adlandırırlar. Immobil su hüceyrədaxili suyun təqribən 30 faizini təşkil edir və zülal mitselləri, membranlar, liflər və s. arasında olur. Hüceyrəni zədələdikdə, kəsdikdə immobil su kənara axmır. Hidrotasiyalı sudan fərqli olaraq immobil su, suda həll olan maddələr üçün həlledicidir. O, 0° C-də donur.

Hüceyrədə birləşmiş suyun hətta azacıq hissəsi çıxarıldıqda biopolimerlərin quruluşu pozulur və hüceyrənin məhvinə səbəb olur.

QEYRİ-ÜZVİ MADDƏLƏR

Hüceyrə tərkibinə daxil olan elementlərdən hidrogen, oksigen, azot və karbon üzvi maddələrin-zülalların, yağların, karbohidratların, nuklein turşularının və s. tərkibinə daxil olurlar. Digər qeyri üzvi elementlərdən kükürd bir çox zülalların tərkibinə daxil olur, fosfor-nuklein turşularının, ATF-in əsas tərkib hissəsini təşkil edir.

Maqnezium-xlorofilin, **dəmir**-hemoqlobinin, **mis** bir çox oksidləşdirici fermentlərin, **yod**-tiroksinin (qalxanvari vəzin hormonu), **kobalt** - B₁₂- vitaminin və s. tərkibinə daxil olur.

Hüceyrədəki digər elementlər qeyri-üzvi duzların, bəzi üzvi maddələrin tərkibinə daxil olurlar. Hüceyrədə ən geniş yayılmış kation K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, anionlar isə HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻, Cl⁻, HCO₃⁻-dir.

Hüceyrədə və hüceyrənin xarici mühitində kation və anionların miqdarı adətən bir-birindən fərqlidir. Belə ki, K⁺-un miqdarı hüceyrədə çox Na⁺ isə az olur. Əksinə hüceyrəni əhatə edən mühitdə (qanda, dəniz suyunda) K⁺ az, Na⁺ çox olur.

Əzələ hüceyrəsində K⁺ qandakından 30 dəfə çox olur. Na⁺ isə 10 dəfə xarici mühitdəkindən az olur. K⁺ və Na⁺ ionlarının qatılığındakı fərq hüceyrə yaşadığı müddətdə həmişə saxlanır. Hüceyrə öləndən sonra K⁺ və Na⁺-un hüceyrədə və interstisial mühitdəki qatılığı bərabərləşir. Odur ki, hüceyrədə və xarici mühitdə qeyri-üzvi ionların miqdarının hüceyrənin normal həyat fəaliyyəti üçün böyük əhəmiyyəti vardır.

Hüceyrələrdə mineral duzlar adətən suda həll olmuş vəziyyətdə mövcud olurlar. Lakin bəzi hüceyrələrdə duzlar həll olmayan birləşmələr şəklində də mövcud olurlar. Məsələn, sümük toxumasının, ilbizlərin çanağının möhkəmliyinin səbəbi onların tərkibində həll olmayan kalsium fosfat duzunun olmasıdır. Əgər insan və heyvanların qidasında bitkilərin tərkibində qeyd edilən elementlər (P, K, Na, Ca, Ci, Y, Co, Mn və s) kifayət qədər olmasa sümük toxumasının yaranması prosesi pozular, nuklein turşuları, hemoqlobin, xlorofil, tiroksin və s. həyat üçün zəruri olan birləşmələrin sintezi pozular və nəticədə müxtəlif xəstəliklər baş verər, böyümə və inkişaf gecikər və s.

HÜCEYRƏNİN ÜZVİ TƏRKİBİ

Zülallar. Hüceyrə tərkibindəki suyu çıxardıqdan sonra onun quru qalığında miqdar və əhəmiyyətinə görə zülallar birinci yer tutur. Zülal hüceyrənin yaş çəkisinin 10-20 faizini, quru çəkisinin 50-80 faizini təşkil edir. Elə zülalların proteinlər (əsas, ilk) adlandırılması da onların hüceyrə həyatında birinci dərəcəli əhəmiyyətə malik olmasını göstərir.

Zülallar digər kimyəvi birləşmələrdən bir sıra fərqli xüsusiyyətlərə malikdir. Her şeydən əvvəl onlar yüksək molekulyar çəkisinə malikdir. Məsələn, yumurta zülalı albuminin molekulyar çəkisi 36000, əzələ zülalı aktomiozin isə 1500000-dir. Üzvi maddələrdən spirt, sirkə turşusu və s. ilə müqayisədə zülallar nəhəng molekullardır. Onun qurulmasında minlərlə atomlar iştirak edir.

Cədvəl 3

Bəzi zülalların molekulyar çəkisi			
Sitoxrom C	13000	γ globulin (insanda)	156000
Tripsin	24000	Katalaza	224000
Pepsin	38500	Kollagen	280000
Ovalbumin	43000	Tireqlobin (donuzda)	650000
İnsulin	47800	Timonukleohiston	2150000
Hemoglobin (insanda)	68000	Tütün mozaikası	40000000

Üzvi maddələr içərisində zülallar ən mürəkkəb maddələrdəndir. Onun strukturunun öyrənilməsi müasir kimyanın ən böyük nailiyyətlərindən hesab olunmalıdır. Zülallar polimer maddələr olub, nisbətən sadə monomerlərin çox dəfələrlə təkrar birləşməsindən təşəkkül etmişdir. İstər təbii, istərsə də süni polimerlərin əksəriyyəti eyni monomerlərin təkrarından sintez olunur. Zülal isə bu cür polimerlərdən fərqli olaraq, nisbətən oxşar olsa da bir-birindən fərqlənən amin turşuları monomerlərindən sintez olunur.

Zülalların tərkibinə daxil olan 20 amin turşusunu aşağıdakı kimi təsnif etmək olar:

1. Monoamin monokarbon turşuları:

Qlisin (qli)

Alanin (ala)

Valin (val)

Leysin (ley)

Proleysin (iley)

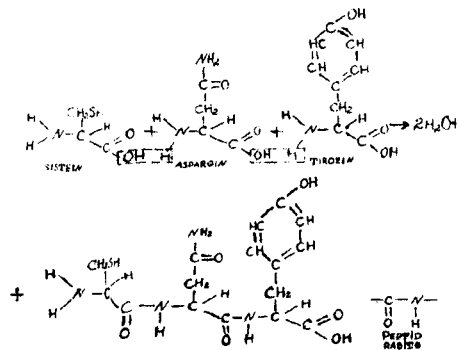
2. Monoamin - dikarbon turşuları
Qlütamin (qlü)
Asparaqin (ask)
3. Diamin - monokarbon turşuları
Arqinin (arq)
Lizin (liz)
Oksilizin (oliz)
4. Hidroksilli amin turşuları
Treonin (tre)
Serin (ser)
5. Kükürdlü amin turşuları
Sistin (sis)
Metionin (met)
6. Aromatik amin turşuları
Fenilalinin (fen)
Tirozin (tir)
7. Heterotsiklik amin turşuları
Triptofan (tri)
Prolin (pro)
Oksiprolin (opro)
Histidin (his)

Əksər zülal molekullarının tərkibinə 20 amin turşusu daxil olur. Onlardan hər birində - NH_2 (amin qrupu) və - COOH (karboksil qrupu) olan atomların eyni qruplaşması iştirak edir. Amin turşularında bu qrupların olması amin turşularının bir çox xüsusiyyətlərini, o cümlədən amfoter xüsusiyyətini müəyyənləşdirir (amin qrupu-qələvi, karboksil qrupu-turş xüsusiyyətinə malikdir).

Amin turşularının bir-birinə oxşarlığı onların hamısında amin və karboksil qrupunun olması ilə bitir. Qalan xüsusiyyətlərinə görə 20 amin turşusu bir-birindən kəskin surətdə fərqlənir. Amin turşusu molekulyarının karboksil və amin qrupundan kənarda olan hissəsi yan radikal və ya yan qrup adlanır. Amin turşularının yan radikalı çox müxtəlifdir. Burada açıq SH zənciri (leytsin, valin, alanin), benzol həlqələri (fenilalanin, tirozin), heterotsiklik rabitələr (histidin, triptofan), kükürdlü zəncirlər (sistein, metionin) və s. rast gəlinir.

Zülal molekulu yaranarkən amin turşuları onlar üçün ümumi olan radikallarla birləşir. Belə ki, bir amin turşusunun amin qrupu, digər amin turşusunun karboksil qrupu ilə birləşərək bir molekulaya ayrılır. Azad olmuş valentlər hesabına amin turşularının qalıqları birləşir. Birləşən amin turşuları arasında peptid rabitələri -NH-CO- yaranır, nəticədə əmələ gələn birləşmə peptid adlanır. İki amin turşusundan dipeptid, üç amin turşusundan tripeptid əmələ gəlir. Beləliklə, çoxlu amin turşuları birləşərək polipeptid və ya polimer əmələ gətirirlər (şəkil 7).

Zülal molekulunun spesifikliyi onu əmələ gətirən amin turşularının miqdarından, hansı ardıcılıqla birləşməsindən asılıdır. Belə ki, ayrı-ayrı zülal molekulaları öz aralarında həm amin turşularının tərkibinə görə, həm amin turşuları halqalarının sayına görə, həm də onların zəncirdəki düzülüş qaydasına görə fərqlənirlər. Əgər hər bir amin turşusunu hərflə işarə etsək, 20 hərfdən ibarət əlifba alınar. İndi 100, 200, 300 bu cür hərfdən ibarət «cümlə» düzəltsek, hər bir belə «cümlə» bir zülal molekuluna uyğun olar. Cümlədə bir və ya bir neçə hərfin yeri dəyişəndə cümlənin mənası dəyişdiyi kimi, zülal molekulunda da amin turşularının yerinin və miqdarının dəyişməsi zülal molekulunun spesifikliyinin dəyişməsinə səbəb olur. Hesablamalar göstərmişdir ki, 20 amin turşusunun iştirakı ilə əmələ gələn zülalların hərəsinin 100 amin turşusu qalığından yarandığını təsəvvür etsək, müxtəlif zülal izomerlərinin sayı 10^{130} -a bərabər olar.



Şəkil 7. Polipeptid zəncirində amin turşularının birləşməsi

Zülal strukturunu müəyyənləşdirmək üçün birinci növbədə onun hansı amin turşularından qurulduğunu bilmək lazımdır. Müasir laboratoriyalarda bu iş demək olar ki, avtomatlaşdırılmışdır. Məlum olmuşdur ki, bir çox zülalların tərkibinə 20 amin turşusunun hamısı, bəzi zülallarda 18, 19, 17 və s. amin turşusu iştirak edir. Məsələn, kozein (südənin zülalı), aktomiozin (əzələ zülalı), albumin (yumurta zülalı) tərkibində amin turşularının bütün kompleksi (20) iştirak edir. Ribonukleazada - 19, insulində - 18, salmində - 7 amin turşusu iştirak edir. Hazırda əksər zülallar üçün amin turşusu tərkibi müəyyən edilmişdir. Lakin 12 zülalda (insulin, lizosim, ribonukleaza və s.) amin turşuları tərkibi müəyyənləşməklə yanaşı, onların hansı ardıcılıqla zülal molekulunda yerləşməsi də müəyyənləşmişdir. Məsələn, lizosim zülalı molekulu 129 amin turşusu qalığından əmələ gəlmişdir. 20 amin turşusundan burada təkcə qlütamin iştirak etmir. Hər bir amin turşusu ölçüsünün $3 \text{ \AA}$ olmasını nəzərə alsaq aydın olar ki, bir neçə yüz amin turşusu halqasından ibarət olan zülal makromolekulu uzun bir zəncirdən ibarət olmalı idi. Həqiqətdə isə bu zülal molekulu qlobulalar (küreciklər) şəkilində olur. Deməli, nativ zülalda (təbii) polipeptid zəncir müəyyən bir qaydada burulmuşdur. Tədqiqatçılar göstərir ki, polipeptid zəncirin burulmasında heç bir xaos, təsadüfilik yoxdur. Hər bir zülalın müəyyən, həmişə sabit düzülmə xarakteri vardır. Zülal molekulunun mürəkkəb strukturunda bir neçə quruluş səviyyəsi ayırd edirlər.

Zülalın quruluş səviyyəsinin ilk dəfə Lindenştrem-Lanq rentgen-struktur analiz üsulundan istifadə edərək müəyyənləşdirmişdir. Zülalın **ilkin quruluş** səviyyəsi polipeptid zəncirin özüdür. Yeni öz aralarında polipeptid rabitə ilə birləşmiş amin turşuları zənciridir. Buradakı bütün rabitələr çox möhkəm kovalent rabitələrdir. Quruluşun nisbətən yüksək səviyyəsi **ikinci quruluş** səviyyəsi adlanır. Burada zülal spiral halında burulur. Spiralın burumları sıx yerləşir və qonşu burumlardakı atomlar və amin turşuları radikalları arasında cazibə qüvvəsi yaranır. O cümlədən qonşu burumlarda yerləşmiş peptid rabitələri arasında hidrogen rabitələri yaranır (NH və CO qrupları arasında). Hidrogen rabitələri kovalent rabitələrdən xeyli zəifdir. Lakin

təkrarlarla birləşdikdə möhkəm zəncir yaradır. Zülalın ikinci strukturu sonra hər bir zülal üçün sırf özünə məxsus, lakin qərribə bir şəkildə yığılır. Bunun nəticəsində zülal molekulunda mürəkkəb bir konfigurasiya alınır ki, bu da zülalın üçüncü quruluş səviyyəsidir.

Zülal molekulunun **üçüncü quruluşunu** möhkəmləndirən rabitələr hidrogen rabitələrindən də zəifdir. Onlar vandervals və hidrofob rabitələridir. Daha doğrusu polyar olmayan molekulalar və ya polyar olmayan radikallar arasında ilişmə baş verir. Yuxarıdakı göstərdiyimiz kimi su mühitində polipeptid zəncirin hidrofob radikallarında ilişmə qüvvələri əmələ gəlir. Zülalın yan qrupları içərisində xeyli hidrofob radikallar mövcuddur (leysin, valin, fenilalinin və s. amin turşuları qalığı). Bu cür qruplar bir-birini cəzb edir, birləşir və zülal strukturunun sabitliyini təmin edir. Zülalın üçüncü quruluşunun saxlanması hidrofob rabitələrdən başqa kovalent, -S-S- (es-es) rabitələrinin də böyük rolu vardır. Bu rabitələr polipeptid zəncirinin uzaq sahələri arasında baş verir. Qeyd etmək lazımdır ki, zülalın üçüncü quruluş səviyyəsi heç də onun axırncı struktur səviyyəsi deyil. Hazırda bəzi zülallar üçün onun dördüncü quruluş səviyyəsi də müəyyən edilmişdir. Zülalın **dördüncü struktur** səviyyəsində zülal molekuluna ya elə həmin zülalın digər makromolekulu və ya zülal təbiəti olmayan digər maddə birləşir. Məsələn, məlum olmuşdur ki, hemoqlobin zülalı eritrosit daxilində 4 molekula hemoqlobinin və dəmir atomunun aqreqat halında birləşməsindən əmələ gəlir. Özü də 4 molekul hemoqlobin sırf özünə məxsus tərzdə burularaq ona xas olan vəzifəni-oksigen daşıma vəzifəsini yerinə yetirir. Belə quruluş zülalın dördüncü quruluş səviyyəsi adlanır. Zülallarla nuklein turşuları kompleksi, mioqlobin və s. dördüncü quruluş səviyyəli zülallardır.

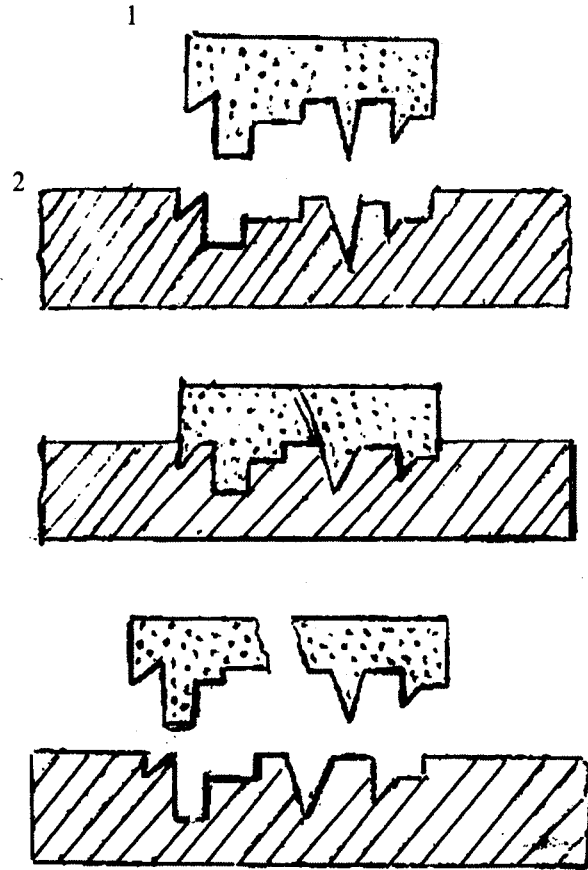
Məlum olmuşdur ki, zülalın quruluş səviyyəsi nə qədər yüksək olsa onu saxlayan rabitələr o qədər zəif olur. Odur ki, müxtəlif fiziki və kimyəvi amillərin (yüksək temperatur, kimyəvi maddələr, şüa enerjisi və s.) təsiri nəticəsində zəif rabitələr qırılır, zülalın quruluşu deformasiya edir, parçalanır və onun xassələri dəyişir. Zülalın nativ strukturun pozulması denaturasiya adlanır. Zülalların denaturatlaşması çox asan başa gəlir. Məsələn, yumurta zülalı 60°-70° C-də, əzələ zülalı aktomiozin əzələdən

ayrıldıqdan sonra 30° C-da denaturasiyaya uğrayır. Bəzi zülallar mexaniki təsirdən denaturlaşır. Bu cəhətdən hörümçəklərdə hörümçək torunu yaradan sapın əmələ gəlməsi çox maraqlıdır. Hörümçəyin xüsusi vəzilərində zülal təbiətli maddə sintez olunur. Həmin zülalı hörümçək hər hansı dayağa, substrata birləşdirir və onu azacıq dartır. Bu azacıq dartılma hərəkətindən həll olmuş zülal həll olmayan son vəziyyətinə keçir. Zülalın bu cür dəyişməsi mexaniki təsirdən onun quruluşunda əmələ gələn çox dərin dəyişikliklərin nəticəsidir. Bir çox hüceyrə daxili zülalların konfigurasiyasında baş verən dəyişikliklər hüceyrədə hormonların, maddələr mübadiləsinin digər məhsullarının təsiri altında baş verir və hüceyrənin bir sıra fizioloji proseslərinin-fermentativ fəallığının, əzələ hərəkətinin, sinir fəaliyyətinin və s. yerinə yetirilməsində böyük rol oynayır.

Canlı hüceyrədə zülalın denaturasiyası dönmə prosesidir. Lakin denaturasiyanın dönmə olması, ona təsir edən amilin gücündən də asılıdır. Məsələn, temperatur, radiasiya təsirdən yaranan denaturasiyanın dönmə olması çətinidir. Belə ki, bu zaman açılmış zülal makromolekulu daxilində əvvəl gizli qalan bir sıra kimyəvi qruplar aşkara çıxır, onlar arasında reaksiyalar gedir ki, bunlar da sonradan zülalın əvvəlki vəziyyətinə qayıtmasına mane olurlar.

Zülalların hüceyrədə rolu. Zülalların hüceyrədə çoxcəhətli və çox böyük rolu vardır. Birinci növbədə onların biokatalizator rolunu qeyd etmək lazımdır. Belə ki, hüceyrədə gedən əksər kimyəvi reaksiyaların sürəti çox zəifdir (ion reaksiyalarından başqa). Reaksiyaların sürəti reaksiyaya girən maddənin təbiətindən və onun miqdarından asılıdır (kütlələrin təsiri qanunu). Hüceyrədə isə maddələrin miqdarı məlum olduğu kimi çox azdır. Əgər hüceyrədə reaksiyaların sürəti kütlələrin təsir qanununa tabe olsa idi, onda hüceyrədəki reaksiyalar sonsuz dərəcədə yavaş getməli idi. Onda isə hüceyrə özünə xas vəzifələri yerinə yetirə bilməzdi. Lakin bu belə olmur, ona görə ki, hüceyrədəki zülal-fermentlər (enzimlər) reaksiyaların sürətini ağılasıqmaz dərəcədə sürətləndirir. Sadə bir misal: hidrogen peroksidin su və oksigenə parçalanması reaksiyasını $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ katalaza fermenti 10^{11} dəfə sürətləndirir. Eləcə də demək olar ki, hüceyrədə hər bir reaksiya öz fermenti vasitəsilə kataliz olunur. Əgər nəzərə alsaq ki, hər bir hüceyrənin özünə xas biokimyəvi reaksiyaları məcmuu

var (sinir hüceyrəsi üçün bir cür, qara ciyər hüceyrəsi üçün başqa cür, yağ toxuması hüceyrələri üçün ona xas) onda hüceyrənin bütün həyat fəaliyyəti proseslərinin həmin hüceyrədəki ferment dəsti ilə sıx əlaqəsi olmasını görmək çətinlik törətməz. Kimyəvi cəhətdən fermentlər ferment təbiəti olmayan zülallardan heç nə ilə fərqlənmirlər. Bəs nə üçün müəyyən zülallar ferment xüsusiyyəti daşıyır, digərləri isə bu xüsusiyyəti daşmır sualının cavabı hələ məlum deyil.



Şəkil 8. Fermentin fəal mərkəzi.
1- substrat, 2- fermentin səthi.

Bir sıra maddələri parçalayan fermentlərin molekul çəkisi parçaladığı maddə molekulundan və onun çəkisindən xeyli iri olur. Məsələn, Ureaza fermentinin molekul çəkisi 60000, onun parçaladığı sidik cövhərinin molekul çəkisi isə 1000 dəfə ondan azdır. Katalaza fermentinin molekul çəkisi 100.000, onun parçaladığı hidrogen peroksidinin molekul çəkisi isə 34-dür. Fermentin və onun parçaladığı maddənin ölçüsünün bu cür nisbəti belə bir fikir irəli sürməyə səbəb olur ki, ferment öz molekulunun bütün səthi ilə deyil, hər hansı kiçik bir hissəsi ilə parçalanmada iştirak edir. Fermentin həmin sahəsinə fermentin fəal mərkəzi deyilir (şəkil 8). Zülalın funksiyalarından biri onun signal funksiyasıdır. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, xarici mühit amilləri-temperatur, işıq, şüa, mexaniki və s. zülalların strukturu və xassələrində dönmə dəyişikliklər yaradırlar. Bu dəyişikliklərə müvafiq olaraq hüceyrədə hüceyrədaxili kimyəvi reaksiyalar işə düşür və onlar xarici və daxili amillərin reaksiyalarına qarşı cavab reaksiyası verirlər. Beləliklə, zülallar hüceyrədə bu cür xarici və daxili mühitdən gələn signalı qəbul edərək ona cavab göndərirlər.

Zülalların daha bir funksiyası nəqliyyat funksiyasıdır. Qan zülalı hemoqlobin oksigeni özünə birləşdirir və onu bütün toxumalara daşıyır. Zərdab zülalı albumin lipoidləri özünə birləşdirir və daşıyır.

Orqanizmə yad maddə və ya hüceyrə daxil olduqda onda antitel (əks cisim) adlanan zülal sintez edilir. Bunlar yad maddəni zərərsizləşdirir. Bu halda zülallar müdafiə funksiyasını yerinə yetirmiş olurlar. Zülalların enerji mənbəyi kimi də böyük rolu var. 1 qr. zülal parçalananda 17,6 kc/4,2 kkal/ enerji ayrılır. Bu enerji hüceyrədə ATF (adenizin trifosfor turşusunun) sintezində istifadə edilir. Sonradan isə hüceyrənin həyat fəaliyyəti proseslərinin yerinə yetirilməsində istifadə olunur.

Zülalların funksiyalarından biri də onun hərəkət funksiyasıdır. Hüceyrələrin və orqanizmlərin bütün hərəkət növləri-ali heyvanlarda əzələlərin hərəkəti, ibtidailərdə kirpik və qamçıların hərəkəti, bitkilərin hərəkət reaksiyaları (küsdüm otunda, şəh bitkisində) onlardakı zülal molekulaları ilə əlaqədardır. Bu zülallar ATF-lə təmasda olduqda onu parçalayır, özləri isə qısalırlar.

ATF-nin parçalanmasından alınan enerji mexaniki enerjiyə çevrilir və hərəkət baş verir.

Nəhayət zülalların əsas funksiyalarından biri də onların inşaat funksiyalarıdır. Belə ki, hüceyrə və onun quruluş vahidlərinin qurulmasında zülal molekulunun çox böyük rolu var. Hüceyrə membranı, hüceyrədaxili mebranlar, orqanoidlər, xromosomlar və s. tərkibində zülal var. Gözün buynuz qışası, qan damarları, qanın fibrinogeni, saçlar və s. zülal təbiətlidir.

KARBOHİDRATLAR

Karbohidratlar karbon, hidrogen və oksigen saxlayan maddələr olub, bitki və heyvan hüceyrələri üçün enerji mənbəyidirlər. Bir çox bitkilərdə onlar hüceyrə qılıfının əsas komponenti olub, bütün hüceyrə üçün qoruyucu funksiya ifa edirlər. Bitkilər günəş enerjisindən, havanın karbon qazından istifadə edərək xlorofilin iştirakı ilə çox müxtəlif karbohidratlar sintez edirlər. Heyvan hüceyrələrində karbohidratların müxtəlifliyi bitkilərə nisbətən az olur. Heyvanlarda rast gəlinən əsas karbohidratlar qlükoza, qalaktoza, qlikogen, amin şəkərləri və onların polimerləridir.

Bioloji əhəmiyyətə malik olan karbohidratlar 3 qrupa bölünür: monosaxaridlər, disaxaridlər və polisaxaridlər. Mono və disaxaridlər adətən şəkərlər adlanır və suda asan həll olurlar, kristal əmələ gətirə bilirlər və dializ edici membrandan asanlıqla keçə bilirlər. Polisaxaridlər kristal əmələ gətirmir və dializ edici membrandan keçmirlər.

Monosaxaridlər - sadə şəkərlər olub, empirik düsturu $C_n(H_2O)_n$ -dir. onların tərkibindəki karbon atomlarının miqdarından asılı olaraq, triozalar, pentozalar, heksozalar və heptozalar ayırd edilir. Pentoza riboza və dezoksiriboza nuklein turşuları molekulları tərkibinə daxil olur. Pentoza ribolaza fotosintezdə böyük rol oynayır. Heksoza-qlükoza hüceyrə üçün ilkin enerji rolunu oynayır. Digər heksozaların da özünə məxsus rolu vardır. Məsələn, qalaktoza disaxarid laktozanın tərkibinə daxil olur, fruktoza saxarozanın əsas tərkib hissəsini təşkil edir və s.

Disaxaridlər - iki monosaxaridin bir molekul su itirməklə kondensasiyasından əmələ gəlir. Empirik düsturu $C_{12}H_{22}O_{11}$ -dir. Bunlardan bitkilərdə ən çox yayılanları saxaroza və maltoza, heyvanlarda laktozadır. Saxaroza (qamış şəkəri və ya çuğundur şəkəri) bir molekul qlükoza və bir molekul fruktozadan təşkil olunmuşdur. Laktoza (süd şəkəri) qlükoza və qalaktozadan ibarətdir. Maltoza isə iki molekul qlükozadan əmələ gəlir.

Polisaxaridlər - çox böyük miqdar monosaxaridlərin (heksozaların) kondensasiyası nəticəsində müvafiq miqdar su itirməklə əmələ gəlir. Onların empirik düsturu $(C_6H_{10}O_5)_n$ -dir. Hidroliz zamanı onlardan sadə şəkərlər əmələ gəlir. Ən çox bioloji əhəmiyyət kəsb edən polisaxarid nişasta, qlikogen və sellülozadır. Nişasta və qlikogen bitki və heyvan hüceyrələrində ehtiyat qida maddəsi rolunu oynayır. Sellüloza isə hüceyrə qılıfının tərkibinə daxil olur.

Nişasta molekulası 2 uzun polimerdən: amilaza-xətti polimer, amilopektin-şaxəli polimerdən təşkil olunmuşdur. Hər iki polimer D qlükozadan əmələ gəlmişdir. Amilopektin 200-500 elementar vahiddən əmələ gələn uzun zəncirdir. Qlikogen heyvan hüceyrəsində rast gəlir, monomeri qlükoza olub, orqanizmdə enerji mənbəyidir. Demək olar ki, bütün hüceyrə və toxumalarda olur. Lakin ən çox qaraciyər hüceyrəsində və əzələ liflərində olur.

QARIŞIQ POLİSAXARİDLƏR

Heksoz monomerlərdən əmələ gələn polisaxaridlərdən başqa bir sıra daha mürəkkəb polisaxaridlər var ki, onların molekulunda amin azotu (qlükozamin), asetil turşusu qalığı (asetilqlükozamin) və s. olur. Daha mürəkkəb polisaxaridlər var ki, onların tərkibinə fosfor və sulfat turşusu qalığı da birləşmiş olur. Bütün bu polimerlər canlıların molekulyar təşkilində əsas rol oynayır. Onlar ya sərbəst halda, ya da zülallarla birləşmiş halda hüceyrədə iştirak edirlər. Onlardan ən başlıcaları aşağıdakılardır:

Neytral polisaxaridlər - tərkibində təkcə asetilqlükozamin saxlayırlar. Bunların ən əsas nümayəndəsi-xitindir. Xitin həşəratların və xərçəngkimilərin dayaq maddəsini təşkil edir.

Neytral polisaxaridlər-tərkibində qalaktoza və ramnoza olan daha mürəkkəb polisaxarid olub, bakteriyaların qılaflı tərkibinə, eləcə də qanın spesifik antigenləri tərkibinə daxil olur.

Turş polisaxaridlər - tərkibində sulfat turşusu və digər turşu qalıqları olan polisaxaridlərdir. Tərkibində turşu qalığı olduğundan bu polisaxaridlər qüvvətli bazofil xüsusiyyətinə malikdirlər (qələvi rəngləyicilərlə rənglənilirlər). Bu qrupa heparin (antikoaqülə edici maddə), asetilqalaktozamin, qlükuron turşusu saxlayan xondriotin sulfat, hialurin turşusu və s. daxildir.

Mukoproteidlər (mukoidlər) - və qlikoproteidlər asetil qlükozaminlərin və digər karbohidratların zülallarla kompleksindən yaranır. Ovalbumin və zərdab albumini də mukoproteidlərə aiddir. Mürəkkəb polisaxaridlərdən sitoloji cəhətdən ən əhəmiyyətli turş polisaxaridlərdir ki, onlardan hialuron, xondriatin sulfat və mukotinsulfat turşusu birləşdirici toxumanın tərkibində tapılmış və çox güman ki, müdafiə funksiyasını ifa edirlər. Hialuron turşusu həmçinin sinovial məhlulda, şüşəvari cisimdə və hüceyrələri birləşdirən hüceyrə arası sementləşdirici maddədə tapılmışdır ki, o hialuronidaz fermenti ilə asanlıqla hidroliz olunur. Digər polisaxaridlər kimi, hialuron turşusu da hətta aşağı temperaturda gel əmələ gətirə bilər.

YAĞLAR

Yağlar (lipidlər)- bu qrup birləşmələr onunla səciyyələnir ki, onlar suda həll olmur, lakin benzol, petroleyn efiri, xloroformda isə yaxşı həll olurlar. Yağların və onlara yaxın olan birləşmələrin bu xüsusiyyəti onunla uzah olunur ki, onların molekullarında uzun alifatik -CH zənciri və ya benzol həlqələri yəni polyar və hidrofob qrupları iştirak edir. Lipidlər öz növbəsində bir neçə qrupa bölünür: sadə lipidlər, steroidlər, mürəkkəb lipidlər.

Sadə lipidlər - yağ turşularının spirtli efirləri olub, nümayəndəsi təbii piy və mumdur. Təbii piy (qliseridlər) çox vaxt triqliseridlər adlanır. Onlar yağ turşuları və qliserinin 3 atomlu efirləridir. Onları bəzən öz növbəsində piy və yağlara ayırırlar. 20°C-də duru olanlara yağlar, bərk olanlara piylər

deyilir. Adi piylərə mal piyi, donuz piyi, insan piyini, kakao yağını, yağlara-balıq yağı, gənəgərçək yağı, günəbaxan yağı və s. göstərmək olar.

Mumun isə ərimə dərəcəsi təbii yağlara nisbətən daha yüksəkdir, mum yağ turşularının və qliserindən başqa bütün spirtlərin efirləridir. Məsələn, arı mumu.

Steroidlər - Bu lipidlərin tərkibində tsiklopentanperhidrofenantren nüvəsi olur. Onlar alifatik həlqəvi struktura olub, bir və ya bir neçə doymamış ikiqit rabitəsi və müxtəlif yan zəncirə malik olur. Orqanizm üçün xüsusi əhəmiyyəti olan bir sıra maddələr steroid təbiətlidir. Məsələn, cinsi və adrenokortikotrop hormonlar, D vitamini, öd turşularını steroidlərə misal göstərmək olar. Tərkibində OH qrupu saxlayan steroidlərə sterinlər deyilir. Onlardan ən geniş yayılanı xolestrindir. Xolestrin-xolestrinpalmitat şəklində lanolin tərkibinə (yunun piyi) daxil olur, həmçinin beyində, öddə, böyrəküstü vəzində də tapılmışdır.

Mürəkkəb lipidlər - hidroliz olunduqda spirt və efirlərdən başqa digər birləşmələr də ayrılır. Sterinlərlə birlikdə mürəkkəb lipidlər lipoidlər adlanır. Lipoidlər əsasən hüceyrə komponentlərinin, xüsusilə hüceyrə membranı tərkibinə daxil olurlar. Hüceyrədə ən çox rast gəlin lipidlərdən fosfotidləri, qlikolipidləri, karotinoidləri və s. göstərmək olar.

Fosfatidlər (fosfolipidlər) - fosfor turşularının diefirləri olub, qliserin, sfinqozin, xolin, etanol amin, serin, inozitlə birləşmələr əmələ gətirə bilər. Bu qrupa lesitinlər, kefalinlər, inozitidlər, plazmogenlər (asetilfosfatidlər) daxildir.

Qlikolipid və sfinqolipidlər onunla səciyyələnir ki, onların tərkibində qliserin amin spirti sfinqozinlə əvəz edilmişdir. Bu qrupa sinirlərin mielin qılaflı tərkibində olan sfinqomielin, tərkibində qalaktoza və ramnoza olan serobrozidlər, sulfat turşusu olan sulfatidlər və qanqliozidlər aiddir. Qanqliozidlər hüceyrə membranasında iştirak etməsinə görə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Güman edilir ki, onlar viruslarda reseptor rolunu oynayır və eyni zamanda ionların membrandan keçməsinə iştirak edirlər.

Karotinoidlər - heyvan və bitki pigmentləri olub (C₄₀H₅₆) iki alifatik həlqəyə malik zəncirdən ibarətdir. Yer kökünə karotinlər narıncı rəng verir. Heyvan orqanizmində karotinlər çox vaxt dəridə toplanır və ona tünd rəng verir. Karotinlər bitkilər alə-

mində daha geniş yayılmışdır və α , β -karotin formalaşmasında rast gəlinir. Həmin karotinlərdən xüsusilə β karotindən heyvanlar A vitamini sintez edirlər. A vitaminə çox yaxın olan birləşmə retinendir. A vitaminindən retinə keçə onunla fərqlənir ki, retinədə A vitaminində olan spirt qrupu aldehidlə əvəz olunmuşdur. Retinə zülal komponenti ilə birlikdə görməyə nə purpurunu əmələ gətirir (tor qışada).

Karotindələrə xas digər pigmentlərdən biri lycopodin (likopodin) yetişmiş pomidora qırmızı rəng verir. Karotindələrə kimyəvi cəhətdən qohum olan pigmentlərdən biri ksantofillərdir. Nümunə olaraq xloroplastlarda olur, lakin xlorofil çox güclü pigment olduğundan onun görünməsinə mane olur. Payızda bəzi havalarda soyuması ilə əlaqədar olaraq xlorofil parçalanıb, azaldıqda lyutein biruzə çıxır.

Karotinoid və porfirinlərdən (xlorofil, hemoqlobin) başqa, bioloji cəhətdən qiymətli pigmentlərdən flavinləri göstərmək olar. Onlar sarı rəng verir və sarı-tıl-yaşıl flüoresensiyaya malikdirlər. Flavidlərə südəndirildikdə laktoflavavin və riboflavin (vitamin B₂ aiddir). Onlar flavoproteidlər şəklində suksinatdehidrogenaza, alkoholdəhidrogenaza, kizantino oksidaza və amin turşularının oksidazaları kimi çox əhəmiyyətli fermentlərin tərkibinə daxil olurlar.

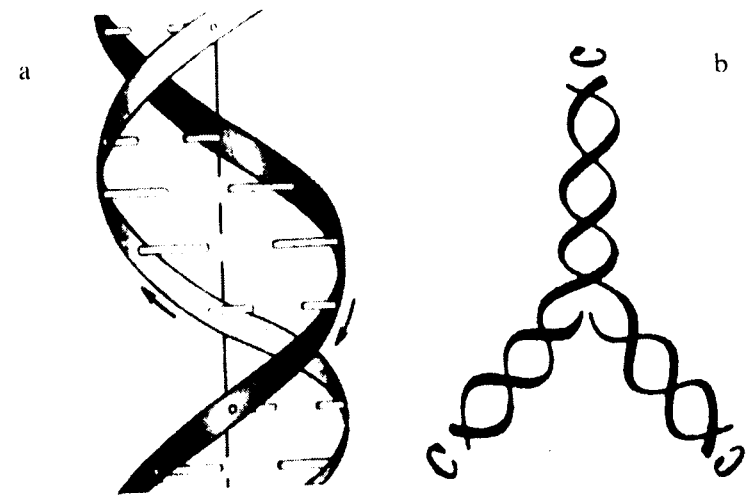
Digər yağa bənzər maddələrə ksantosianinlər, bəzi isə melaninə bənzər fenol polimerləri aiddir ki, onların da nümunələri tokoferol (vitamin E), fillokinonlar (vitamin K, ubiquinon (koferment Q) və s.-dir. Bioloji cəhətdən lipidlərin hüceyrədə rolu çox müxtəlifdir: qliseridlər enerji mənbəyidirlər, suya qayğıqda, balinalarda dəri altı piy həmçinin soyuqdan qorunmağa rolunu oynayır. Fosfolipidlər və serebrazidlər əsasən sinir toxumasında rast gəlinir və mielin qılıfı tərkibinə daxil olurlar. Steroidlərdən öd turşuları zülalların emülgatoru rolunu oynayır, qan, xolestrin epidermis və saçların mexaniki quruluşunu, steroid hormonlar maddələr mübadiləsi və çoxalmanı tənzim edir. Lipoproteinlər hüceyrə membranında, nüvədə, qan xüsusi vəzifələr yerinə yetirirlər.

NUKLEİN TURŞULARI

Hüceyrənin kimyəvi tərkibi içərisində birinci dərəcəli bioloji əhəmiyyət kəsb edən maddə nuklein turşularıdır. İlk dəfə nuklein turşuları 1869-cü ildə Mişer tərəfindən kəşf edilmişdir. Lakin o vaxt Mişərə məlum olan tək o idi ki, bu maddə turşu xüsusiyyətinə malikdir. Belə ki, o qələvi rəngləyicilərlə rənglənir. Bu turşunu Mişer nüvədə kəşf etdiyindən (nukleus latınca nüvə deməkdir) ona nuklein turşusu adı verdi.

Hazırda 2 cür nuklein turşusu məlumdur: dezoksiribonuklein (DNT) turşusu və ribonuklein turşusu (RNT). Hər bir nuklein turşusu polinukleotiddir.

İlk dəfə 1953-cü ildə Uotson və Krik DNT molekulu quruluşunun modelini vermişlər. Onlar müəyyən etmişlər ki, DNT bir-birinə sarılıb spiral əmələ gətirən iki polinukleotid zəncirindən ibarətdir (şəkil 9) DNT-nin tərkibi dezoksiriboza şəkəri, fosfor turşusu və nitrit əsaslarından ibarətdir. Nitrit əsasları 4 tiptir, iki purin əsası - adenin, qvanin və pirimidin əsası-sitozin, timin, urasil.



Şəkil 9. DNT molekulu quruluşu (a) və ikiləşməsi (b)

Bir-birinə spiral şəklində sarılmış polinukleotidlər zəncirindən ibarət olan DNT molekulunda fosfor-şəkər qalıqları iki zəncirin kənarında; purin və pirimidin əsasları isə ortalığa düşür (şəkil 9). Bu zaman həmişə adenin-timinlə, qüanin isə sitozinlə qoşa vəziyyətdə hidrogen rabitəsi vasitəsilə birləşmiş olur. Həç vaxt normada adenin-qüaninlə sitozin isə timinlə birləşə bilməz. $A=T$ iqiqat hidrogen rabitəsi $S=Q$ -lə üçqat hidrogen rabitəsi ilə birləşmiş olur. Beləliklə $Q=S$ rabitəsi, $A=T$ rabitəsinə nisbətən daha möhkəmdir. Beləliklə $A=T$, $S=Q$ rabitəsində $A=T$ -ni, $Q=S$ -ni tamamlayır. Buna komplementarlıq prinsipi və ya tamamlama prinsipi deyilir.

DNT-nin tərkibindəki müxtəlif tipli nukleotidlər öz aralarında yalnız nitrit əsasının quruluşuna görə fərqlənir. Molekulun qalan hissəsi bütün nukleotidlərdə eynidir. Buna görə də nukleotidləri onlardakı nitrit əsaslarının adına görə adlandırırlar. Nukleotidlər DNT zəncirinə birləşən zaman aralarındakı ilişmələr, fosfat turşusu və dezoksiriboza vasitəsilə olur.

Bir nukleotidin fosfat turşusundakı hidroksili və qonşu nukleotidin dezoksiribozasının hidroksili ilə birləşərək bir molekul su ayrılır və nukleotidlərin qalıqları möhkəm kovalent rabitə ilə birləşirlər. İki nukleotiddən-dinukleotid, üç nukleotiddən-trinukleotid, çox nukleotiddən-polinukleotid alınır. Beləliklə DNT-nin hər bir zənciri uzun bir polinukleotid zəncirdən ibarət olur. Hər bir DNT-də müəyyən, daimi və eyni ardıcılıqla düzülmüş nukleotidlər olur. DNT-nin qurulmasında cəmi 4 nukleotid iştirak etməsinə baxmayaraq, hər bir DNT zəncirində onların çox böyük miqdarda və müxtəlif ardıcılıqda olduğu üçün nə qədər çox sayda DNT molekulası olduğunu təsəvvür etmək çətinlik törətmir. Nukleotidlərin miqdarına və molekul çəkisinə görə dezoksiribonuklein turşuları müxtəlif olur. Elə dezoksiribonuklein turşusu var ki, orada cəmi 77 nukleotid olur, elələri də var ki, onlarda nukleotidlərin miqdarı 10 milyonlarla olur. Hesablamışlar ki, bir nukleotidin molekul çəkisi orta hesabla 345-dir. Onda 30000 nukleotiddən ibarət olan DNT-nin molekul çəkisi 10 milyona bərabər olar. 50 mln. Mol çəkisinə malik olan DNT-yə də rast gəlinir. Bir spesifik zülal molekulunun ilkin strukturu haqqında informasiya verən DNT sahəsinə gen deyilir. DNT üzərində on minlərlə gen yerləşir. Odur ki, DNT molekulunu zülal molekulundan min və on

minlərlə dəfə böyükdür. Beləliklə DNT molekulunu təbiətdə mövcud olan molekulardan ən nəhəngidir və kimyəvi cəhətdən mövcud olan maddələrin heç birinə oxşamır.

Əvvəllər belə güman edirlər ki, nuklein turşuları tərkibindəki 4 nukleotid bu turşuda ekvimolyar miqdarda iştirak edərək tetranukleotid struktur əmələ gətirir. Lakin sonrakı daha dəqiq tədqiqatlar göstərdi ki, purin və pirimidin əsaslarının nisbətləri müxtəlif DNT-lərdə müxtəlif olur. Məsələn, quşlarda vərəm törədən mikroblarda $\frac{A+T}{Q+S}=0,42$ -dirsə, insanda $\frac{A+T}{Q+S}=1,53$ -dür. Bu sa-

hədə aparılan tədqiqatlardan alınan ən qiymətli dəlillərdən biri DNT-də $(A+Q)$ purin əsaslarının cəminin $(S+T)$, pirimidin əsaslarının cəminə bərabər olmasının müəyyənlişməsidir. Molyar nisbətinə görə isə $\frac{A}{T}=\frac{S}{Q}=1$. Həmçinin müəyyən DNT moleku-

lunda A, T cütləri digərində S, Q cütləri üstünlük təşkil edə bilər.

DNT-nin reduplikasiyası. Hüceyrənin fərdi inkişafının müəyyən dövründə xüsusən hüceyrənin mitoz bölünməsində interfazanın S dövründə (fəsil IV) DNT molekulunu ikiləşir. Bu zaman DNT molekulunun iqiqat zənciri bir ucundan dezoksibonuklaeaza (dezoksipolimeraza) fermentinin iştirakı ilə açılmağa başlayır. DNT zənciri açıldıqda boş qalan hər bir zəncirə komplementarlıq prinsipi ilə tam uyğun olaraq xarici mühitdən müvafiq nukleotidlər birləşir və yeni zəncir yığılır. Belə ki, hər bir adenin qarşısında timin, qüanin qarşısında sitozin yığılır. Nəticədə bir DNT molekulunu əvəzinə tamamilə əvvəlki nukleotid tərkibinə malik iki molekul yaranır. DNT-nin yeni əmələ gəlmiş hər bir molekulunda zəncirin biri əvvəlki molekulundan götürülür, digəri isə yenidən sintez olunur. DNT-nin sintezi fermentativ prosesdir. DNT ancaq nukleotidlərin yerləşməsi ardıcılığını verir, reduplikasiya prosesini isə zülal-ferment yerinə yetirir. Fərz edilir ki, ferment elə bil DNT-nin uzun molekulunu boyunca onun bir ucundan o birinə doğru sürünür və özündən arxada iki eyni DNT molekulunu qoyur. Hüceyrədə xromosomların ikiləşməsinin əsasında DNT-nin ikiləşməsi durur. İkiləşmiş xromosomlar qız hüceyrələrə düşməklə DNT üzərindəki irsi informasiyanı da qız hüceyrələrinə paylayırlar. Elə ona görə də DNT-yə hüceyrənin irsiyyət molekulunu, irsiyyət daşıyıcısı deyilir.

DNT-hüceyrədə olan bütün kimyəvi birləşmələrdən bir də onunla fərqlənir ki, DNT-nin hüceyrədə miqdarı həmişə sabit qalır. Hüceyrədə olan molekullar içərisində DNT yeganə molekuldur ki, bütün fərdi inkişaf dövründə dəyişilmir (normada).

DNT replikasiyası DNT-nin Uotson Krik modelinə tam müvafiqdir və DNT-nin replikasiyasını bu modelə görə çox yaxşı izah etmək mümkündür. Yotson-Krik modelinin əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, bu modelə görə DNT-nin fiziki-kimyəvi və bioloji xüsusiyyətlərini, xüsusən hüceyrənin çoxalması mexanizmini izah etmək mümkün olmuşdur.

Uotson-Krik modelinin əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

1. Hər DNT molekulu iki uzun antiparallel polinukleotid zəncirindən ibarət olub, mərkəzi ox ətrafında burulmuş ikiqat spiral əmələ gətirir.

2. Hər bir nukleotid spiralın oxuna perperenkulyar səthdə yerləşir.

3. Zəncirlərdən hər biri digərilə hidrogen rabitələri ilə birləşir.

4. Nukleotidlərin birləşməsi yüksək dərəcədə spesifikdir. Belə ki, nukleotidlərin karbohidrat komponentlərinin arasındakı məsafə

11 Å-dir.

5. Zəncirlərdən birinin nukleotidlərinin ardıcılığı digər zəncirin nukleotidlərinin ardıcılığını müəyyən edir.

1-ci zəncirdə T, Q, S, T, Q, T, Q, Q, T, A-dirsə

2-ci zəncirdə A, S, Q, A, S, A, S, S, A, T-olmalıdır.

Uotson-Krik modeli DNT-nin digər xüsusiyyətlərini də müəyyənləşdirməyə imkan verir. Məsələn, DNT molekulunu qızdırmaq hidrogen rabitələrinin qırılmasına və zəncirlərin ayrılmasına səbəb olur. molekulu tədricən soyutmaqla yenidən komplementar zəncirlər birləşərək ikiqat zənciri əmələ gətirirlər. Əgər molekulu sürətlə soyutsaq komplementar zəncirləri ayrılıqda almaq mümkündür, hətta həmin zəncirlərin digər RNT zənciri ilə hibridini də almaq mümkündür.

Ribonuklein turşuları (RNT). Ribonuklein turşularının bir neçə növü vardır. Onlar molekullarındakı nukleotidlərin miqdarına, molekulun uzunluğuna, molekul çəkisinə və ifa etdikləri vəzifələrə görə bir-birindən fərqlənirlər. Lakin onlar üçün ümumi olan cəhətlərdə vardır. o da ondan ibarətdir ki, bütün ribonuklein

turşuları bir qat zəncirdən təşkil olmuşlar. RNT-lər də polimerdirlər. Onların monomerləri nukleotidlərdir. Həmin nukleotidlər DNT-dəki nukleotidlərin eynidir. Lakin bir fərq var ki, DNT molekulundakı timin əvəzinə RNT-də timinə çox yaxın birləşmə olan urasil durur. Timin urasildən bir metil qrupunun artıq olması ilə fərqlənir. Beləliklə timinə metilurasil də demək olar. DNT ilə RNT-də başqa bir fərq də var. O da ondan ibarətdir ki, DNT-də karbohidrat komponenti dezoksiriboza, RNT-də isə ribozadır. Əgər DNT-nin miqdarı həmişə hüceyrədə sabit qalırsa, RNT-nin miqdarı sabit deyil. Zülal sintez edən hüceyrələrdə RNT-nin miqdarı daha çox olur. Fərdi inkişafın müxtəlif mərhələlərində hüceyrədə RNT-nin miqdarı çoxalır, hüceyrə tərəfindən istifadə edilib azalır, yenidən sintez olunub çoxalır və s.

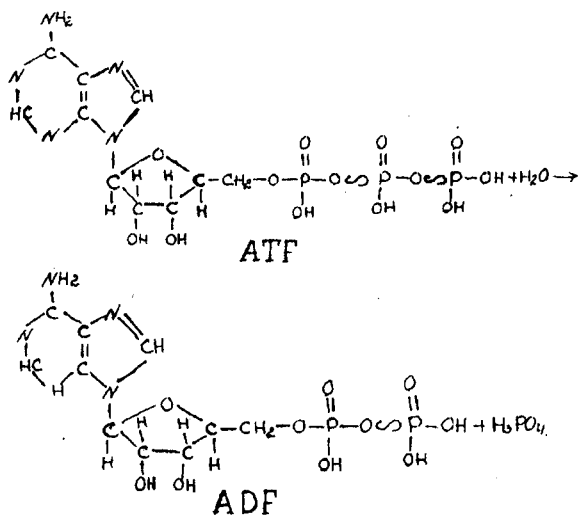
Hüceyrədəki RNT molekullarından biri nəqliyyat RNT-sidir (n-RNT). n-RNT-si molekulu ən kiçik RNT-dir. Bu RNT cəmi 80-100 nukleotiddən əmələ gələn polimer olub, molekul çəkisi 25000-30000-dür. Bu RNT-yə ancaq sitoplazmada rast gəlmək olar. Onun funksiyası amin turşularını ribosomlara-zülal sintez olan sahəyə daşımaqdan ibarətdir. Hüceyrədəki ümumi RNT-nin 10% n-RNT-si hesabına düşür.

Digər RNT-ribosom RNT-dir (r-RNT). Bu ən iri RNT molekuludur. Bu molekulun tərkibinə 3000-5000 nukleotid daxil olur. Münasib olaraq molekul çəkili 1-1,5 mln-dir. r-RNT ribosomun əsas strukturunu təşkil edir. Nüceyrədəki ümumi RNT-nin 90%-i r-RNT-nin hesabına düşür.

Üçüncü növ RNT məlumat RNT-dir (m-RNT). Bu molekulada nukleotidlərin miqdarı 300-3000-ə çatır. Molekul çəkisi 90 min - 1 mln-dir. Ümumi RNT-nin 0,5-1%-ni təşkil edir. m-RNT-si nüvədə və sitoplazmada olur. m-RNT-nin funksiyası zülalın strukturu haqqındakı məlumatı DNT-dən ribosoma-zülal sintez olunan sahəyə çatdırmaqdır.

Hüceyrənin üzvi molekullarından biri də adenizintrifosfor turşusudur (ATF). Kimyəvi təşkilinə görə ATF nukleotidə oxşayır. Hər hansı nukleotiddə olduğu kimi ATF molekulunda azot əsaslarından biri-adenin, pentoza riboza və fosfor turşusu qalığı müşahidə edilir. Lakin fosfor turşusunun pentoza birləşməsində ATF nukleotiddən kəskin fərqlənir. ATF-də fosfor turşusu 3 molekuladır. Özü də bu molekula çox labildir. Adenizintrifosfa-

taza fermentinin təsirindən ATF molekulasında fosforla oksigen arasındakı rabitə qırılır (şəkil 10) və həmin sahəyə su molekulu birləşir. ATF molekulundan bir molekula fosfor turşusu ayrıldıqda adenizindifosfor (ADF) turşusuna çevrilir, iki molekul fosfor turşusu ayrıldıqda isə o adenizin monofosfor turşusuna (AMF) çevrilir. Hər molekul fosfor turşusunun ayrılması ilə 10000 kkal enerji hasil olur. Buna görə də fosforla oksigen arasındakı rabitə adi rabitə olmayıb enerji ilə zəngin makroergik rabitə adlanır və ~ işarə edilir. ATF molekulunda enerji ilə zəngin iki belə rabitə vardır. Hüceyrədəki ekzoerqik reaksiyaların heç birində bu qədər enerji ayrılmaz. Onlardan ən effektivisi 2000-2500 kal/mol enerji verir.



Şəkil 10. ATF-in ADF-ə çevrilməsi

ATF-nin hüceyrədə rolu çox böyükdür. Hüceyrədə enerji çevrilməsində o əsas yer tutur. ATF-nin miqdarı hüceyrədə dəyişilsə də, lakin o hüceyrədə müəyyən miqdarda saxlanır. Belə ki, ATF hüceyrədə təxminən 0,02-0,05% (hüceyrənin yaş çəkisinə görə) olur. ATF parçalananda onun miqdarı hüceyrədə azalanda, hüceyrənin üzvi molekullarının parçalanmasından alınan enerji

hesabına o yenidən bərpa olunur. ATF-in sintezi, fermentativ proses olub, mitoxondrilərdə, xloroplastlarda və s. yerinə yetirilir. AFT hüceyrənin universal enerji mənbəyidir. Onun enerjisi DNT-nin replikasiyasına, zülal sintezinə, mayalanmağa, əzələ hərəkətinə, sinir fəaliyyətinə və s. proseslərə sərf edilir.

HÜCEYRƏNİN KOLLOİD XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Hüceyrədə olan zülallar, nuklein turşuları və bir sıra digər maddələr tipik kolloid maddələrdir. Kolloid kimya baxımından hüceyrə tərkibinin 15%-ni zülal təşkil edirsə o kolloid maddədir. Həqiqətən də hüceyrənin bir sıra xassə və xüsusiyyətlərini onu təşkil edən maddələrin kolloid təbiəti ilə izah etmək olar. Məsələn, məlumdur ki, kolloid maddələrin məhlulları yandan (kənar-dan) işıqlandıqda tutqun görünür. Bu hadisə Tindal effekti adlanır. Bu onunla izah olunur ki, işıq şüası kolloid hissəcini əhatə edir, bununla əlaqədar olaraq işıq şüası difraksiyaya uğrayaraq səpələnir. Tindal effekti həm sitoplazmaya, həm də karioplazmaya xas olan xüsusiyyətdir.

Zülal, nuklein turşuları, qummiarabik kimi maddələrin molekullarının ölçüsünün iri olmasına baxmayaraq, onların kolloid məhlulları sabit məhlullardır. Daha doğrusu uzun müddət saxlandıqda belə çöküntü vermirlər. Bu isə onunla əlaqədardır ki, həmin molekullar elektrik yükünə malikdirlər. Kolloidin hissəcikləri eyni adlı elektrik yükü ilə yükləndiyindən onlar bir-birini dəf edirlər. Əgər elektrik yükünü azaltsaq və ya məhlula elektrolitlər əlavə etməklə (düzlar, qələvilər; turşular) kolloid hissəciklərinin çökməsinə nail olmaq olar. Bu zaman hissəciklər bir-birinə yapışır, aqreqasiyaya uğrayır və çöküntü verirlər. Bu hadisəyə koagulyasiya hadisəsi deyilir. Koagulyasiya hadisəsinə hüceyrədə də təsadüf etmək olur. Hüceyrəyə fiziki və kiməvi amillərlə təsir etdikdə hüceyrə tutqunlaşır və çöküntü verir.

Kolloid məhlulların əksəriyyəti üçün jelatinləşmə xüsusiyyəti xasdır. Jelatinləşmə o deməkdir ki, müəyyən şəraitdə kolloid məhlul bərkiiyir, gel vəziyyətinə düşür, o isə öz növbəsində yenidən durulaşaraq zol vəziyyətinə keçir. Jelatinləşmənin tipik nümunəsi jelatin məhlulunun bərkiməsidir (elə jelatinləşmə də ora-

dan götürülmüşdür), aqar-aqar, əzələ zülalı, DNT (moleklları sapvəri olan maddələr) asan jelatinləşirlər. Jetalinləşməni belə izah etmək olar: sapvəri strukturlu kolloid maddənin molekuluna kation, anion və ya elektrik yükündən məhrum olan -CH qrupları düşdükdə əgər kolloid maddənin qatılığı çoxdursa (demək maddə hissəcikləri bir-birinə yaxın məvqe tutur), temperatura aşağıdırsa (deməli molekulların hərəkəti zəifdir) onda molekulun müxtəlif yüklü hissələri bir-birini cəzb edir, bu zaman qatı elastik bir tor alınır ki, məhlul da onun həlqələri arasında ilişir. Beləliklə yelatinləşmə baş verir. Hüceyrələr mexaniki, termiki, şüa və s. təsirlərə məruz qaldıqda sitoplazma qatılaşır, yapışqanlı olur və jelatinləşir.

Kolloid məhlullar üçün xas olan xüsusiyyətlərdən biri koaservasiya hadisəsidir. Koaservasiya hadisəsinin mahiyyəti odur ki, müəyyən şəraitdə kolloid maddə məhluldan ayrılır, lakin o bərk maddə kimi deyil məhlul formasında ayrılır. Beləliklə kolloid məhlul iki bir-birinə qarışmayan məhlul vəziyyətinə keçir. Bu hadisə koaservasiya hadisəsi adlanır. Nisbətən qatı məhlul koaservat, duru məhlul isə taraz məhlul adlanır.

Kolloid məhlullarına su, elektrik yükünü özünə çəkən maddələrlə (spirt, düzlar) təsir etdikdə koaservasiya hadisəsi baş verir.

Hüceyrənin bir sıra xassələri onun koaservasiya xüsusiyyəti ilə izah olunur. D.N.Nasanov göstərir ki, protoplazma tərkibinin 80%-i su və suda yaxşı həll olan maddələrdən təşkil olunmasına baxmayaraq, protoplazmanın su ilə qarışmamasının səbəbi-onun koaservasiya xüsusiyyətinə malik olmasıdır.

N.L.Feldman canlı hüceyrələri rənglədikdə rəngləyicinin protoplazmada qranulalar halında toplanmasını protoplazmanın koaservasiya xüsusiyyətilə əzəh edir.

A.İ.Oparin nəzəriyyəsinə görə koaservasiya hadisəsinin yer üzərində həyatın əmələ gəlməsi dövründə böyük əhəmiyyəti olmuşdur. Lakin sitoplazmanı sadəcə olaraq kolloid məhlul kimi qəbul etmək əlbəttə düzgün deyil. Sitoplazma mürəkkəb, üzvi və qeyri-üzvi maddələrin yüksək dərəcədə qanunauyğun, ardıcıl, qarşılıqda əlaqə və vəhdətindən yaranmış, metobolik proseslərin müəyyən koordinasiyasını təmin edən canlı sistemdir ki, həmin sistemdə kolloid xüsusiyyətləri vardır.

III FƏSİL

SİTOPLAZMA

Sitoplazma strukturuna görə eynicinsli olmayıb, onun içərisində müxtəlif membranlı və membransız komponentlər vardır. Membransız strukturlara mikroborular, bəzi orqanoidlər, müxtəlif mikrofilamentlər və mikrofibrillər daxildir. Sitoplazmanın membranı strukturlarını isə 2 qrupa bölmək olar:

1. Birqat membranlı;

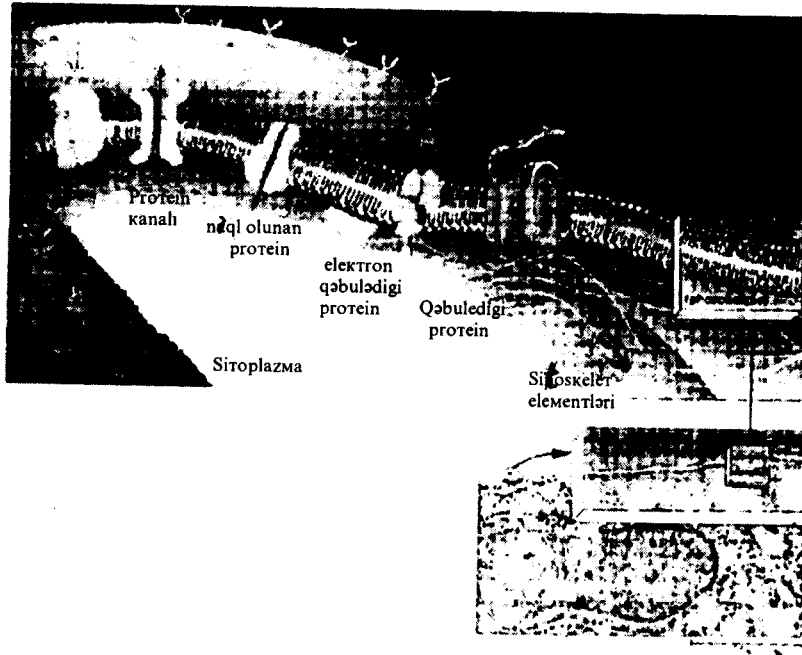
2. İkiqat membranlı strukturlar. Birqat membranlı strukturlar vakuolyar sistemdir. Ona endoplazmatik retikulum, bu retikulumdan əmələ gələn müxtəlif vakuollar, bundan başqa holci aparatı, lizosomlar daxildir. Vakuolyar membran sistemi birqat membranla sitoplazmadan ayrılır.

İkinci qrup membranlı strukturlara iki qatlı membrana malik olan orqanoidlər-mitoxondridlər, plastidlər aiddir. Bu orqanoidlərin membranları qapalı sistem əmələ gətirir, bir-birinə keçmirlər. Bu cəhətdən onlar nüvə membranından fərqlənir. Belə ki, nüvənin xarici membranı endoplazmatik şəbəkəyə keçərək sitoplazmaya çıxır. Vakuolyar sistemə morfoloji və funksional cəhətdən müxtəlif komponentlər daxil olmasına baxmayaraq onlar vahid bir sistem təşkil edirlər. Onların hər bir komponenti ayrı-ayrı vəzifələr ifa etsələr də o vəzifələr biri digərini təmamlayır.

SİTOPLAZMATİK MEMBRAN, QURULUŞU, KİMYƏVİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ VƏZİFƏLƏRİ

Hüceyrənin bütün membranlarının-sitoplazmatik membran, hüceyrədaxili komponentlərin membranları və s. hamısı üçün ümumi bir xüsusiyyəti var ki, o da onların çox nazik (6-10 nm)

lipoproteid təbiətli olmasıdır (şəkil 11). Membran hüceyrə komponentlərini, boşluqları, hüceyrənin özünü örtür və xarici mühitdən ayırır. Belə ki, sitoplazmatik membran hüceyrəni xarici mühitdən ayırmaqla, onun qapalı olmasını təmin edir. Membranın bir çox çıxıntıları olmasına baxmayaraq o qapalıdır. Hüceyrənin heç bir yerində açılmır. Hüceyrə daxilindəki qapalı membranlar şar və yastı formalı vaküollar yaradır ki, onlar da bəzən çox mürəkkəb formada ola bilərlər, bəzən də süngər və tor əmələ gətirirlər. Bu halda həmin boşluqlar membran ilə əhatə olunur. Bu halda belə membranlar siroplazmanın iki quruluş vəziyyətini yaradırlar: hioloplasma-onun homogen kimyəvi cəhətdən zəngin, fiziki və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərə malik duru hissəsi və membranla əhatə olunmuş vakuollar, çöplər, orqanoidlər və törəmələr olan paraplasma və metaplasma hissəsi.



Şəkil 11
Plazmatik membranın Mozaik modeli
(Singer və Nikolsona görə)

Mitoxondri və plastidlərin də membranları belə xüsusiyyətə malik olurlar. Onlar həmin orqanoidlərin daxili kütləsini membranlar arası sahədən və hialoplazmadan ayırırlar. Nüvə membranı da iki lövhədən ibarət olub hər lövhə öz növbəsində üç qatdan ibarətdir. Nüvə membranı da karioplazma və xromosomları perinükleol sahədən və hialoplazmadan ayırır. Membranların bu xüsusiyyətləri onların kimyəvi tərkibi və lipoproteid təbiəti ilə əlaqədardır.

Hüceyrə membranının əsas kimyəvi komponentləri lipidlər (~40%) və zülallardır (~60%), bundan başqa bəzi membranlarda karbohidratlara da təsadüf edilir. Lipidlərə üzvü maddələrin böyük bir qrupu daxildir ki, onlar suda çətin (hidrofob), üzvi həllədicilərdə isə, asan (Lipofil) həll olurlar. Bu qrup maddələr yağ turşularının spirtli efrirləridir ki, onlar sadə yağlar şəklində hüceyrədə mövcud olur. Lakin membran tərkibində mürəkkəb yağlara, steroidlərə də rast gəlinir. Mürəkkəb yağlar sadə yağlarla digər yağ təbiəti olmayan maddələrin birləşməsindən əmələ gəlir. Məs: fosfolipidlər, qlikolipidlər, lipoteidlər və s. Membranda ən çox rast gələn mürəkkəb yağlara fosfolipidlər (qliserofosfatidlər), sfinqomiyelinlərdir. Qliserofosfatidlər üç atomlu spirtlərin, qliserinin iki yağ turşusu və fosfor turşusu ilə birləşməsidir ki, fosfor turşusu da öz növbəsində müxtəlif kimyəvi qruplarla (xolin, serin, inozit, etanolamin və s) birləşir.

Məsələn, membranda tez-tez rast gələn qliserolipid-lesitin tərkibində iki yağ turşusu, qliserin, fosfor turşusu və xolin rast gəlinir. Digər membran lipidlərindən biri sfinqomiyelin, qliserin amin spirti sfinqozinlə əvəz edilmişdir. Steroidlər yağ turşularından iki doymamış rabitenin olması ilə fərqlənirlər. Membranda steroid təbiətli yağlardan ən çox rast gələnini xolestrindir. Bitki hüceyrələrində xolestrin olmur. Bitkilərdə xolestrini fitosterinlər əvəz edir. Bakteriyalarda isə sterinlər olmur.

Membran lipidlərinin xarakter xüsusiyyətlərindən biri odur ki, onların molekulu funksiyonal cəhətdən iki hissədən: elektrik yükü saxlamayan qeyri qütbüli yağ turşularından ibarət quyruq və elektrik yüklü qütblü başcıqdan ibarət olur. Qütblü başcıq hissə mənfi yüklü olur, bəzən neytral da (həm mənfi, həm də müsbət yüklü yüklənmiş) ola bilər. Qeyri qütblü quyruq hissə onların yağlarda və üzvi həll edicilərdə yaxşı həll olmasını təmin edir.

Əgər qütblü lipidləri su ilə qarışdırsaq mitsellərdən ibarət emülsiya yaranır. Bu zaman yüklənməmiş hidrofob quyruq hissə mitsellərin mərkəzində eyni cinsli faza əmələ gətirəcək, hidrofily başlıq hissə isə su fazasında toplanacaq. Xolestrin özlüyündə mitsell əmələ gətirə bilmir, lakin lipidlərin qütblü hissəsindəki mitsellərə qarışır və nəticədə qarışıq tipli mitsellər yaranır. Əksinə lipidlərə bir qədər su əlavə etsək, onda sanki mitsellər tərs üzünə çevrilir: onların hidrofob quyruq hissələri yağ fazasında, yüklü hidrofily başcıqları isə mitsellərin daxilində yerləşəcəkdir.

Hüceyrələrdəki müxtəlif membranlar bir-birindən lipidlərin miqdarına görə fərqlənirlər. Məsələn, plazmatik membranda 35-40%, mitoxondrilərdə isə 27-29% lipid olur. Tərkibində ən çox lipid olan (80%) plazmatik membran sinirlərin miyelin qlafini əmələ gətirən Şvann hüceyrələrində olur. Eyni zamanda məlum olmuşdur ki, hüceyrə membranları bir-birindən tərkibinə görə də fərqlənirlər. Məsələn heyvan hüceyrələrinin membranları xolestrinlə zəngin (~30%) olub, tərkibində lesitin azdır. Əksinə mitoxonridlərin membranı fosfolipidlərlə zəngin, xolestrini isə azdır.

Endoplazmatik şəbəkənin membranında letsin (fosfotidil xolin) 70%, plazmatik membranda isə 25-30% olur.

Ümumiyyətlə plazmatik membranda xolestrin və sfinqolipidlərin miqdarı çox və eyni zamanda fosfolipidlərinin tərkibində isə doymuş və monodoymamış yağ turşuları üstünlük təşkil edir. Mitoxondri, endoplazmatik şəbəkə və bir sıra orqanoidlərin membranında isə xolestrin, sfinqolipidlər az və polidoymamış yağ turşuları isə çox olur. Görünür elə buna görə də plazmatik membranın möhkəmliyi orqanoidlərin membranına nisbətən zəif olur.

Membranlar zülal tərkibinə görə də müxtəlif olurlar. Zülalların bir hissəsi membran lipidləri ilə başcıq hissəsi ilə ion (duz) rabitələri ilə birləşir. Digərləri isə lipidlərin qütblü hissələri (düz) Mg^{++} , Ca^{++} ionları ilə birləşir. Məlum olur ki, membran zülallarının çoxu iki hissədən: elektrik yükü ilə zəngin və qeyri qütblü amin turşularından (qlitsin, alanin, valin, leytsin) ibarət olur.

Belə zülallar membranın yağ qatında elə yerləşirlər ki, onların qütblü sahələri sanki hidrofob yağlı hissəsinin içərisinə daxil olur.

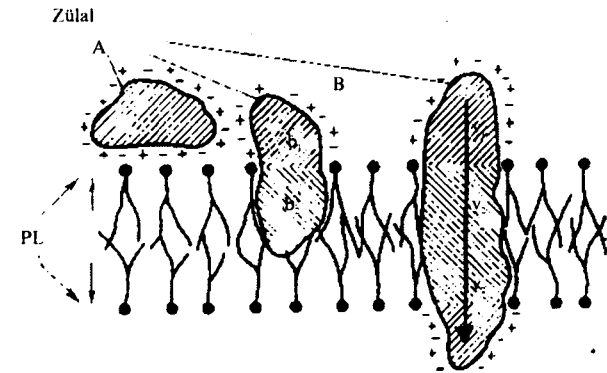
Zülalların hidrofily hissələri isə lipidlərin başcıq hissələri ilə birləşir və su fazasına doğru yönəlmiş olur (şəkil 12). Ona görə də lipidlərin hidrofob hissələri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan belə zülallar praktiki olaraq su fazasına çıxmırlar. Onları ancaq membranı zədələməklə və ya üzvü həllədicilərlə ondan ayırmaq mümkün olur.

Membran zülalları bioloji roluna görə üç qrupa bölürün:

1. Ferment zülallar
2. Reseptor zülallar
3. Quruluş zülallar

1. Membran tərkibindəki ferment zülallar miqdarca çox və müxtəlifdir. Məsələn, qara ciyər hüceyrəsinin plazmatik membranında 24 müxtəlif ferment var. Hər bir membranda özünə məxsusi ferment dəsti olur. Məsələn, plazmatik membranda K-Na asılı ATF-ə daha çox olub, ionların nəqlində iştirak edir.

Mitoxondri membranında isə elektronları daşıyan ferment zülallar və ATF sintezini təmin edən fosforlaşma, oksidləşmə-fosforlaşma reaksiyalarını yerinə yetirən ATF-sintetaza fermenti olur.



Şəkil 12. Zülalların lipid qatı ilə qarşılıqlı təsiri. A-ionlarla qarşılıqlı təsirdə olan zülal molekulu; B,V - hidrofily (b_1V_1)-hidrofob (b_2V_2) fl - zülalların lipidlərlə qarşılıqlı təsiri.

2. Reseptor zülallar bu və ya digər maddələrlə birləşmə qabiliyyətinə malik olub, sanki onları tanıyır. Bu reseptor zülallar hormonlar, viruslar, faqlar və s. üçün qonşu hüceyrələri tanımaq xüsusiyyətinə malikdirlər. Reseptor zülalların bu xüsusiyyətini təsdiq etmək üçün belə bir maraqlı təcrübə aparmışlar. İki hidranı canlı halda neytral qırmızı və narıncı rənglərlə rəngləmiş və onları ayrı-ayrı qablarda ehmalca əzərək hüceyrələrini bir-birindən ayırıb, sonra bir qabda onları qarışdırmışlar. Məlum olduğu kimi hidrada yüksək dərəcədə regenerasiya qabiliyyəti vardır. Bir müddət hidraların qarışığını sakitcə saxladıqdan sonra qırmızı rənglə rənglənən hidranın hüceyrələri regenerasiyaya uğrayaraq bütöv bir qırmızı rənglənmiş hidra, narıncı rənglənən hüceyrələrdən isə narıncı hidra yaranmışdır. Beləliklə hər hidranın hüceyrələrindəki plazmatik membranın reseptor zülalları bir-birini tanımaq vəzifəsini yerinə yetirmişlər.

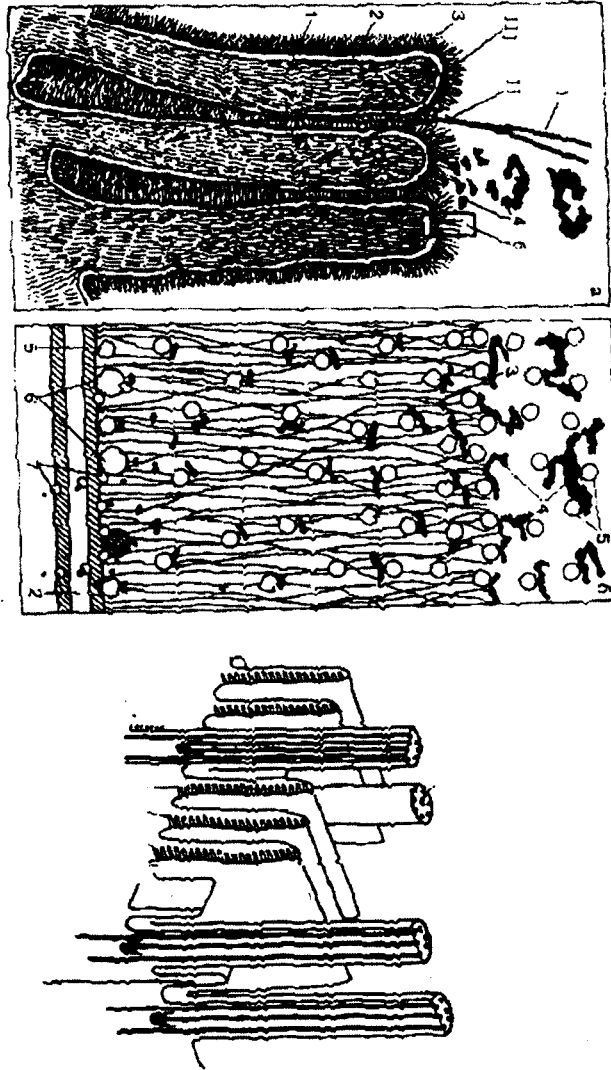
3. Membranın quruluş zülalları digər zülallara nisbətən az öyrənilmişdir. Məlumdur ki, bu zülallarda geniş hidrofob sahələr mövcuddur. Onların rolu çox güman ki, membranların stabil saxlanması təmin etməklə yanaşı, poliferment komplekslərin təşkilində iştirak etməsidir.

Beləliklə, membranların kimyəvi cəhətdən müxtəlifliyi təkcə lipidlərin deyil, zülalların da müxtəlifliyi ilə əlaqədardır. Odur ki, hüceyrə membranı üçün ümumi cəhət ondan ibarətdir ki, onların hamısı lipoproteid təbiətlidir, fərqli cəhətləri isə zülal və lipidlərin miqdarı və keyfiyyət xüsusiyyətlərinin müxtəlif olmasıdır.

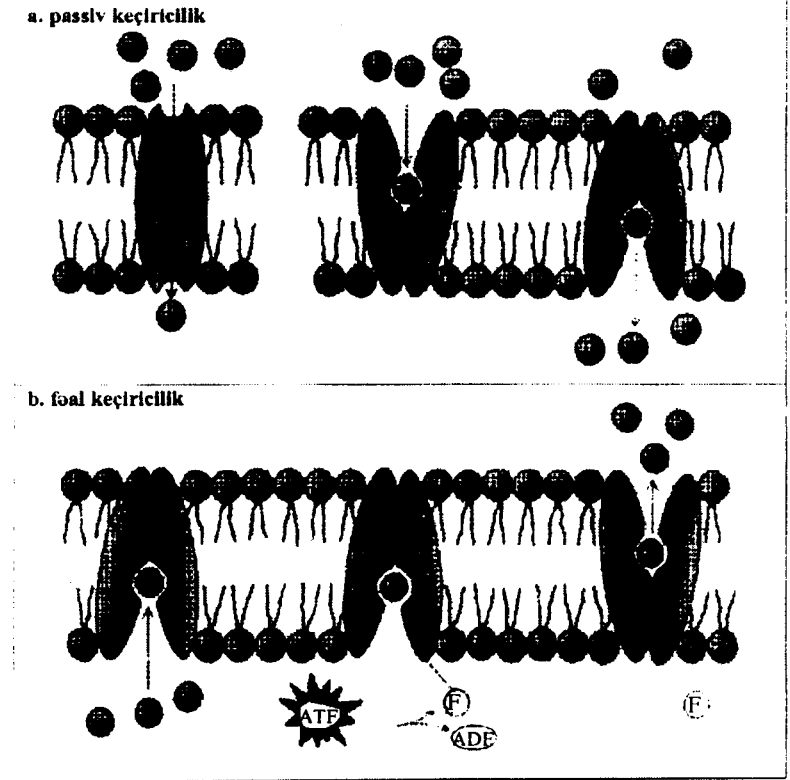
Bəzi membranlarda rast gəlin karbohidrat komponentləri isə membranda qlikoprotein kompleksinin olmasıdır ki, onlarda zülallarla karbohidratların kovalent rabitələrlə birləşməsindən yaranır. Hüceyrə membranının quruluşuna gəlincə isə o, üç qatlı lipoproteid təbiətli «sendviç» (zülal-lipid-zülal) xüsusiyyətlidir. Elektron mikroskopik tədqiqatlar membranın bu xüsusiyyətini isbat edən dəyərli məlumatlar vermişdir. Elektron mikroskopu vasitəsilə sinirlərin miyelin qlafının ultra quruluşunun öyrənilməsi göstərdi ki, həqiqətən də membran 2,5 nm qalınlığında iki tünd rəngli qatdan və onların arasında yerləşən geniş açıq rəngli qatdan ibarətdir. Sonralar isbat edildi ki, bütün membranlar üç qatdan iki zülal və bir lipid qatından ibarətdir. Maraqlı cəhət

odur ki, membran lipidlərinin çox hissəsi (70%) membran zülalları ilə əlaqədə deyil.

Membran zülalları monomolekulyar, lipidləri isə biomolekulyardır. Yəni daxili və xarici qatlarda zülal molekulları bir sırada, lipid molekulları isə iki sırada yerləşir. Öz növbəsində lipid molekulları bir-birinə paralel, hüceyrə səthinə isə perpendikulyar vəziyyətdə yerləşmişdir. Hər iki sıra lipid molekullarının elektrik yükünə malik olmayan hidrofob (su sevməyən) ucları bir-birinə, elektrik yüklü hidrofil ucları isə xarici və daxili zülal qatlarına yönəlmişdir. Belə quruluş elementar bioloji membranlar üçün ümumi olub, bütün hüceyrələrdə eynidir. Sitoplazmatik membran hüceyrənin daxilinə və xaricinə doğru yönəlmiş büküşlər (mikroxovcülər) əmələ gətirə bilər (şəkil 13). Bunlar hüceyrənin ümumi səthinə böyüdür və beləliklə hüceyrə möhtəviyyəti ilə xarici mühit arasında gedən maddələr mübadiləsini sürətləndirir. Hüceyrə membranı yarımkəcirici xüsusiyyətə malikdir. Xarici mühitlə hüceyrə arasındakı mübadilə proseslərini tənzim edir və hüceyrənin daxili mühitini sabit saxlayır. Maddələrin xarici mühitdən hüceyrəyə və hüceyrədən xarici mühitə keçməsi fəal və passiv keçiricilik vasitəsilə yerinə yetirilir. Maddələrin hüceyrəyə fəal keçiriciliyi molekulun ölçüsünün membran məsamələrinin ölçüsündən böyük olduğu halda belə, eləcə də maddə qatılığı qradientinin əksinə maddələrin hüceyrəyə daxil olmasını təmin edir ki, bu zaman ATF enerjisi sərf olunur. Passiv keçiricilik isə diffuziya yolu ilə faqositoz və pinositoz, eləcə də rofeositoz vasitəsilə həyata keçirilir. Əslində pinositozla rofeositoz bir-birindən az fərqlənir. Belə ki, pinositoz duru maddələrin hüceyrə membranının daxilə qatlanması ilə hüceyrəyə daxil olmasıdır, rofeositoz membrana yapışmış ən kiçik hissəciklərin həmin membranın büküşlərinin dibinə yapışmış hissəciklərin, büküşün dibi ilə birlikdə membrandan ayrılması və hüceyrəyə daxil olması prosesidir. Odur ki, rofeositoz hadisəsi pinositozdan hüceyrə tərəfindən qəbul edilən hissəciklərin sübmikroskopik ölçüləri və yüksək sıxlığı ilə fərqlənir. Faqositoz, pinositoz və rofeositoz birlikdə endositoz adlanır.



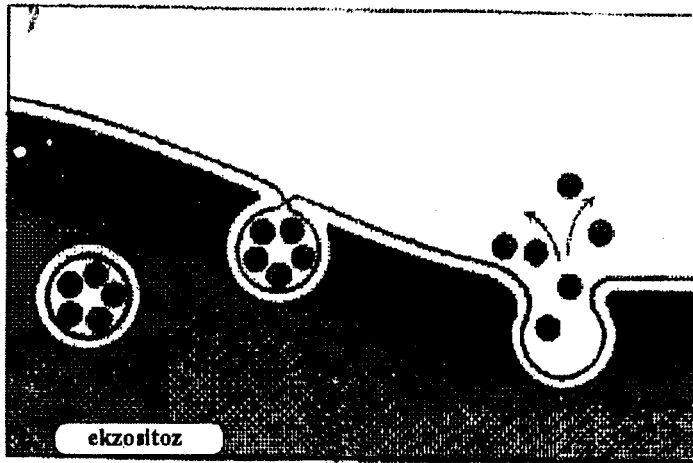
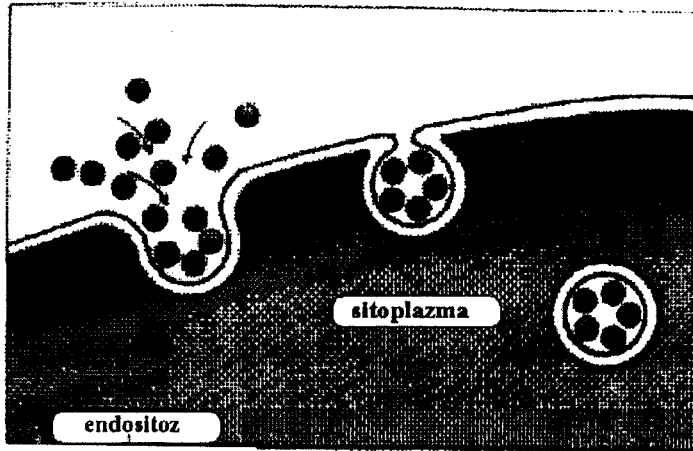
Şəkil 13. Plazmatik membranın quruluş sxemi: xarici qatda zülallar polisaxaridlərlə əlaqəyə girərək qlikokaliks əmələ gətirir.



Şəkil 14. Hüceyrə membranında maddələrin nəql olunması.

Hüceyrə membranasının hərəkəti və xaricə qatlanmaqla hüceyrəyə lazım olmayan maddələrin kənar edilməsi isə ekzositoz adlanır (şəkil 15).

HÜCEYRƏ QILAFI



Şəkil 15. Maddələrin hüceyrə daxilində (endositoz) və hüceyrədən xaricə (ekzositoz) daşınması.

Bir çox hüceyrələrdə elementar membran üzərində əlavə qalın bir örtük olur ki, o da hüceyrə divarı və ya qılaf adlanır. Əksər ibtidailərdə və heyvan hüceyrələrində plazmatik membran üzərində qlikokaliks qatı olur. Şəkil 13 (qlikoproteinkompleksi). Qlikokaliksin tərkibinə 1% müxtəlif membran karbohidratları daxil olur. Həmin karbohidratlardan qlükuron turşusu, heksozamin, fukoza, sial turşusunu göstərmək olar ki, onlar uzun şaxələnən zəncirvari polisaxaridlər olub, lipoproteid membranın zülalları ilə birləşir. Qlikokaliksin quruluşu elədir ki, o müxtəlif maddələrin diffuziyasının sürətini azaldır. Buradaca hüceyrənin sintez etdiyi və qlikokalikslə Ca^{++} və Mg^{++} ionları ilə bağlı olan fermentlər toplanır. Bu fermentlər hüceyrədən kənarda maddələrin həll olmasını təmin edir. Bu cür parçalanma məhsulları olan amin turşuları, şəkərlər, nukleotidlər və s. plazmatik membran məsamələrindən keçərək hüceyrə tərəfindən mənimsənilir. Qlikokaliks xüsusilə bağırsaq epitelisində daha aydın görünür. Bir çox ibtidailərdə (infüзор) plazmatik membran hüceyrəyə forma verən pellikulanın yaranmasında iştirak edir. Infüzorda pellikula hüceyrə səthində qalınlaşma əmələ gətirir ki, o altıbucaqlı quruluşda olub, mərkəzində kirpiklər yerləşir.

Pellikula hüceyrəyə forma və möhkəmlik verir. Onun möhkəm olması həmçinin sitoplazma tərəfdən kortikal qatın membrana birləşməsi ilə də əlaqədar olur. Bitki hüceyrələrində membrana üzərində hüceyrə divarı və ya hüceyrə qılafı olur. Hüceyrə qılafı ekstrasellulyar quruluş vahidi olub, plazmatik membran üzərində yerləşir. Qılaf hüceyrənin həyat fəaliyyəti məhsullarından yararlanır. Onun komponentləri hüceyrədə sintez olunur, sitoplazmadan çıxarılır, plazmatik membran üzərinə toplanır. Qılafın polisaxarid kompleksinin quruluşu elədir ki, o su, müxtəlif duzlar, bir çox üzvü molekulları üçün keçiricidir.

Hüceyrə qılafının hüceyrənin həyatında rolu böyükdür. Belə ki, o nəinki hüceyrəyə forma və möhkəmlik verərək karkas rolunu oynayır, həm də hüceyrənin turqor xüsusiyyətini formalaşdırır.

Hüceyrə qılafının tərkibinə selluloza, hemiselluloza və pektindən başqa əlavə komponentlər də (liqnin və ya koniferil spirti)

kutin, suberin daxil olur ki, o qılafın möhkəmliyini artırır və mantarlaşmasını təmin edir. Epidermis hüceyrələrində qlaf üzərində mum toplanır ki, o da hüceyrədə suyun itməsinin qarşısını alır.

HÜCEYRƏARASI TƏMAS FORMALARI

Hüceyrənin plazmatik membranı (plazmolemma) bir hüceyrəli orqanizmlərin konyuqasiya prosesində fəal rol oynayır. Çox-hüceyrəli orqanizmlərdə membrana vasitəsilə hüceyrələr arasında müxtəlif müərkəb qarşılıqlı əlaqələr yaranır. Bu əlaqələr membranlar arasındakı müxtəlif təmas formaları ilə yerinə yetirilir. Rüşeym toxumalarında xüsusilə rüşeymin ilk inkişaf mərhələlərində hüceyrələr bir-birinə çox yaxın yerləşməklə səthlərinin bir-birinə yapışması ilə əlaqədə olurlar. Bu xüsusiyyət adqeziya adlanır. Bu cəhət həmin hüceyrələrin səthlərinin xüsusiyyətləri ilə əlaqədar olur. Bu prosesin mexanizmi dəqiq öyrənilməsə də lakin çox güman ki, o, membranın lipoproteidləri və qlikokaliksin qarşılıqlı əlaqəsinin nəticəsidir. Adqeziya zamanı hüceyrələr bir-birinə çox sıx yerləşsə də onlar arasında heç olması 20 nm məsafə olur ki, buranı da qlikokalis doldurulur. Əgər toxumaya qlikokaliksi dağıdan fermentlərlə (mukaza) və ya membranı zədələyə bilən proteaza fermentləri ilə təsir etsək, hüceyrələr bir-birindən ayrılır. Lakin həmin dissosiasiyayı yaradan amili aradan çıxarsaq hüceyrələr yenidən bir-birinə yaxınlaşıb, təmis yaradır, adqeziya bəpra olunur. Heyvan hüceyrələrinin müxtəlif üsullarla birləşərək toxumalar əmələ gətmələrində öz vəzifələrini ifa etmələri xüsusi quruluş vahidlərinin iştirakı ilə olur ki, bunlar da ümumi hüceyrə arası təmis formaları adlanır. Elektron mikroskopik tədqiqatlar vasitəsilə hüceyrələr öyrənilərkən aşağıdakı təmas formaları müəyyən edilmişdir.

Sadə təmas, aralıq təmas və ya yapışma zonası, desmosom təmaz, zəncirbənd tipli təmas, sıx qapanma tipli təmas, aralıq təmas, sinaptik təmas və s.

Sadə təmas forması bir-birinə yaxın yerləşən bir çox hüceyrələrdə xüsusilə epitelilə toxuması hüceyrələrində rast gəlinir.

Bu tip təmas zamanı qonşu hüceyrələr arasında 15-20 nm məsafə qalır. Bu cür təmas formasında sitoplazma tərəfdən membrana heç bir əlavə quruluş vahidləri birləşmir.

Aralıq təmasda membranlar arası sahə bir qədər geniş olur. (20-30 nm) və sadə təmasdan fərqli olaraq həmin sahə sıx zülal təbiətli maddə ilə dolmuş olur. Sitoplazma tərəfdən nazik mikrofibrillər (4-7 nm) tor şəklində yerləşir. Bu təmasın elə forması var ki, hüceyrə ətrafında lent və ya qurşaq şəklində yapışma zonası yaranır, desmosom təmas ən çox örtük epitelisi hüceyrələrində rast gəlinir. Bu zaman hüceyrənin müəyyən sahəsində 0,5 mm diametrli qalınlaşma olur ki, çox vaxt bu qalınlaşma elektron sıx maddədən ibarət olub, bəzən çox qatlı olur. Bəzən sitoplazma tərəfdən bu zonada elektron sıx maddə yerləşir ki, bu da membranın daxili səthinin qalınlaşmasına səbəb olur. Qonşu hüceyrələrin desmosomları simmetrik yerləşir və hüceyrələrin mexaniki əlaqəsini təmin edir.

Zəncirbənd tipli təmas. Hüceyrə membranının daxilə çök-məsi ilə yaranan çıxıntının digər yanaşı duran hüceyrənin girişinə daxil olmaqla yaranır. Hüceyrə membranının bu cür çök-məsi invaqinasiya adlanır. Zəncirbənd tipli təmasda membranlar arası münasibət sadə təmas formasında olduğu kimidir. Lakin bu zaman membranların təması daha sıx olur. Bu cür təmas xüsusilə böyrək epitelisi hüceyrələrində rast gəlinir.

Sıx qapanma tipli təmas toxuma kulturasında fibroblast hüceyrələrində, rüşeym epitelisi ilə mezenxim arasında, vəzi hüceyrələrində, bağırsaq hüceyrələrində rast gəlinir. Bu təmasla əlaqədə olan hüceyrələrdə iki plazmatik membranın xarici qatları maksimum yaxınlaşmış olur. Çox vaxt iki osmiofil xarici membran 2-3 nm qalınlığında ümumi bir membran əmələ gətirir. Bəzən membranlar bütün səthləri ilə deyil müəyyən sahələrdə belə birləşirlər. Bağırsaq epitelisində membranlar bütün səthləri ilə birləşərək hüceyrənin apikal hissəsində (yuxarı bağırsağın içərisinə baxan sahədə) qurşaq əmələ gətirirlər. Odur ki, hər bir hüceyrə bu qurşaqla əhatə olunmuş olur, morfoloqlar ona qapanmış təmas adı vermişlər. Təmasın qurşaqla örtülən sahəsi hüceyrələr arasındakı məsafəyə makromolekullar və ionların keçməsinin qarşısını alır. Bununla bağırsağın daxilini xarici mühitdən qoruyur.

Sinaptik təmas sinir toxuması üçün xas olub, iki neyron arasında eləcə də neyronla reseptor və ya effektor arasında rast gəlinir. Sinapslar-iki hüceyrənin təmas sahəsi olub, qıcığı və ya tormozlanmanı bir istiqamətdə bir elementdən digərinə ötürür.

Sinapslar sinir hüceyrələrinin çıxıntılarında yaranırlar dendrit və aksonların terminal sahələridir. Neyronlar arası sinapslar sinir hüceyrəsinin çıxıntısı üçündə armudvari genişlənmə şəklində olur. Bir sinir hüceyrəsinin bu cür genişlənmə terminal çıxıntısı sinir hüceyrəsi ilə sinaptik əlaqə yaratmaqla bərabər onun çıxıntıları ilə də əlaqədə ola bilər. Sinir hüceyrəsinin periferik çıxıntısı - aksonlar effektor və reseptor hüceyrələrlə spesifik təmas yaradırlar. Bu hüceyrələrin membranları arasında 20-30 nm sahə sinaptik deşik yaradır. Bu deşiyin boşluğunda bəzən çox nazik sapvari struktura müşahidə edilir ki, bu saplar membran səthinə perpendikulyar yerləşir. İmpulsu ötürən hüceyrənin sinaptik təmasınının membranı presinaptik, impulsu qəbul edən hüceyrənin sinaptik təmasına isə postsinaptik təmas deyilir. Elektron mikroskopunda presinaptik membranda çox miqdar kiçik vakuollar sinaptik genişlənmələr müşahidə edilir. Sinir impulsları ötürülən zaman sinaptik genişlənmələr öz möhtəviyyatını sinaptik deşiyə tökürlər. Məlum olmuşdur ki, sinapslar sinir qıcıqlanmalarını ötürməklə yanaşı, həm də iki qarşılıqlı əlaqədə olan hüceyrələrin birləşməsi vəzifəsini yerinə yetirir.

Plazmodesmalar. Bu cür təmas bitki hüceyrələrində müşahidə edilir. Plazmodesmalar nazik boruşəkilli sitoplazmatik kanallar olub, iki qonşu hüceyrəni birləşdirir. Bu kanalların diametri adətən 40-50 nm olur. Bu kanalları örtən membran bir qayda olaraq qonşu hüceyrənin plazmatik membranına keçir. Plazmodesmalar qonşu hüceyrələri bir-birindən ayıran qılfdan keçir. Bəzən plazmodesma qonşu hüceyrələrin hialoplazmasını birləşdirir, ona görə də belə halda qonşu hüceyrələr arasında kəskin sərhəddə olmur, bir çox hüceyrələr sitoplazmatik körpülər vasitəsilə bir-birilə birləşərək sinsitiyalar əmələ gətirirlər.

Plazmodesmalar miqdarca çox olurlar. (Hər hüceyrədə 1000-ə qədər), qocalan hüceyrələrdə onların miqdarı azalır. Plazmodesmalar hüceyrə bölünərkən qız hüceyrələrdə yenidən əmələ gəlirlər. Plazmodesmalar hüceyrə məhlullarının, ionların, qida maddələrinin sirkulyasiyasını təmin edir. Plazmodesmalar va-

sitəsilə lipid damlaları da hərəkət edir. Hüceyrələrin bitki virusları ilə yoluxması da plazmodesmalar vasitəsilə olur.

PLAZMATİK MEMBRANIN İXTİSASLAŞMIŞ QURULUŞ VAHİDLƏRİ

Bir çox heyvan hüceyrələrinin plazmatik membranları müxtəlif çıxıntılar əmələ gətirirlər. Çox vaxt həmin mürəkkəb çıxıntılar sitoplazmanın xüsusi quruluş vahidləri olan mikrotübülər, mikrotüküklər, fibrillər daha mürəkkəb quruluşlu kirpiklər, qamçılar və s. əmələ gətirirlər.

Mikrotüküklər ən çox böyrək və bağırsaq epitel hüceyrələrində rast gəlir, onlar silindrşəkilli olub, üzəri membranla örtülmüş olur. Mikrotüküklərin qalınlığı 100 nm olur. Müxtəlif tipli hüceyrələrdə mikrotüküklərin sayı və uzunluğu müxtəlif olur. Bağırsaq epitelində hər hüceyrədə 3000-ə qədər mikrotüküklər olur. Mikrotüküklər arasındakı dar sahə və qalın qlikaliks membran özünə məxsus ələk əmələ gətirir ki, buradan da sorulma prosesində müxtəlif maddələr keçir.

Bir çox toxumalarda mikrotüküklərin sayı və ölçüsü hüceyrənin həyat fəaliyyətinin müxtəlif dövrlərindən asılı olaraq dəyişir. Məsələn, qalxanvari vəzi hüceyrələrinin sakitlik dövründə mikrotüküklərin sayı az, ölçüsü kiçik olur, lakin vəzin fəallaşması, intensiv hormon ifraz etdiyi və onu qana ötürdüyü vaxt onların ölçüsü böyüyür və sayı artır. Mikrotüküklərin hüceyrədə rolu dəqiq öyrənilməsə də lakin məlumdur ki, onlar hüceyrənin sorulma sahəsini artırır. Bu xüsusilə sorulma funksiyasını yerinə yetirən hüceyrələrdə daha çox rast gəlinir. Məsələn: bağırsaq epitelində 1 mm^2 membran sahəsində $2 \cdot 10^8$ mikrotükük olur. Plazmatik membran çıxıntılarından ən geniş yayılanı kiprik və qamçılardır. Kirpik və qamçılar da membranla örtülü olur. Kipriyin diametri 200 nm, uzunluğu isə 20 mkm olur. Hüceyrədə kirpiklərin miqdarı dəyişkəndir. Əgər kirpik təkdirsə və iridirsə o qamçı adlanır. Onun uzunluğu 2 mkm-dən 2 mm-ə qədər ola bilər.

Kirpik və qamçılar heyvan hüceyrələrində geniş yayılmışdır. İnfüzorda hər hüceyrədə yüzlərlə və minlərlə kirpik olur. Onlar

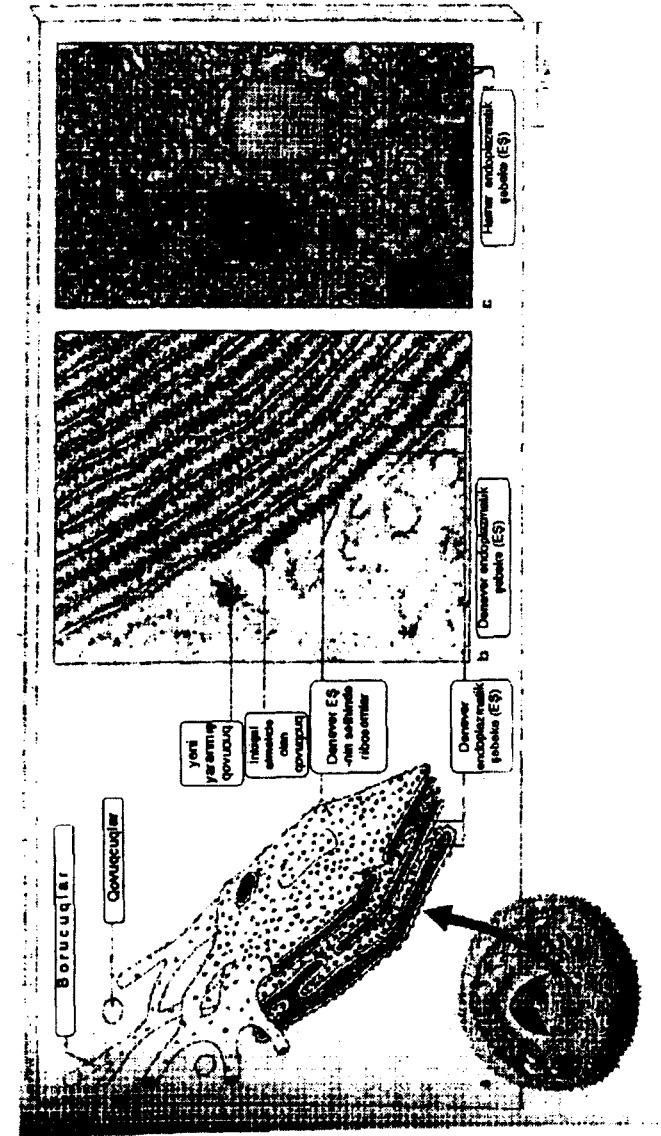
hərəkət funksiyalarını yerinə yetirirlər. Bitkilərdə onlar erkək cinsi hüceyrələrində rast gəlinir. Çılpaqtoxumlu və örtülü toxumlarda kirpik və qamçılar olmur.

Kirpik və qamçıların quruluşu, vəzifələri hüceyrələrin xüsusi orqanoidləri bəhsində verilmişdir.

ENDOPLAZMATİK ŞƏBƏKƏ

Bu orqanoidin kəşfi elektron mikroskopunun kəşfi ilə əlaqədardır. 1945-ci ildə Porter öz əməkdaşları ilə birlikdə cücələrin fibroblastlarını elektron mikroskopunda öyrənərkən müşahidə etdilər ki, sitoplazmanın endoplazma hissəsində bir çox kanallar, vakuollar bir-birinə birləşərək seyrək tor (retikulum) əmələ gətirmişlər. Eləcədə bu vakuol və kanalların divarlarının nazik membranla örtülü olması aydın görünürdü (şəkil 16a). Beləliklə hüceyrədə endoplazmatik şəbəkə olması kəşf edildi. Sonralar 1950-ci ildə ultranazik kəsiklər almaq metodikasını müəyyənləşəndə bu orqanoid daha dərinə öyrənilməyə başladı, onun strukturu aşkar edildi. Məlum oldu ki, bütün eukariotlarda endoplazmatik şəbəkə vardır. Endoplazmatik şəbəkə quruluşuna görə 2 cür olur: qranulyar (dənəvər) və aqranulyar (dənəsiz) endoplazmatik şəbəkə.

Dənəvər endoplazmatik şəbəkə mürəkkəb kanallar və boşluqlar sistemidir ki, bir-birilə birləşərək saxələnən şəbəkə əmələ gətirirlər. Bu kanallar və şəbəkələrin eni hüceyrənin funksional fəaliyyətindən asılı olaraq çox dəyişkən olur, lakin ən azı 20 nm, ən çoxu isə bir neçə mikrometrə bərabər olur. Belə endoplazmatik şəbəkənin fərqləndirən cəhət odur ki, o hialoplazma tərəfdən diametri 20 nm olan çoxlu kiçik dənələrlə (qranulalarla) örtülü olur. Bu qranulalar ilk dəfə C.Palad tərəfindən təsvir edilmişdir. (Palad qranulaları). O göstərmişdir ki, həmin qranulalar ribonukleoproteid təbiəlidir. Hazırda məlumdur ki, o qranulalar endoplazmatik şəbəkənin membranı ilə əlaqədə olan ribosomlardan başqa bir şey deyildir. Membrandakı ribosomlar polisomlar təşkil edirlər (bir çox ribosomlar bir məlumat RNT-si ilə birləşir).



Şəkil 16. Endoplazmatik şəbəkə.

Qranulyar endoplazmatik şəbəkə hamar endoplazmatik şəbəkədən fərqli olaraq hüceyrədə ya müxtəlif membranlar, ya da bu membranların lokal toplusundan (erqastoplazma) ibarət olur (şəkil 14b). Birinci tip endoplazmatik şəbəkə differensiasiyaya uğramamış hüceyrələrdə və ya metabolik proseslər zəif olan hüceyrələrdə rast gəlinir. Erqastoplazma isə şiddətli sekretor zülal sintez edən hüceyrələrdə rast gəlinir. Məsələn, qaraciyer hüceyrələrində erqastoplazma hüceyrənin müəyyən zonasında toplanır (Berq cimimciyi). O, sinir hüceyrələrində həmçinin müəyyən zonada (pələngvari maddə) toplanır. Mədəaltı vəzi hüceyrələrində bazal və nüvə ətrafı zonanı tutur və s.

Endoplazmatik şəbəkə üzərində polisomların olması, onun zülal sintezində böyük rolu olmasını göstərir. Bəzi hüceyrələrdə ribosomlar bilavasitə endoplazmatik şəbəkə ilə əlaqədar olmayıb bilavasitə sitoplazmada yerləşir. Məsələn, rüşeym hüceyrələri, diferensiasiya olmayan hüceyrələr, çox tez-tez bölünən xərçəng şışiləri hüceyrələri və s. Fəal zülal sintez edən hüceyrələr, bölünməyən hüceyrələr, ixtisaslaşmış hüceyrələrdə isə ribosomlar endoplazmatik şəbəkənin membranı üzərində yerləşir.

Tədqiqat nəticəsində məlum olmuşdur ki, hüceyrələrdə bütün zülal sintezi endoplazmatik şəbəkə ilə əlaqədar olmayıb, onun bir hissəsi bilavasitə sitoplazmanın özündə gedir. Məlum olmuşdur ki, şiddətli zülal sintez edən, differensiasiyaya uğramış hüceyrələr, fəal böyüyən hüceyrələr çox bazofil olurlar (qələvi təbii rəngləyicilərlə rənglənilir). Bu cür bazofil sitoplazmanın RNT-nin çox hissəsi ribosom RNT-dir. Demək sitoplazmanın bazofililiyi onun ribosomla zənginliyi ilə əlaqədardır. Bu isə o deməkdir ki, bir sıra hüceyrələrdə (rüşeym hüceyrələri, şış hüceyrələri, regenerasiyaya uğrayan toxumaların hüceyrələri və s.) zülal sintezi bilavasitə sitoplazmanın özündə onun hialoplazma hissəsində gedir. Digər tərəfdən ixtisaslaşmış, differensiasiyaya uğramış, lakin fəal zülal sintez edən hüceyrələrin (sinir hüceyrələri, mədəaltı vəzi hüceyrələri, süd vəziləri hüceyrələri, plazmositlər və s.) hialoplazmasında sərbəst ribosom azdır, onlar əsasən endoplazmatik şəbəkə üzərində yerləşirlər.

Bu tədqiqatlardan belə məlum olur ki, hialoplazmada yerləşən ribosomların sintez etdiyi zülal həmin hüceyrənin öz ehtiyacını ödəyir. Endoplazmatik şəbəkənin üzərindəki ribosomların sintez

etdiyi zülal isə hüceyrədən çıxarılır və digər hüceyrələrin həyat fəaliyyəti proseslərində iştirak edir. Məsələn, mədəaltı vəzinin asinus hüceyrələri zülal təbiətli fermentlər (proteinazalar, lipazalar, nukleozalar və s.) sintez edirlər. Onlar isə müxtəlif qida maddələrinin həzmində iştirak edirlər (qara ciyər hüceyrələri-qan albumini, plazmositlər-qlobulin, süd vəzi hüceyrələri-kozein, tüpürcək vəzi hüceyrələri-ptialin, amilaza, RNT-aza və s. sintez edirlər). Maralılı cəhət odur ki, bitki hüceyrələrində də biz həmin xüsusiyyətə rast gəlirik. Lakin buna baxmayaraq qranulyar endoplazmatik şəbəkənin ribosomları hüceyrədaxili həzm (faqositoz) üçün lazım olan fermentlərin də sintezində iştirak edirlər.

Bir çox tədqiqatlar göstərmişdir ki, qranulyar endoplazmatik şəbəkənin sintez etdiyi fermentlər həmin hüceyrənin özünün maddələr mübadiləsində nəinki iştirak etmir, hətta çox halda həmin hüceyrə üçün lazımsız və bəzən zərərli olur. Məsələn, süd vəzilərində sintez edilən kozein onun inkişafı və böyüməsi üçün heç lazım deyil.

Həzm traktı hüceyrələrində çox miqdarda hidrolitik fermentlər sintez olunur ki, onlar bioloji makromolekulları parçalayır. Əgər belə fermentlər hüceyrə hialoplazmasında qalsa, onlar hüceyrənin özünü həll edə bilərlər (avtoliz) ki, o da hüceyrənin məhvəinə səbəb olar. Bu cür fermentlər hüceyrələrdən çıxarıldıqdan (sekreasiya) sonra qapalı membran sistemli komponentlərdə toplanırlar. Buradan belə nəticə çıxır ki, qranulyar endoplazmatik şəbəkənin rolu təkcə onun membrandakı ribosomlarla zülal sintez etməklə bitmir, o həm də sekreasiya prosesində iştirak edir, sintez olunmuş zülalları toplayıb hüceyrənin özünün funksiyalarını idarə edən zülallardan ayıraraq, təcrid etmək və s. vəzifələri yerinə yetirir. Qranulyar endoplazmatik şəbəkənin bu funksiyasının hüceyrə həyatında çox böyük əhəmiyyəti var. Çünki o həmin fermentlərin holci kompleksi vakuolları vasitəsilə hüceyrədən kənar edilməsində bir sıra proseslərlə əlaqədar olaraq fəaliyyət göstərir. Bu prosesdə mütləq ATF enerjisindən istifadə edilir.

Bundan başqa qranulyar endoplazmatik şəbəkədə zülalların modifikasiyası, onların şəkərlərlə birləşməsi, kondensasiyalanması, iri qranulalar əmələ gətirməsi prosesləri də gedir. Beləliklə

granulyar endoplazmatik şəbəkə hüceyrədən çıxarılan zülalların sintezində, onların hüceyrələrin öz zülallarından ayrılıb çıxarılmasında, həmin zülalların daşınmasında, modifikasiyasında, lokal kondensasiyasında iştirak edir.

Prokariot hüceyrələrdə endoplazmatik şəbəkə yoxdur. Lakin bir çox bakteriyalar sintez etdiyi fermentləri xarici mühitə çıxarırlar. Görünür bu fermentlərin hüceyrədən çıxarılması xüsusi hüceyrə daxili vakuol sistemi ilə əlaqədar deyil, lakin ona oxşardır. Belə ki, bir çox tədqiqatlarla isbat edilmişdir ki, bakteriyalarda ribosomların bir hissəsi plazmatik membranla əlaqədardır. Hüceyrədən kənar edilən fermentlər həmin membran üzərindəki ribosomlarda sintez olunur. Membranla əlaqədar olmayan hialoplazmadakı ribosomlar isə bakteriya hüceyrəsinin özünə lazım olan zülalların sintezində iştirak edir.

Hamar (aqronulyar) endoplazmatik şəbəkə - onun ribosomlardan məhrum olan hissəsidir. Lakin hamar endoplazmatik şəbəkə ilə dənəvər endoplazmatik şəbəkə arasında kəskin sərhəd qoymaq mümkün deyil. Belə ki, endoplazmatik şəbəkə böyüdükcə onun dənəvər sahələri, hamar sahələrə çevrə bilər, digər tərəfdən bəzən dənəvər endoplazmatik şəbəkənin ribosomları itirir və o hamar endoplazmatik şəbəkə kanallarına çevrilir. Hətta tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, inkişafın mərhələlərindən asılı olaraq dənəvər endoplazmatik şəbəkə, hamar endoplazmatik şəbəkəyə çevrilə bilər. Bu cəhətdən dənəvər endoplazmatik şəbəkə ilkin, hamar endoplazmatik şəbəkə isə sonradan yaranma kimi qəbul edilməlidir. Məsələn, siçanların qara ciyərlərində anadan olmazdan əvvəl dənəvər endoplazmatik şəbəkə kanalları olur, anadan olandan sonra isə hamar endoplazmatik şəbəkə kanalları müşahidə edilir. Bir sıra biokimyəvi, morfoloji, avtoradiografiya tədqiqat işləri isbat edir ki, dənəvər endoplazmatik şəbəkə böyüyür, həcmi artır və ya ribosomlarını itirir və hamar endoplazmatik şəbəkəyə çevrilir.

Mənşəcə eyni topoqrafik cəhətdən oxşar olmalarına baxmayaraq funksional cəhətdən hamar endoplazmatik şəbəkə, dənəvər endoplazmatik şəbəkədən fərqlənir.

Hamar endoplazmatik şəbəkəyə steroid təbiətli maddələrin sintez olduğu hüceyrələrdə daha çox rast gəlinir. Məsələn,

böyrəküstü vəzinin qabıq hüceyrələrində, toxumluğun interstisial hüceyrələrində, piy vəziləri hüceyrələrində və s.

Hamar endoplazmatik şəbəkə topoqrafik cəhətdən qlikogen toplanan sahə ilə də sıx əlaqədə olur ki, bu cəhət də onun karbohidrat mübadiləsindəki rolunu göstərir. Qara ciyər hüceyrələrində, əzələ hüceyrələrində qlikogen endoplazmatik şəbəkənin hamar hissəsində toplanır.

Aclıq çəkmiş hüceyrələrdə qlikogen istifadə olunandan sonra, ələcədə artıq qlikogen toplananda hüceyrələrin hamar endoplazmatik şəbəkəsinin qlikogen toplanan zonası genişlənir. Qara ciyər hüceyrələrində hamar endoplazmatik şəbəkənin kanallarının genişlənməsi bəzi patoloji proseslərlə əlaqədar olur. Belə ki, zəhərlənmələr zamanı, bəzi zəhərli və konsorogen maddələrin təsiri, yüksək dozalı hormonal preparatların təsiri zamanı və s. qara ciyər hüceyrələri, onlara xas olan sitoplazmanın bazofil xüsusiyyətini itirirlər. Bu onu göstərir ki, bu maddələrin təsirindən sitoplazmada RNT miqdarı kəskin aşağı düşür. Odur ki, sitoplazmada oksifil zonalar müşahidə edilir. Elektron mikroskopunda bu zonalarda hamar endoplazmatik şəbəkənin kanallarının toplanması müşahidə edilir. Bu onunla əlaqədardır ki, həmin sahələrdə zərərli maddələrin deqredasiyası prosesləri, metabolik dezaktivasiya prosesləri gedir ki, həmin proseslərdə bir sıra oksidləşdirici fermentlərin iştirakı ilə həyata keçir. Beləliklə qara ciyərin funksiyasına aid olan orqanizmin detoksikasiyası prosesi hamar endoplazmatik şəbəkənin iştirakı ilə gedir.

Eninə zolaqlı əzələdə hamar endoplazmatik şəbəkənin kanalları və vakuolları (sarkoplazmatik retikulum) hər bir miofibrilli əhatə edir. Burada onlar xüsusi funksiya ifa edirlər. ATF-in iştirakı ilə həmin kanallar kalsium ionlarını toplayır və odur ki, bu da öz növbəsində əzələ hüceyrəsinin açılmasını təmin edir.

Ali bitkilərdə hamar endoplazmatik şəbəkə terpenlərin, steroidlərin, lipidlərin sintez olduğu toxuma hüceyrələrində rast gəlinir. Çox vaxt bitkilərdə hamar endoplazmatik şəbəkə kanalları hüceyrənin polisaxarid qılıfına yaxın mövqedə rast gəlinir ki, bu da onun karbohidrat mübadiləsindəki roluna əyani dəlildir.

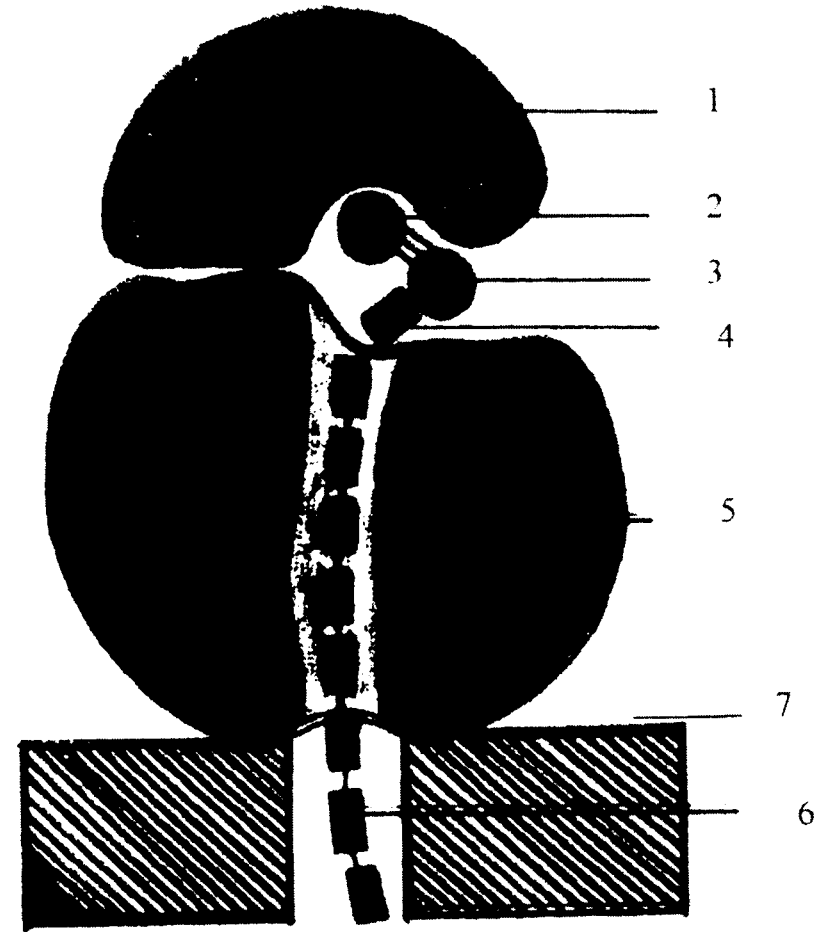
Beləliklə hamar endoplazmatik şəbəkə triqliseridlərin, steroidlərin, qlikogenin, lipidlərin sintezində iştirak edir, orqanizmin detoksikasiyasını, ion mübadiləsini təmin edir.

RİBOSOMLAR

Mürəkkəb ribonukleoproteidlərdən ibarət olan ribosomları 1955-ci ildə Xauatson və Xem elektron mikroskoru ilə xərçəng hüceyrələrində müşahidə etmişlər. Ribosomların diametri 150-350 A°, forması isə kürə şəklindədir. Bağırmaq çöpcüyü bakteriyası üzərində aparılan elektron mikroskopuk tədqiqatlar nəticəsində bu mikroorqanizmlərdə ribosomların iki müxtəlif ölçülü submikroskopik vahiddən ibarət olduğu sübut edilmişdir. Böyük submikroskopik vahid üçküncü, diametri 150-180 A°, kiçik submikroskopik vahid isə qövsvaridir, diametri 140-160 A°. Yastı səthə malik olan böyük submikroskopiuk vahid kiçik səthə malik olan submikroskopik vahidlə bitişdikdə aralarında yarıq şəkilli boşluq qalır. Ribosomlar hüceyrə sitoplazmasında sərbəst və endoplazmatik şəbəkənin membranına birləşmiş şəkildə olur. Qranulyar endoplazmatik şəbəkənin membranlarında ribosomlar tək qatda, bəzən də spiralvari formada yerləşmişdir. Endoplazmatik şəbəkəsi yaxşı inkişaf etmiş yüksək diferensiasiyalı qaraciyər və mədəali vəzi hüceyrələrində ribosomların əksəriyyəti bu orqanoidin membranı ilə birləşmiş şəkildədir. Amma qranulyar endoplazmatik şəbəkəsi zəif inkişaf etmiş insanın oosit və limfosit hüceyrələrində isə ribosomların əksəriyyəti sitoplazmada sərbəst yerləşirlər. Sitoplazmada ribosomlara mitoxondridlərdə və plastidlərdə də təsadüf edilir. Sitoplazma ilə bərabər eyni zamanda ribosomlar nüvədə də mövcuddur.

Diferensial sentrafuqalaşdırma yolu ilə aparılmış biokimyəvi analiz nəticəsində ribosomların yüksək qürülüşlü zülallardan və ribosomal RNT-dən ibarət olduğu müəyyən edilmişdir. Demək olar ki, bu iki komponentin ribosomda nisbətə bərabərdir. Belə ki, molekul kütləsi 3000000 olan bakteriya ribosomunda, bu kütlənin 60%-i RNT-nin payına düşür. Ümumiyyətlə isə hüceyrədə olan RNT-nin 80-90%-i ribosomda yerləşir. Müxtəlif

orqanizm hüceyrələrində qələvi xassəyə malik olan ribosomal zülallar ümumilikdə demək olar ki, aminturşu tərkibinə görə eynidirlər. Ribosomların tərkibində ribonukleaza, β -qalaktozidaza, turş və qələvi fosfataza və s. fermentləri və maqnezium vardır.



Şəkil 17. Ribosomun quruluş sxemi: 1 - kiçik subvahid, 2 - böyük subvahid, 3 - m RNT, 4 - n RNT, 5 - aminturşu, 6 - sintez olunan komponentin zənciri, 7 - endoplazmatik şəbəkənin membranı.

Ultramramikroskopik tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ribosomlar həm prokariot hə də eukariot hüceyrələrində mövcuddur. Ribosomların bütün hüceyrələdə mövcudluğu, onun kimyəvi təbiəti və xassələri bu orqanoidin böyük əhəmiyyətə malik olduğunu sübut edir. Qeyd etdiyümüz kimi ribosomlar həm sitoplazmada sərbəst, həm də endoplazmatik şəbəkənin membranına birləşmiş şəkildə yerləşir. İkincilər funksiya cəhətcə daha aktivdirlər. Ribosomların əsas funksiyası zülal sintez etməkdir. Bu prosesdə ribosomların rolu m-RNT-nin məlumatı əsasında, n-RNT-tərəfindən daşınan amin turşularından polipeptid zəncirinin sintezini həyata keçirməkdir.

Beləliklə, zülal sintezində m-RNT-si, n-RNT-si aktiv iştirak edirlər, amma r-RNT-nin rolu hələ tam aydınlaşdırılmamışdır. Mövcud məlumatlara əsasən demək olar ki, r-RNT zülal sintezində iştirak etmir. r-RNT ribosom zülalları ilə kompleks birləşmələr şəklində bu orqanoidin stromasını əmələ gətirir. Nüvədə olan ribosomlar isə nüvə zülallarının sintezində iştirak edir. Eyni zamanda mitoxondri və plastidlərdəki ribosomlarda bu orqanoidlərdə müəyyən hissə zülallarının sintezində iştirak edirlər.

Sitoplazmada yerləşən sərbəst ribosomlar isə hüceyrədə bir sıra proseslərdə xüsusi rol oynayan spesifik zülalların sintezində iştirak edir. Bunlara bəzi orqanoidlərin, mikrofilamentlərin və mikroborucqların zülalları aiddir. Ribosomlar zülal sintezi kimi mürəkkəb bir prosesdə qruplarla iştirak edirlər. Əsasən bu qruplara 5-70 ribosom daxil olar və poliribosom adlanır. Poliribosomlarda ayrı-ayrı ribosomlar arasındakı əlaqə diametri 15 Å olan sap şəklili m-RNT tərəfindən həyata keçir.

Ribosomların kiçik və böyük submikroskopik vahidləri nüvəciyə formalaşır və nüvədən sitoplazmaya daxil olur.

HOLCI KOMPLEKSİ

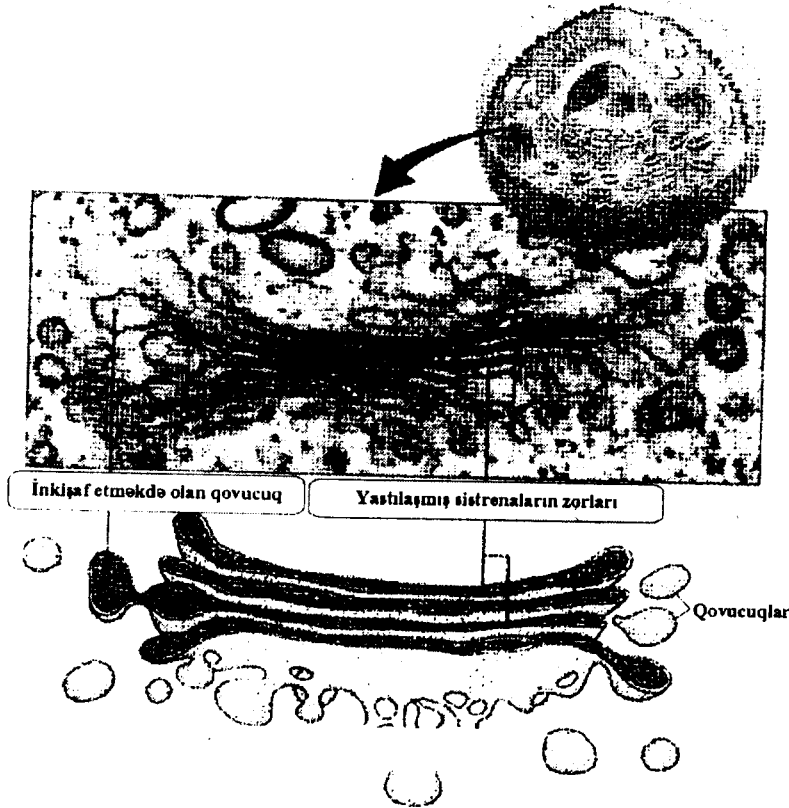
Holci kompleksi ilk dəfə 1898-ci ildə Holci tərəfindən heyvanların sınırlı hüceyrələrində müşahidə edilmişdir. Uzun müddət bu orqanoidin ancaq heyvanlara aid olması haqqında fikirlər hökm sürürdü. Lakin elektron mikroskopu kəşf olunandan

sonra məlum oldu ki, Holci kompleksi bitki hüceyrələrində də vardır.

İşıq mikroskopunda holci kompleksi mürəkkəb tor şəklində hüceyrənin sitoplazmasında, nüvə ətrafında, nüvənin altında, bəzən nüvənin üstündə müşahidə edilir. Bitkilərin və ibtidailərin hüceyrələrində holci kompleksi oraqvari və ya cübuqvari formalı ayrı-ayrı cisimciklərdən ibarətdir. Formasının müxtəlifliyinə baxmayaraq bu orqanoidin elektron mikroskopik quruluşu bitki və heyvan orqanizmlərinin hüceyrələrində eynidir.

Elektron mikroskopunda Holci kompleksinin membran strukturundan ibarət olması aydın görünür (şəkil 18). Həmin membranlar kiçik sahələrdə toplanaraq diktiosomları əmələ gətirirlər. Diktiosomları 20-25 nm məsafədə topalar şəklində yastı membranlardan əmələ gəlmiş torbalar və ya çənlər təşkil edir ki, onların da arasında nazik hialoplazma qatı yerləşir. Mərkəzə doğru membranlar bir-birinə yaxın, kənara doğru isə bir-birindən nisbətən aralı yerləşirlər. Bundan başqa diktiosomlarda çox miqdar vakuollar da olur. Onlar əsasən diktiosomun kənar membranlarına yaxın yerləşirlər. Diktiosom sahələrində proksimal və distal uclar ayırd edilir. Sekret sintez edən hüceyrələrdə holci kompleksinin proksimal hissəsi sitoplazma və nüvəyə, distal hissəsi isə hüceyrənin kənarına doğru yönəlmiş olur. Proksimal sahə kiçik, distal sahə isə iri çənlər və vakuollardan təşkil olmuşdur. Proksimal və distal sahələr membranlarının qalınlığına görə də fərqlənir. Proksimal sahədə membranların qalınlığı 6-7 nm, distal sahədə isə 10 nm-a bərabərdir. Hüceyrədə ayrı-ayrı diktiosomlar vakuollar və çənlər sistemi ilə bir-birinə birləşərək holci aparatının üç ölçülü retikulyar kompleksini əmələ gətirir.

Holci kompleksinin membran elementləri endoplazmatik şəbəkədə sintez olunan məhsulların seqreasiyasında və toplanmasında, onların kimyəvi cəhətcə dəyişilməsində, yetişməsində iştirak edir. Həmçinin holci kompleksində polisaxaridlər sintez olunub, zülallarla birləşərək mukoproteidləri əmələ gətirir. Ən əsası isə holci kompleksinin elementlərinin iştirakı ilə hüceyrədə hazırlanan sekretlər hüceyrədən çıxarılır. Bütün bunlardan başqa o, hüceyrədə lizosomların yaranmasını təmin edir.



Səkil 18. Holci kompleksi.

Şəkil 18. Holci kompleksi

Holci kompleksinin seqreqasiya rolunu öyrənmək üçün heyvanlara tritumla nişanlanmış amin turşuları (^3H leytsin) daxil edirlər və elektron mikroskopik avtoradioqrafiya vasitəsilə müşahidə apararaq nişanlanmış atomların lokalizasiyasını izləyirlər. Mədəaltı vəzinin hüceyrələrindən əsasən zülal ixrac edildiyindən radioaktiv amin turşularının hüceyrənin müxtəlif sahələrində toplanmasını izləməyə imkan verir. Məlum olur ki, 3-5 dəqiqədən sonra nişanlanmış atomlar hüceyrənin bazal hissəsində endoplazmatik şəbəkə ilə zəngin olan sahədə toplanır. Nişan-

lanmış atomun zülal molekuluna birləşməsindən məlum olur ki, həmin sintez erqastoplazmadakı ribosomlarda gedir. Bir qədər sonra, (20-40 dəqiqə) nişanlanmış atom Holci kompleksinin vakuollarında müşahidə olunur. Deməli erqastoplazmada sintez olunan zülal Holci kompleksinə daşınır, 60 dəq. Sonra nişanlanmış atom zimogen dənələri sahəsində müşahidə olunur. Bütün bunlardan sonra isə mədəaltı vəzinin asinüs boşluğunda müşahidə etmişlər. Elecədə zülalların sintezi və hüceyrədən çıxarılması proseslərini süd vəzi hüceyrələri, bağırsağın qədhvari hüceyrələri, qalxanabənzər vəzi hüceyrələrində öyrənmişlər. Məlum olmuşdur ki, ribosomlarda sintez olunan zülallar (hüceyrədən çıxarılan zülallar) endoplazmatik şəbəkə çənlərində toplanır, oradan Holci kompleksi membranlarına daşınır. Burada Holci kompleksinin çənlərində toplanır, sonra onlar hüceyrənin kənarına doğru hərəkət edir, plazmatik membranla birləşərək hüceyrədən kənar edilir.

Vəzilərin sintez etdiyi zülalların hüceyrədən çıxarılması ekstruziya adlanır. Morfoloji cəhətdən ekstruziya pinositoz hadisəsinə oxşayır. Lakin pinositozun əksidir. Pinozitoz zamanı dürü maddələr membranın icəri çökməsi nəticəsində hüceyrəyə daxil olursa, ekstruziya zamanı isə hüceyrədən kənar edilir. Bu hadisəyə ekzositoz da deyilir.

Holci kompleksi sekretlərintoplanması, daşınması, hüceyrədən kənar edilməsi funksiyası ilə yanaşı həmçinin bir sıra metabolik proseslərdə də iştirak edir. Bir çox zülalların Holci kompleksində modifikasiyası prosesi baş verir, onların bəzi amin turşuları fosforlaşır, asatenləşir, qlyükozidləşir.

Qlyükozidləşmə zamanı ayrı-ayrı amin turşuları şəkərlərlə birləşir. Sekretor məhsulların tərkibinə daxil olan mürəkkəb zülallar, qlikoproteidlər və mukoproteidlər (mütsinlər) müxtəlif təbiətli şəkər və polisaxaridlərlə əlaqədadırlar. Zülalların bu cür şəkər və polisaxaridlərlə birləşməsi də Holci kompleksinin çənlərində gedir. Holci kompleksinin bu funksiyasının ^3H qlyükoza və ^3H -qalaktoza nişanlanmış atomlarının qədhvari bağırsaq epitelisi hüceyrələrinə daxil etməklə öyrənmişlər. Bu zaman nişanlanmış atomlar Holci kompleksi sahəsində toplanmış sonra isə sekretor vakuollara keçmişdir. Deməli polisaxaridlər Holci kompleksi çənləri vasitəsilə hüceyrədən kənar edilir. Bitki hü-

ceyrələrinin Holci kompleksində hüceyrə qılaflı tərkibinə daxil olan polisaxaridlər (hemiselluloza, pektin) sintez olunur. Bundan başqa bitki hüceyrələrinin diktosomları mutsin və seliklərin hüceyrədən kənar edilməsində iştirak edir ki, onların da tərkibində polisaxaridlər vardır. Holci kompleksinin vakuolları ilə resintez olmuş lipidlər və əmələ gəlmiş lipoproteidlər hüceyrədən kənara daşınır. İbtidai bitkilərdə Holci kompleksinin vakuolları genişlənərək plazmatik membrana birləşir və ekzositoz vasitəsilə vakuollardakı maddələr hüceyrədən çıxarılır.

Bütün deyilənlərdən başqa Holci kompleksi lizosomların yaranmasında iştirak edir. Bir sıra alimlər Holci kompleksinin hüceyrə membranının yaranmasında iştirak etməsini göstərir. Hüceyrə bölünəndən sonra Holci kompleksinin membran strukturu endoplazmatik şəbəkənin kanalları ilə birləşərək iki qız hüceyrəsi arasında arakəsmə əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Bəzi alimlər Holci kompleksinin nüvə ilə əlaqəsi olmasını göstərir. Belə ki, xloridomonada yosununda xromosomların ploidiyi artdıqca Holci kompleksində böyüyür. Nüvəsi çıxarılmış amyobada holci kompleksi kiçilir və s.

Sintez olunmuş maddələrin hüceyrədən kənar edilməsi bütün hüceyrələr üçün xas olan əlamət deyil. Məsələn, əzələ hüceyrələri, örtük epitelisi hüceyrələri, dənəvər leykositlər və s. Bununla yanaşı belə hüceyrələrdə də yaxşı inkişaf etmiş Holci kompleksləri olur. Bu isə onunla izah olunur ki, Holci kompleksi hər bir hüceyrədə həm də lizosomların yaranmasında iştirak edir.

LİZOSOMLAR

Lizosomlar ilk dəfə De dyüv tərəfindən 1955-ci ildə elektron mikroskopu vasitəsi ilə kəşf edilmişdir. Ölçüsü 0,2-0,4 mkm olan torba şəkilli struktur olub, 7 nm qalınlığında bir qat membrana malikdirlər. Lizosomlar öz başlanğıcını diktosomlardan alır. Onların içərisində 60-a qədər fəal fermentlər: turş fosfotaza, nükleoaza, turş ribonükleaza, poreteazalar, qlikozidazalar (qlükuronidaza, qalaktoidaza), esteraza və s. vardır. Ümumiyyətlə həmin fermentlər hidrolitik fermentlər olub, zülalların, yağların, karbohidratların, nüklein turşularının və daha mürəkkəb

maddələrin parçalanmasında iştirak edir. Lizosom membranı fermentlərin hüceyrəyə qarışmasının qarşısını alır. Hüceyrədəki lizosomlar morfoloji cəhətdən bir-birindən fərqlənirlər. Onların içərisində 4 tip lizosom ayırd edilir.

1. **İlkin lizosomlardır** ki, onların ölçüsü 100 nm olub, içərisi turş fosfataz ilə zəngin olan struktursuz maddə ilə doludur. Bunlar diktiosomlardan başlanğıc alır.

2. **Sonradan yaranan lizosomlar.** Bunlar ilkin lizosomların faqositə olunan hissəciklə qarışmasından əmələ gəlir.

3. **Autofaqosom**

4. **Qalıq cismi**

Göstərilən bu formalar lizosomun fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq yaranır.

Hüceyrədə bərk cisimciklərin, qida maddələrinin, ölmüş toxuma hissələrinin udulub, sonra hüceyrə daxilində həzm olunması prosesi **faqositoz** adlanır. Faqositoz zamanı sitoplazmatik membran udulacaq maddə ilə birlikdə hüceyrənin daxilinə doğru çökür və faqositoza uğrayan hissəcik ətrafında qovuqcuq əmələ gəlir. Ona **faqosom** deyilir. Bu zaman ilkin lizosomlar faqosoma yaxınlaşaraq möhtəviyyatını faqosoma tökür və həzm vakuolu yaranır. Hüceyrə daxili həzm vakuolu sonradan yaranan *a* nisbətən iri lizosomdur. Lizosomun fermentlərinin təsirindən həzm vakuolundakı qida maddələri parçalanaraq hüceyrə tərəfindən mənimsənilir. Lakin faqosomdakı bəzi maddələr tam həll olmur. Bu zaman lizosomlar telelizom və ya qalıq cisminə çevrilir. Lipid təbiətli maddələrin qalığı hüceyrədə qatlı cisimcik kimi onun ömrünün axırına qədər saxlanılır.

Piqment maddələri də hüceyrədə axıra kimi saxlanır. Məsələn, insanda qocalma ilə əlaqədar olaraq beyin, əzələ, qara ciyər hüceyrələrində piqmentlər toplanır və hüceyrənin ömrünün sonuna kimi saxlanır. Bunlar qocalma piqmenti olan lipofusinlərdir.

Lizosomlar eukariot hüceyrələrin hamısında, prokariotlardan isə bir hüceyrəli ibtidai bitkilərdə, göbələklərdə, ibtidai heyvanlarda rast gəlinir. Lakin lizosomlar müxtəlif hüceyrələrdə müxtəlif miqdarda olurlar. Heyvanlarda ən çox lizosomlar reabsorbsiya geden hüceyrələrdə, zülal və başqa komponentləri udan, həll edən hüceyrələrdə rast gəlir. Məsələn, makrofaqlarda,

leykositlərdə, böyrək və qara ciyər hüceyrələrində lizosomlar daha çox olur. Udma və həll etmə funksiyasından başqa, lizosomlar hüceyrə daxili məhlulların dəyişilməsində də böyük rol oynayırlar. Məsələn, qalxanvari vəzinin endoplazmatik şəbəkəsi üzərində tiroid hormonunun sələfi-tiroqlubulin sintez olunur. Tiroqlubulin holci kompleksinin kanalları ilə qalxanvari vəzin follikula boşluğuna daşınır. Hormonal stimulyasiya zamanı yodlaşmış tiroqlubulin yenidən pinositoz vasitəsilə qalxanvari vəzi hüceyrələrinə daxil olur. Tiroqlubulini daşıyan pinositoz vakuolları ilkin lizosomla qarışır, lizosomun fermentləri tiroqlubulini nisbətən parçalayaraq (hidroliz) onu tiroksinə-tiroid hormonuna çevirir. Sonradan isə tiroksin qana daxil olaraq öz vəzifəsini yerinə yetirir.

Bundan başqa lizosomlar autofaqositoz prosesində də iştirak edirlər. Hüceyrənin həyat fəaliyyəti dövründə zədələnmiş, qocalmış hüceyrə komponentləri (mitoxondrilər, Holci kompleksi və s.) lizosomların iştirakı ilə həll olunur. Bu zaman ilkin lizosomlar həmin komponentin ətrafında düzülür, kanalları birləşərək, komponenti öz daxilinə alırlar. Əmələ gəlmiş vakuol autofaqosito vakuolu adlanır. Lizosomların fermentlərinin təsirindən həmin komponentlər parçalanır, parçalanma məhsulları hüceyrə tərəfindən mənimsənilir, mənimsənilməyən hissələr qalıq cismi kimi hüceyrədə toplanır. Odur ki, lizosomlar hüceyrə daxili təmizləyici aparat rolunu oynayır. Maraqlıdır ki, normal şəraitdə metabolik stresslər zamanı autofaqosomların hüceyrədə miqdarı artır. Hüceyrələr zədələndikdə də lizosomların miqdarı artır.

Son illər tədqiqatçılar öyrənmişlər ki, müxtəlif patoloji proseslər zamanı lizosomların miqdarı dəyişir. Lizosomların hüceyrədə çoxalıb azalması genetik amillərlə və ya müxtəlif iltihab prosesləri ilə əlaqədar ola bilər. Hər bir hüceyrənin funksiyasından asılı olaraq onun lizosomunun tərkibində xüsusi fermentlər olur. Məsələn, spermi hüceyrələrinin lizosomlarında digər fermentlərlə yanaşı qialuronidaza, proteaza fermentləri də olur ki, o da mayalanma prosesində müəyyən rol oynayır. Odur ki, mayalanma prosesində də lizosomların müəyyən iştirakı vardır. Belə ki, tərkibində hidrolitik fermentlərdən qialuronidaza və proteaza olan lizosom, spermi hüceyrəsinin membranı ilə birləşib

yumurta hüceyrəsi üzərinə tökülür və onun membranını əridərək spermi hüceyrəsi ilə birləşməsinə səbəb olur.

Bəzi hallarda lizosomlar hüceyrədən çıxaraq öz möhtəviyyatını hüceyrədən kənara tökülər. Məsələn, neyrospor göbələklərdə lizosomların hidrolizaları hüceyrədən kənara tökülərək hüceyrə xarici proteoliz hadisəsini yaradır.

Göründüyü kimi lizosomlar hüceyrə daxili və hüceyrədən kənar həll etmə proseslərində iştirak edir.

PEROKSİSOMLAR

Peroksisomlar- xaricdən tək qatlı membranla əhatə olunmuş, diametri 0,3-1,5 mkm olan vakuollaşmış törəmələrdir. Onların mərkəzində özək və ya nukleoid yerləşir. Özək yerləşən hissədə xüsusən qaraciyər hüceyrələrinin peroksisomlarında, fibril və borusuqlardan ibarət kristalvari strukturlar görünür. Peroksisomlar ibtidai orqanizmlərdə (amyöbalarda, maya göbələklərində) ali bitkilərdə onların embrional toxumalarında (endosperm) və yaşıl hissələrində və həm də ali onurğalı heyvanların qaraciyər və böyrək hüceyrələrində təsadüf edilir. Məsələn, siçovulların qaraciyər hüceyrələrində peroksisomların sayı 70-100 arasında dəyişir. Çox vaxt peroksisomlar endoplazmatik şəbəkənin membranı ilə sıx birləşmiş şəkildə olur. Amma yaşıl bitkilərdə isə peroksisomlar mitoxondri və plastidlərlə sıx əlaqədə olur.

İlk dəfə peroksisomlar qaraciyər və böyrək hüceyrələrindən alınmışdır. Peroksisom fraksiyalarında hidrogen-peroksidin metabolizmi ilə əlaqədar olan fermentlər alınmışdır. Bu fermentlər (oksidaza, urat-oksidaza, oksidaza d aminturşusu) amin turşularını oksidləşdirib dezaminləşdirəcək fermentlərə aiddir, onların fəaliyyəti nəticəsində hidrogen-peroksid və katalaza əmələ gəlir, katalaza sonradan hidrogen-peroksidi parçalayır. Qaraciyər hüceyrələrinin peroksisomlarında katalazanın miqdarı matriksdə yerləşən bütün zülalların 40%-nə çatır. Hidrogen-peroksid toksiki təsirə malik olduğu üçün peroksisomda toplanan katalaza fermenti qoruyucu funksiya daşıyır.

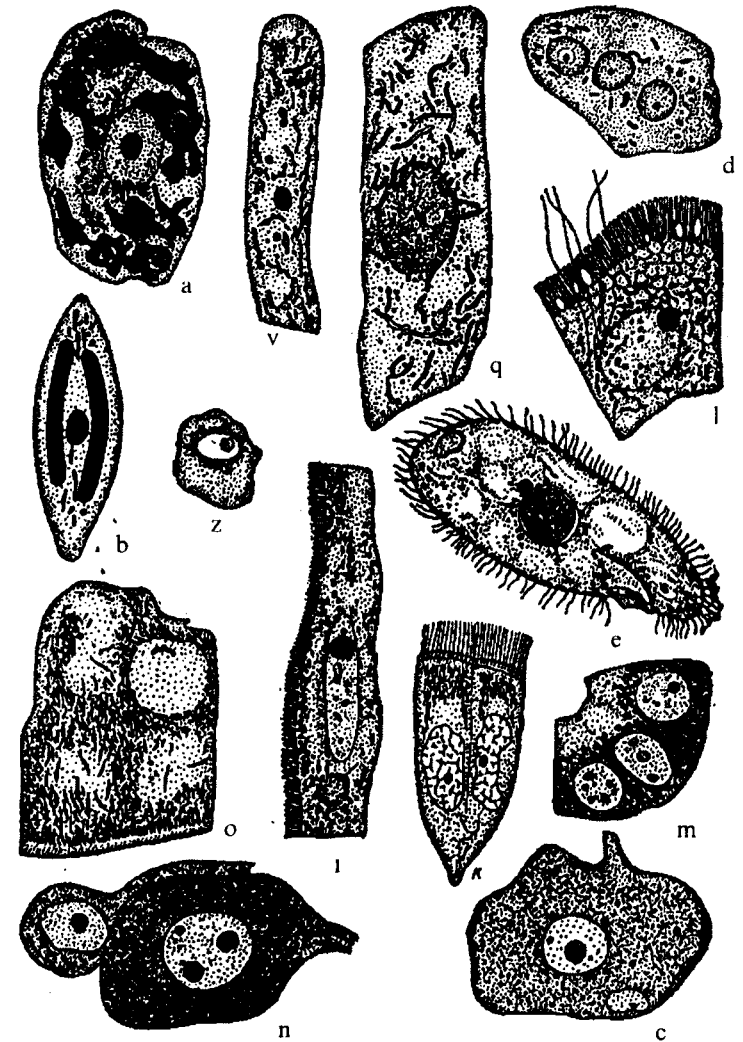
Sferosomlar - birqatlı membranla örtülən və bitki hüceyrələrində rast gəlinən bu kiçik vakuollar yüksək işıq sındırma əm-

salına malik olduğu üçün işıq mikroskoplarında asanlıqla müşahidə olunurlar. Sferosomlar endoplazmatik şəbəkənin elementlərindən formalaşırlar. Onların böyüməsi və tərkibinin yenidən qurulması onlarda yağların toplanması ilə bağlıdır. Sondaran isə tədricən sferosomlar yağ damllarına çevrilirlər.

Bütün tədqiq edilən sferosomların tərkibində yağlardan başqa zülallar və lipaza fermenti müşahidə edilmişdir.

MİTOXONDRİLƏR

Hər bir hüceyrənin daimi orqanoidlərindən biri də mitoxondri-
lərdir. Mitoxondrilərin forma və ölçüləri çox müxtəlif olur. Onlar
ışığı mikroskopunda yumru, oval, çubuq şəkilli, sap şəkilli və ya
şaxələnmiş formada görünürlər (şəkil 19). Mitoxondridlər nəinki
müxtəlif hüceyrələrdə müxtəlif olur, hətta hüceyrənin funksiona-
l fəallığından asılı olaraq onun formaları dəyişə bilər. Elecdə
hüceyrəyə müxtəlif amillərlə təsir etdikdə məs: mühitin PH-6,
osmotik təzyiqi, temperaturu dəyişdikdə mitoxondrinin bir for-
ması digər formasına keçə bilər. Bəzən eyni hüceyrədə mito-
xondrinin tutduğu mövqedən asılı olaraq onun forması müxtəlif
olur. Məsələn: bağırsağın epitel hüceyrələrində mitoxondri nüvə
üstündə və nüvə ətrafında olanda çubuq şəklində, hüceyrənin
bazal hissəsində olanda isə dənə şəklində olur. Mitoxondrilərin
ölçüsü də müxtəlif olur. Məsələn: yumru mitoxondrilərin dia-
metri 0,2-1 mk, çubuk şəkilli mitoxondrilərdə 7 mk-a qədər, sap
şəkilli mitoxondridlərdə isə 15-20 mk olurlar. Mitoxondridlərin
miqdarı da hüceyrədə müxtəlif olur. Bəzi həşəratların yetkin
spermi hüceyrələrində 5-7, siçanın qara ciyər hüceyrələrində
2500-ə qədər olur. Ən çox mitoxondri (300000) oosit hüceyrə-
lərində, nəhəng amiyobada (500000-ə qədər) olur. Heyvan hü-
ceyrələrində mitoxondrilər yaşıl bitki hüceyrələrindəkinə nisbət-
dən daha çox olur. Mitoxondrinin miqdarı hüceyrənin funksional
fəallığından asılı olaraq dəyişir. Məlum olmuşdur ki, uçan quş-
ların döş qəfəsindəki hüceyrələrində mitoxondrilərin miqdarı,
uçmayan quşların həmin hüceyrələrindəki mitoxondrilərin
miqdarından qat-qat artıqdır. Ontogenezin müxtəlif mərhə-
lələrindən asılı olaraq mitoxondrilərin miqdarının dəyişməsi də



Şəkil 19. Bitki və heyvan hüceyrələrində mitoxondrilərin müxtəlif formaları: a - spirogira yosunu; b - diatom yosunu; v - göbələk hifləri; q - nərgizin spermatofiti; d - miksomycetin plazmodisi; l - infuzoriya; z - meduza hüceyrəsi; i - insanın beyin hüceyrəsi; k - gurbagının udlaq hüceyrəsi; m - siçanın böyrək hüceyrəsi; n - siçanın beyin hüceyrəsi; o - insanın onurğa beyni düyünləri hüceyrəsi.

məlumdur. Məsələn: mitoxondrilər cavan rüşeym hüceyrələrində qocalan hüceyrələrə nisbətən çox olur. Mitoxondrinin mövqeyi müxtəlif hüceyrələrdə dəyişkən olur. Əksər hüceyrələrdə onlar sitoplazmada bərabər paylanırlar. Məsələn: sinir, epiteli hüceyrələrində, ibtidailərin hüceyrələrində və s. Sekretor hüceyrələrində isə mitoxondrilər bilavasitə sekret ifraz olan sahədə toplanırlar.

Balıqların qəlsəmə epiteli hüceyrələrində qan damarının divarları ətrafında, xaricə doğru yönəlmiş hüceyrələrdə mitoxondri daha çox toplanır. Daha doğrusu onlar oksigenin hüceyrələrə daha çox daxil olduğu yerdə toplanırlar. Ürək əzələsi hüceyrələrində, çinsi hüceyrələrdə mitoxondrilər nüvəni əhatə edirlər.

Canlı hüceyrədə mitoxondrilər hərəkət edirlər, yerlərini dəyişirlər, bəzən bir-birilə birləşərək hüceyrənin bir nahiyyəsindən digərinə keçirlər. Bağırsağdakı entoamyobda mitoxondri olmur. Çünki onlar anaerob şəraitində yaşayırlar.

Kimyəvi cəhətdən mitoxondrilər çox mürəkkəbdirlər. Onun tərkibində zülallar (60-70%), yağlar (25-30%), nuklein turşuları, fosfolipidlər, RNT, vitaminlərdən A, B₁₂, B₆, K, E və s. vardır. Mitoxondri tərkibində enerji mübadiləsində iştirak edən fermentlərdən suksinatdehidrokinaza, sitoxromoksidaza, fumaratdehidrokinaza, malatdehidrokinaza və s. vardır. Eləcə də Krebs tsiklinə daxil olan fermentlərin hamısı mitoxondrilərdə tapılmışdır. Elektron mikroskopu ilə mitoxondrilərin ultrastrukturunu öyrənilmişdir (şəkil 20). Elektron mikroskopunda onun iki qat membranla örtülü olması görünür.

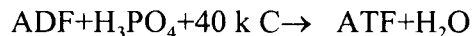
1. Xarici membran
2. Daxili membran

Xarici membran onun sitoplazma matriksindən ayırır. Onun qalınlığı 7 nm. olub, sitoplazmanın heç bir membran strukturu ilə əlaqədə olmur. Mitoxondrinin daxili maddəsi homogen olub, matriks adlanır. Daxili membranla xarici membran arasında 10-20 nm. sahə var. Daxili membran mitoxondri matriksi içərisinə doğru qatlanmış olur və çoxlu qırıqlar təşkil edir. Daxili və xarici membran üzərinə fermentlər sistemi müəyyən ardıcılıqla və qanunauyğun surətdə düzülmüşdür. Matriks içərisində ribosomlar, DNT və RNT olan genetik sistem aşkar edilməsi onların

mitoxondrilərin öz zülalının sintezində iştirak etməsini göstərir. Lakin hüceyrələrdə zülal sintezi əsasən ribosomlarda gedir. Həmçinin mitoxondri matriksində bəzi yağ turşularının (məs. Fosfotidilxolin) və digər maddələrin sintez olması da müəyyən edilmişdir. Mitoxondrinin əsas vəzifəsi ATF-in sintezidir. Üzvi maddələrin parçalanmasında yaranan enerji hesabına ADF fosforlaşır və ATF əmələ gəlir.



Şəkil 20. Mitoxondrinin mikroskopik quruluşu.



Müxtəlif karbohidratları parçalayan fermentlər, yağ tuqşaları, amin tuqşaları bu prosesdə iştirak edərək enerji ayrılmasına səbəb olur ki, həmin enerji hüceyrə tərəfindən istifadə edilməyərək mitoxondridə ATF-in yaranmasına sərf olunur. Enerjinin ayrılması mitoxondrilərdə xarici və daxili membran üzərindəki elementar hissəciklərdə gedir. Bu hissəciklər bir neçə funksiyani idarə edirlər:

1. Oksidləşmə reaksiyalarını aparırlar
2. Elektronları ATF sintezində iştirak edən birləşmələr zənciri üzrə oksigenə daşıyırlar.
3. ATF-dən enerji alan sintez reaksiyalarını katalizə edirlər.

Elementar hissəciklər onların iştirak etdiyi proseslərdəki ardıcılığa müvafiq olaraq mitoxondri membranlarında çox qanunauyğun suretdə yerləşirlər. Beləliklə hüceyrənin əsas enerjisi mitoxondrilərdə sintez olunaraq sonradan hüceyrənin müxtəlif həyat fəaliyyəti proseslərində (hərəkət, tənəffüs, böyümə, sekretlərin ifrazı, DNT- replikasiyası, zülal sintezi və s.) istifadə edilir.

Mitoxondrilər bir neçə gün yaşayırlar. Bundan sonra isə bölünmə yolu ilə çoxalaraq yeni mitoxondrilərə başlanğıc verirlər.

PLASTİDLƏR

Plastidlər - bitki hüceyrələrinə xas olan ümumi orqanoidlərdir. Onları ilk dəfə 1676-cı ildə A. Levenhuk müşahidə etmişdir. Amma plastidlərin təsnifatı Şimper (1833) tərəfindən verilmişdir. Funksiyasından və rəngindən asılı olaraq bitki hüceyrələrində üç əsas tip plastid mövcuddur.

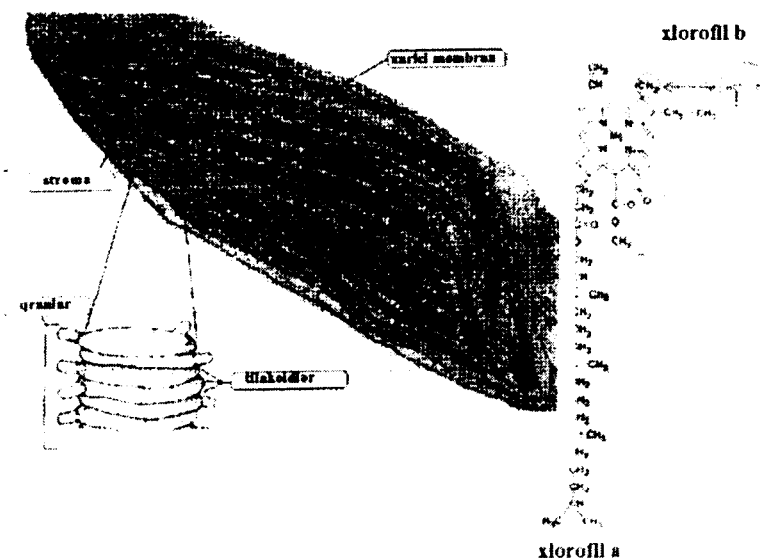
1. **Xloroplastlar** - yaşıl plastidlər
2. **Xromoplastlar** - qırmızı, sarı, narıncı və s.
3. **Leykoplastlar** - rəngsiz plastidlər

Bitkinin rüşeym hüceyrələrində proplastidlər olur. Bunlar toxumanın tipindən asılı olaraq rəngsiz leykoplastlara, karotinoidlərin olmasına görə xromoplastlara, karotinoid və xlorofilin

olmasına görə isə xloroplastlara çevrilə bilirlər. Bundan başqa plastidlərin hər üç tipinin şəraitindən və inkişaf səviyyəsindən asılı olaraq birinin o birinə çevrilmə xüsusiyyəti var. Belə ki, meyvələrin yetişmə dövründə xloroplastların xromoplastlara çevrilməsi, leykoplastların xloroplastlara çevrilməsi-kartof yumrularının yaşıl rəng alması və s. onların genetik cəhətdən qohumluğunu isbat edir.

Plastidlərin ən qədim forması xloroplastidlər hesab olunur. Xromo və leykoplastlar isə xloroplastlardan törəmişlər.

Xloroplastlar - əksər bitki hüceyrələrində diametri 4-6 mkm, bəzən isə daha böyük ölçüdə olur (şəkil 21). Mikroskopik oval formalı, yaşıl rəngli iki membranlı quruluşa malik olan xloroplastların sayı 15-50-yə çata bilər. elektron mikroskopu ilə aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, iki membranlı xloroplastların xarici membranı hamar, daxili membranı isə qırıqlı quruluşa malikdir. Bu quruluşun yaranmasına səbəb qranlar və onların



Şəkil 21. Xloroplastın elektronmikroskopik quruluşu

disk şəkilli yığınlarından ibarət olan tilakoidlərdir. Tilakoidlər isə bir-birinə lamellalar vasitəsilə birləşir. Xloroplastlardakı piqmentlər qranlarda toplanmışdır. Qranlar isə xloroplastların stromasında yerləşir. İşıq kvantlarının udulmasından başlayaraq enerjinin çevrilməsinə qədərki proseslər xloroplastlarda-tilakoid membranında (fotokimyəvi proseslər), biokimyəvi reaksiyalar isə matriksdə və ya xloroplastların stromasında həyata keçirilir. Xloroplastların matriksində lipid və xiron təbiətli qlobullara rast gəlinir. Bundan başqa matriksdə ilkin nişasta dənəcikləri də olur. Adətən xloroplastlar uzunsov formalı olub, eni 2-4 mkm, uzunluğu isə 5-10 mkm olur. Yaşıl yosunlarda nəhəng xloroplastlar olur (xromotoforlar, onların uzunluğu 50 mkm-ə çatır). Plastidlərin miqdarı müxtəlif bitkilərdə müxtəlif olur. Məsələn: yaşıl yosunlarda hər hüceyrədə bir xloroplast olur. Ali bitkilərdə isə yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi 15-50 xloroplast olur. elə hüceyrələr var ki, orada xloroplastlar daha çox olur. Məsələn: maxorkanın polisad toxuma hüceyrələrində 1000-ə qədər xloroplast olur. Yetkin xloroplastlarda iki cür daxili membran olur. Bunlardan biri stromanın lamellərini əmələ gətirən yastı membran, ikincisi isə tilokoidlərin membranıdır. Stromanın lamelləri yastı, torbacıqlar şəklində olub bir-birinə paralel yerləşmişlər. Membranlı tilakoidlər isə disk şəkilli qapalı torbacıqlar olub, bir-birinin üzərinə toplanması nəticəsində qranlar əmələ gətirirlər. Bir qranda olan tilakoidlərin sayı dəyişkəndir. Hər bir qranda bir neçədən 50-yə qədər və daha çox tilakoid ola bilər. Belə tilakoidlər toplusunun ölçüsü isə 0,5 mkm-ə çata bilər. Qranlarda tilokoidlər elə yerləşmişlər ki, onların membranının xarici qatları bir-birinə sıx birləşir. Tilokoidlərin membranlarının birləşdiyi yerdə 2 nm qalınlığında sıx qat yerləşir. Qranlar tərkibinə qapalı tilokoidlərdən başqa lamellalar sahəsi də daxil ola bilər ki, onların da membranının tilokoid membranı ilə təmasıdan 2 nm qalınlığında qat yaranır. Beləliklə stromanın lamelləri xloroplastın ayrı-ayrı qranlarını bir-birinə birləşdirir. Lakin tilokoid boşluqları qapalı olduğundan stroma lamellərinin membran arası sahəsinə daxil olurlar. Xloroplastların stromasında da DNT və ribosomlar tapılmışdır. Həmçinin stromada ehtiyat polisaxaridlər-nişasta toplanır. Xloroplastların əsas xüsusiyyəti onların tərkibində yaşıl xlorofil piqmentinin olmasıdır.

ki, onun iştirakı ilə yaşıl bitkilər günəş enerjisini udaraq onu kimyəvi rabitələr enerjisinə çevirir. Odur ki, plastidlər də mitoxondrilər kimi enerjinin çevrilmə mərkəzidir. Plastidlərin digər tipi olan xromoplastidlər xloro və ya leykoplastlardan əmələ gəlirlər.

Xromoplastlar - qırmızı, sarı və narıncı rəngli, ikimembranlı, quruluşa malik mikroskopik orqanellərdir. Bu tip orqanellərin rəngi onlarda narıncı rəngli karotin və sarı rəngli ksantofil piqmentlərinin olmasından asılıdır. Xromoplastlar formalaşarkən, xloroplast tilakoidləri dağılır və matriksdə karotinoidlə zəngin qlobulların toplanması müşahidə edilir. Xromoplastların quruluşları əsasən şarşəkilli və mənşəyindən asılı olaraq isə müxtəlif kristallik quruluşda ola bilər. Bu orqanellər bitkinin çiçəyində, yetişmiş meyvələrində, yeratlı hissələrində və s. əmələ gələ bilər. Çiçəklərin ləçəklərində bu piqmentin olması onların tozlayıcı həşəratların cəlb edilməsində əhəmiyyətini artırır. Qeyd etdiyimiz kimi plastidlər proplastidlərdən əmələ gələ bilər. Xaricdən ikiqat membranla əhatə olunan proplastidlər plastidlərə çevriləndə onların ultrastrukturlarında, forma və ölçülərində dəyişkənliklər baş verir. Bölünmə yolu ilə əmələ gələn plastidlərdə DNT molekulunun olması prosesin tənzimlənməsində əsas rol oynayır.

Leykoplastlar - mikroskopik, küre şəkilli, rəngsiz plastidlərdir. Onlar bitkinin rəngsiz hissələrində toplanır. Belə ki, kökdə, kök yumrularında, gövdənin şəkildəyişmiş formalarında-kökümsov gövdə yumrusu və soğanaqlarda, ağacların gövdəsində leykoplastlara rast gəlmək olar. Kartof yumrularındakı aminoplastlar leykoplastlara tipik misaldır. Aminoplastlarda mono və disaxaridlərdən nişastanın ikinci sintezi gedir.

Bitkilərin rüşeym hüceyrələrindəki proplastidlərin forması, ölçüsü, rənginin dəyişməsindən digər plastidlər formalaşır. Əksər bitkilərdə plastidlər ana xətti ilə nəslə ötürülür.

HÜCEYRƏ MƏRKƏZİ

Hüceyrə mərkəzi 1875-ci ildə R.Hertviq tərəfindən dəniz kirpisinin rüşeyminin bölünməsi öyrənilərkən kəşf edilmişdir.

Hüceyrə mərkəzi çoxhüceyrəli heyvanların bütün hüceyrələrində, ibtidai orqanizmlərdə və bəzi bitki hüceyrələrində müşahidə olunur. O, işıq mikroskopunda yaxşı görünür. Hüceyrə mərkəzinin tərkibinə bir-birinə sentrodesmoz adlanan protoplazmatik saplar vasitəsilə birləşmiş iki sentriol daxildir. Sentrillar ya bilavasitə sitoplazmada ya da sentrosom adlanan küre şəkilli törəmənin mərkəzində yerləşir. Hüceyrə mərkəzinin bu şəkilli quruluşu əsasən bölünməyən hüceyrələr üçün xarakterikdir. Hüceyrə bölünməsi zamanı sentrosomun ətrafında əmələ gələn xüsusi şüalardan ibarət sahə-astrosfer onun quruluşunu bir qədər mürəkkəbləşdirə bilər. Bu şüalar fibrilyar saplardan ibarət olub qidalı sahəni əmələ gətirir.

Sentriolların incə quruluşunu işıq mikroskopu vasitəsilə öyrənmək mümkün deyil. Elektron mikroskopu ilə aparılan tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, hər bir sentriol diametri 1-0,15 mk, uzunluğu 0,3-0,6 mk olan iki silindrik cisimcikdən ibarətdir. Silindrin divarı 9 qrup borucuqlardan və hər qrup da 2-3 borucuqdan ibarətdir. Hüceyrə mərkəzi yerləşən bütün hüceyrələr üçün borucuqlar qrupunun sayı sabitdir. Sentriollar isə əksərən bir-birinə perpendikulyar olaraq cüt-cüt yerləşirlər. Hüceyrə mərkəzinin kimyəvi tərkibi haqqında məlumat azdır. Əsasən məlumdur ki, sentriollarda karbohidratlar, zülallar, az miqdarda lipidlər və çox az miqdarda RNT və DNT var.

Hüceyrə mərkəzi hüceyrənin bölünməsində böyük rol oynayır. İnterfaza mərhələsində ikiləşmiş sentriollar, profaza mərhələsində hüceyrənin qütblərinə çəkilirlər. Qütblərə çəkiləndə sentriolları birləşdirən sentrodesmozalardan iy teylləri və ya bölünmə vətərləri formalaşır. Sonra isə iy telləri xromosomların sentromer nahiyyələri ilə birləşərək onların qütblərə çəkilməsi prosesində iştirak edirlər.

Bunlarla bərabər bir çox tədqiqatlarda göstərilmişdir ki, ibtidai orqanizmlərdə kirpik və qamçıların formalaşması da sentriollarla bağlıdır. Qeyd edilən strukturlar bazal cisimcikdən və ya kinetosomdan inkişaf edirlər. Bütün bu müşahidələrə əsasən hələ keçən əsrin sonunda belə bir hipotez irəli sürülmüşdür: sentriollar və bazal cisimcik ya iy tellərinin əmələ gəlməsində, ya kirpik və qamçıların formalaşmasında iştirak edirlər, ya da hər iki funksiyanı eyni vaxtda yerinə yetirirlər. Elektron mikroskopik

tədqiqatlar göstərdi ki, sentriolların quruluşu, kirpik və qamçıların əsasında duran bazal cisimciyin quruluşuna oxşardır. Sentriolların və bazal dənəciyin funksiyası hərəkətlə bağlıdır, yəni onlar hüceyrə bölünən zaman xromosomların qütblərə çəkilməsində və hüceyrələrin özlərinin hərəkətində (kiprikli və qamçıli hərəkət) iştirak edirlər fəkil.

XÜSUSİ ORQANOİDLƏR

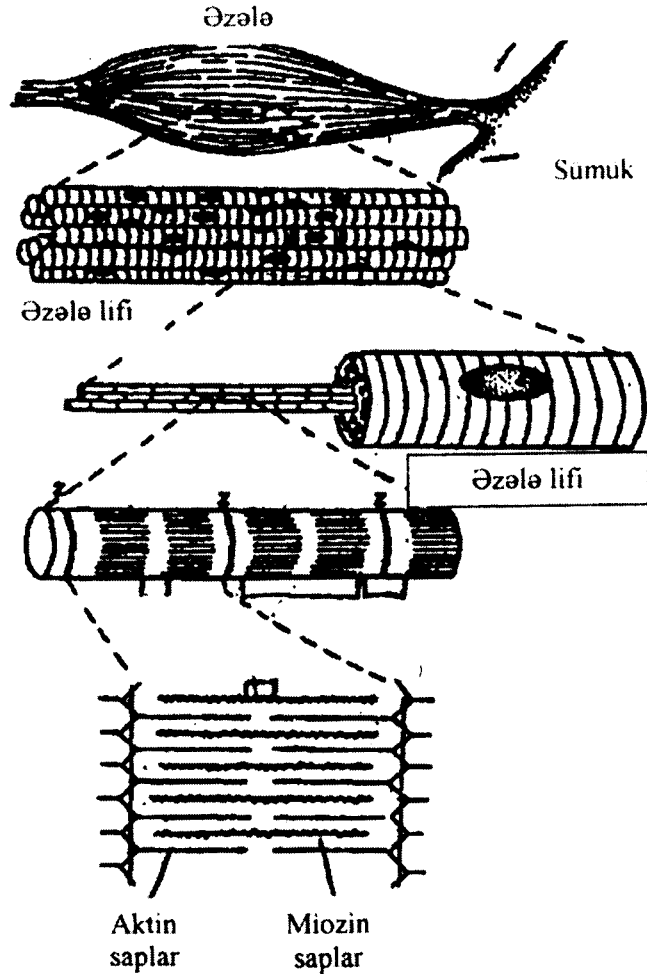
Bütün hüceyrələrə xas olmayıb, müəyyən qrup toxuma hüceyrələrində olur və həmin toxumanın ifa etdiyi vəzifənin yerinə yetirilməsində iştirak edir. Onlar bir çox bitki və heyvan hüceyrələrində rast gəlinir. Onlara hərəkət orqanoidləri (miofibrillər, kipriklər, qamçılar, atıcı kapsullar) dayaq strukturları (tonofibrillər), xarici qıcıqları qəbul edən orqanoidlər (fotoresptorlar, statoreseptorlar, fotoresptorlar), neyrofibrillər, sorulma, həlletmə funksiyası yerinə yetirən mikrotüçüklər və kutikula aiddir.

Miofibrillər - hüceyrənin xüsusi differensiasiyaya uğramış elementi olub, əzələlərin müxtəlif mürəkkəb hərəkətlərinin yerinə yetirilməsində iştirak edirlər.

İki cür miofibril ayırd edirlər. Eninə zolaqlı və sayə əzələ fibrilləri. Hər iki əzələ fibrilləri onurğalı və onurğasız heyvanlarda geniş yayılmışdır. Eninə zolaqlı əzələ fibrilləri buğumyaqlılar və xordalılar tipinin ürək əzələsində, skelet əzələsində sayə əzələləri isə onurğalıların daxili orqanlarında bir çox onurğasızların somatik əzələlərində rast gəlinir. Miofibrillərin quruluşu eninə zolaqlı əzələ fibrillərində daha yaxşı öyrənilmişdir. Işıq mikroskopları ilə öyrənmişlər ki, eninə zolaqlı əzələ çox uzun hüceyrələrdən ibarət olub, uzunluğu bir neçə sm-dən ibarət olur (şəkil 22). Hər bir belə hüceyrədə miofibrillər paralel cərgələrlə yerləşir. Miofibrillər sap formasında olub, bütün uzununu boyu təkrar olunan eninə zolaq və disklərdən təşkil olmuşdur. Bəzi disklər nisbətən enli və tünd, digərləri isə ensiz və açıq rənglidirlər. Tünd disklər polyarizasion mikroskopda işığı iki qat sındırdığına görə anizotrop disklər və ya qısaca olaraq A-disklər, nisbətən ensiz və açıq rəngli disklər isə işığı zəif sındırır

və izotrop diskler və ya *J* diskler adlanır. A və *J* diskler bütün əzələ hüceyrəsi boyu qanunauyğun surətdə növbələşirlər.

Hər bir A diski onun digər sahələrindən fərqlənən sıx olmayan iki hissəyə ayrılır və bu sahə H- zonası adlanır. Hər bir *J* diskinin ortasından isə nisbətən sıx sahə keçir ki, o da Z zona adlanır. İki Z zonası arasındakı sahə sarkomera hər bir miofibrilin təkrar olu-



Şəkil 22. Eninəzolaqlı əzələ lifinin quruluşu.

nan vahidi sayılır. Beləliklə hər bir miofibril uzununa yerləşən sakromerlərdən ibarət olub eyni quruluşa malik olur. Miofibrillərdən azad olan sahələr sitoplazma ilə dolur və o, əzələ hüceyrəsində sarkoplazma adlanır. Sarkoplazmada nüvə, mitoxondrilər və digər orqanoidlər yerləşirlər. Elektron mikroskopik tədqiqatlarının nəticələri göstərir ki, müxtəlif sistemə aid olan heyvanların eninə zolaqlı əzələ fibrilləri eyni quruluşa malikdirlər.

Elektron mikroskopunda hər bir miofibrilin bir dəstə çox nazik miofilamentdən ibarət olması müşahidə olunur. Onlara protofibrillər də deyilir. Miofilamentlər iki cür: nazik və qalın olur. Nazik miofilamentlər bütün tədqiq olunan heyvanlarda eyni diametrə malik olub 40-50 Å qalınlığında olması müşahidə edilmişdir. Qalın miofilamentlərin diametri isə 100-200 Å arasında dəyişə bilər. Qalın miofilamentlər ancaq A diski hududunda olub onu ayıran H diskindən keçir. Nazik miofilamentlər isə *J* diskindən H diskinə qədər uzanır. Onların ucları A diskinə keçir, lakin çox uzağa getmir. Belə ki, onların arasında H diskinə müvafiq sərbəst sahə qalır. A diskində nazik fibrillərin ucları qalın fibrillərin arasından keçir. Qalın və nazik fibrillər bir-birilə köndələn atmalarla əlaqələnilir. Eninə zolaqlı əzələ hüceyrələrinin yığılıb açılması mexanizminin müasir izahı fibrillərin bu cür quruluşu ilə sıxı surətdə əlaqədardır.

Belə güman edilir ki, nazik və qalın miofilamentlər əzələlərin yığılması zamanı öz uzunluqlarını dəyişdirmirlər. Lakin onlar sürüşərək yerlərini dəyişirlər. Yığılma zamanı qalın miofilamentlər A diski hududunda qalır, nazik miofilamentlər isə sürüşərək *J* diskindən A diskinə keçirlər. Odur ki, nazik miofilamentlərin ucları arasındakı məsafə azalır. Şiddətli əzələ yığılması zamanı həmçinin qalın miofilamentlərin də ucları yaxınlaşır, əzələ hüceyrəsinin bu cür yığılması nəzəriyyəsi «sürüşən saplar» nəzəriyyəsi adlanır.

Kimyəvi analizlər göstərmişdir ki, qalın miofilamentlər tərkibinə miozin, nazik miofilamentlərin tərkibinə isə aktin zülalı daxildir.

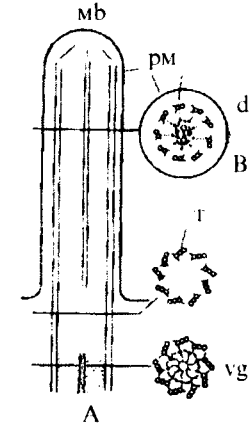
Aktin və miozinin qarşılıqlı təsirindən aktomiozin ferment sistemi yaranır. Bu isə qalın və nazik miofilamentlərin təmasından əmələ gəlir. Aktin və miozin ayrılıqda yığılmaq xüsusiyyətinə

malik olmur. Ancaq aktomiozin yığılma qabiliyyətinə malik olur. Deməli saya və eninə zolaqlı əzələlərin yığılıb açılması aktomiozinlə əlaqədardır. Aktomiozin onurğalı və onurğasız heyvanların əzələlərində tapılmışdır. Müxtəlif heyvanların saya əzələ fibrilləri eninə zolaqlı əzələ fibrillərinin quruluşuna oxşamır. Saya əzələ hüceyrələri tərkibinə də miofilamentlər daxildir. Ancaq onlar eninə zolaqlı fibrillərə nisbətən çox uzundurlar. Belə ki, onların uzunluğu hüceyrənin uzunluğu ilə ölçülür və diametri 100 A° bərabər olur.

Tonofibrillər - (dayaq fibrilləri) çox hüceyrəli orqanizmlərin bir çox hüceyrələrində: epteli, qlial hüceyrələrdə və s. ibtidai orqanizmlərdən infuzolarda rast gəlinir. Çox qatlı yastı epteli hüceyrələrində işıq mikroskopu ilə baxdıqda tonofibrillər çox aydın görünür. Elektron mikroskopu altında onların hər birinin diametri 60-150 A° olan çox nazik fibrillər dəstəsindən ibarət olması görünür. Hər dəstdə yüzlərlə fibril iştirak edir. Tonofibrillər bir hüceyrədən digərinə keçməyərək hüceyrə membranına yaxınlaşır və desmesomlara birləşirlər. Tonofibrillər ancaq heyvan orqanizmlərinin hüceyrələrinə xas olan orqanoiddir. Onların zülal təbiətli olması haqqında mülahizələr vardır. Çox qatlı yastı örtük epteli hüceyrələrində onlar α -keratin təbiətlidir. Bu orqanoidlər hüceyrədə dayaq-karkas rolunu oynayır. Özləri də hüceyrənin daimi strukturlarıdır.

Orqanizmdə bir çox hüceyrələrin hərəkət orqanoidi kirpik və qamçılardır. Işıq mikroskopunda bu strukturlar hüceyrənin çox nazik çıxıntıları kimi görünür. Kirpiklər və qamçılar sitoplazmada xüsusi dənəvər struktura-bazal cisimciyə birləşmiş olur. Kirpiklərin uzunluğu 5-10 mkm, qamçılar isə 150 mkm olurlar. Kirpik və qamçının qalınlığı 0,2 mkm olub, daxili strukturlarında elə bir fərq müşahidə olunmur. Bu orqanoidlər əsasən heyvan hüceyrələrinə xasdır. Kirpiklər nəfəs borusunda, kirpikli epteli hüceyrəsində, cinsiyət traktının müxtəlif şöbələrinin kirpikli epteli hüceyrələrində, qamçılar spermatozoidlərdə müşahidə olunur. Bundan başqa kirpiklər bir sıra ibtidailərdə, infuzorlarda, qamçılar isə-qamçılılar sinfinin nümayəndələrində yosunların zoosporlarında, ibtidai göbələklərdə, miksomisətlərdə və s. rast gəlinir.

- A - uzununa kəşik
B - kirpiyin eninə kəsiyi
V_g - bazal cisim tripletləri
pm - plazmatik membran
mb - mikroborular
d - mikroboruların dupleti
t - mikroboruların tripletləri



Şəkil 23. Kirpiyin ümumi quruluşu.

Hər bir kirpik silindrik quruluşa malik olub bütün uzununu boyu membran ilə örtülü olur. kirpiyin içərisində mürəkkəb strukturlu mikroborulardan ibarət aksonema yerləşir (şəkil 23). Kirpiyin aşağı bazal hissəsi sitoplazma içərisinə keçir. Bazal cisimcik öz strukturuna görə sentriollara çox oxşardır o da 9 triplet mikroborulardan ibarət olub, aşağı hissəsində konusvari başıqlı satelliti vardır. Aksonema bazal cisimcikdən fərqli olaraq 9 cüt dubletdən ibarət mikroborulardan təşkil olmuşdur. Mikroboruların dubletləri aksonemin radiusuna nisbətən azacıq əyilmiş şəkildədir (10°-yə qədər), xarici dubletlərdən başqa aksonemin mərkəzində bir cüt mərkəzi mikroboru yerləşir. Odur ki, kirpiklərin bütün mikroborularını (9x2)+2 şəklində təsvir edirlər. Mikroboruların dubletləri də iki cürdür.

1. A- mikroboruları - 13 submikroskopik vahiddən,
2. B- mikroboruları isə 11 submikroskopik vahiddən ibarət olur.

A mikroborularında xüsusi sahə olur ki, onun vasitəsilə B mikroboruları ilə birləşir. Aksonema və bazal cisimcik struktur cəhətdən bir-biri ilə əlqədar olub vahid bir sistem yaradırlar. Belə ki, bazal cismin tripletlərinin A və B mikroboruları aksonema A və B dubletlərinin mikroborularıdır. Lakin bazal cismin və aksonemin daxili strukturu isə bir-birindən kəskin fərqlənir. Bə-

zən bazal cismin aksonemə keçən sahəsində köndələn amorf lövhəyə rast gəlinir ki, o bazal cisimlə aksonemi bir-birindən ayırır. Bəzi orqanizmlərdə kirpiklərin ümumi quruluşunda müəyyən dəyişikliklərə rast gəlmək olur. Məsələn, bəzi hörümçəklərin və həşəratların spermi hüceyrələrində mərkəzi mikroboruların sayı 7-yə qədər dəyişə bilər.

Kirpik və qamçıların əsasında bəzən kökcüklər və ya kinodesmalara rast gəlinir ki, onlar 6 nm, qalınlığında nazik fibrillər dəstəsindən ibarət olur. Çox vaxt kinodesmalar bazal cisimdən sitoplazmanın içərisinə daxil olur və nüvəyə tərəf istiqamətlənir. Bu strukturların rolu məlum deyil. Onlar kolxitsin təsirindən dəyişmir, interfaz nüvənin sentriollarında da rast gəlir və kirpiyin əmələ gəlməsində iştirak etmirlər. Sentiolların və bazal cisimciyin oxşarlığı belə fikir yürütməyə imkan verir ki, bu strukturlar homoloji və identik strukturlardır. Bu nəzəriyyəyə görə sentriol növbə ilə iy tellərinin, kirpik və qamçıların əmələ gəlməsinə xidmət edə bilər. Daha doğrusu sentriol və bazal cisimcik eyni orqanoidin alternativ formasıdır. Bu fikri spermatogenez prosesində sentriolun davranışı daha əyani isbat edir. Belə ki, spermatogonilərdəki diplosomlar (hüceyrənin bölünməsində iştirak edən) iy tellərinin tərkibinə daxil olur. Spermatidlərdə diplosomun sentriollarından biri qamçının aksoneminin yaranmasında iştirak edir. İkincisi isə bu prosesdə iştirak etmir və yaranmış bazal cismin (aksonemin) yanında yerləşir. Mayalanma zamanı çox vaxt spermatozoidlər yumurta hüceyrəsinə başcığı ilə birgə bazal cismi də daxil edirlər ki, onlar da sentosferi yaradaraq bölünmədə sentriol kimi iştirak edirlər. Sentiollarla bazal cisimcik təkcə morfoloji cəhətdən deyil çoxalma cəhətdən də bir-birilə oxşadırlar. Bir çox tədqiqatçılar bazal cisimcik yanında sentriolların reduplikasiyası zamanı qüz prosentiollarına analoji olan strukturlar müşahidə etmişlər.

Kirpiklərin yaranması prosesində də bazal cisimcik tubulinlərin polimerləşməsinin əsasını təşkil edir. Lakin sentriollardan fərqli olaraq bu proseslər tripletlərin tərkibinə daxil olan mikroborularla əlaqədar olur. Bu proses ibtidailərdə, spermatidlərdə, digər kirpik və qamçıların böyüməsi və inkişafı prosesində müşahidə edilmişdir. Kirpiklərin əmələ gəlməsindən qabaq bir və ya bir neçə reduplikasiya olmuş sentriol hüceyrənin səthinə

çəkilir. Sitoplazmatik membranın altında toplanan sentriollardan kirpiklər əvvəlcə struktursuz sitoplazma kimi əmələ gəlir. Bununla yanaşı əvvəlcə periferik dubletlərin qısa mikroboruları, sonra isə mərkəzi boruları yaranır. Bütün deyilənlərdən belə nəticəyə gəlmək olur ki, kirpiklər sentriolların fəallaşması nəticəsində yaranır. Belə ki, sentriollar əvvəlcə aksonemlərin yaranmasına induksion olaraq təsir edir, özü isə inkişaf etməkdə olan kirpikciyin bazal ciçminə çevrilir. Bu halda sentriolun mürəkkəb tubulyar sistemin yaranmasında iştirakı başlanğıc material kimi istifadə olunur. Əsasında bazal cisimciyi olmayan normal aksonemli kirpik tapılmamışdır. Kimyəvi cəhətdən kirpiklər dinein zülalından, DNT, RNT və bir sıra digər zülallardan təşkil olmuşdur. Dinein kirpiklərin hərəkətlərini idarə edir. Başqa zülalların rolu isə hələ müəyyən deyil.

HÜCEYRƏDAXİLİ TÖRƏMƏLƏR

Hüceyrənin sitoplazmasında orqanoidlərdən başqa törəmələrə də rast gəlinir. Onlar orqanoidlərdən fərqli olaraq hüceyrənin daimi strukturları olmayıb, hüceyrənin həyat fəaliyyəti (metabolizm) ilə əlaqədar olaraq yaranırlar. Odur ki, metabolik proseslərin intensivliyindən asılı olaraq törəmələr hüceyrədə toplanır hüceyrə tərəfindən istifadə edilir, azalır, bəzən itir və yenidən hüceyrədə toplanma bilirlər. Adətən törəmələr hüceyrələrdə dənələr, damcılar, vakuollar, kristallar və s. şəklində mövcud olurlar. törəmələri hüceyrədə yaranması və istifadə olunması tipinə görə 3 qrupa bölürlər.

1. Trofik törəmələr.
2. Sekretor törəmələr.
3. Spesifik törəmələr.

Trofik törəmələr o törəmələrdir ki, onlar maddələr mübadiləsindən sonra ehtiyat qida maddəsi kimi hüceyrədə toplanır. Trofik törəmələrin hüceyrələrdə nümayəndəsi yağ, karbohidrat və zülal törəmələridir (şəkil 24).

Yağ törəmələri hüceyrələrdə iri və kiçik damlalar halında toplanır və demək olar ki, bütün hüceyrələrdə rast gəlinir. Lakin bəzi hüceyrələrdə onların miqdarı az olur, hüceyrə tərəfindən

daima istifadə edilir. Bəzi hüceyrələrdə isə məs: birləşdirici toxumanın yağ hüceyrələrində, amfibi və balıqların qara ciyərinin epitel hüceyrələrində yağ törəmələri çox olur. İbtidai orqanizmlərin hüceyrələrində də yağ törəmələri çox olur. Yağ törəmələrinin hüceyrələrdə toplanmasının heç bir orqanoidlə əlaqəsi yoxdur. Onlar sitoplazmanın matriksində toplanırlar.



Şəkil 24. Karbohidrat (A) və zülal dənələri (B).

Bəzən yağ törəmələrinin hüceyrədə çoxalması patoloji proseslərlə əlaqədar olur. Məs: qara ciyərin, ürəyin, böyrəyin piylənməsi zamanı onların hüceyrələrində çox miqdarda yağ törəməsi toplanır. Yağ törəməsi bütün bitkilərin hüceyrələrində də rast gəlinir. Ən çox yağ törəməsi bitkilərin toxumlarında və sporlarında olur. Bəzi bitkilərdə yağın miqdarı daha çox olur. Məs: zeytunda (meyvə yanlığı hüceyrələrində, günəbaxanda (toxumda), araxisdə və s. bitki hüceyrələrindəki yağ törəmələri əsasən olein, palmitin, stearin bəzən isə liolin təbiətli olurlar. Bunlardan palmitin və stearin doymuş yağlar olub parçalananda yüksək ərime temperaturuna malik yağ əmələ gətirirlər. Qalanları isə aşağı ərime temperaturuna malik yağlar əmələ gətirirlər. Bu yağ törəmələrindən başqa bəzi bitkilərdə yalnız həmin bitkinin özünə xas olan spesifik yağ törəmələri olur. Məs: efir yağları.

Belə yağlar çətirçiçəklilər (Apiacea), dodaqçiçəklilər (Lamiacea), ətirşah (Geraniaceae) və s. kimi sistematik qruplarda rast gəlinir. Bitkinin verdiyi iy həmin efir yağlarının miqdarından asılı olur. Efir yağları yığma qrup maddələr olub, tərkibinə azot, kükürd, alfatik terpenlərdən heraniol və s. daxil olur. Efir yağları bitki hüceyrələrinin sitoplazmasında olduğu kimi hüceyrə arası maddədə də rast gəlinir.

Karbohidrat - törəmələrinə hüceyrədə yığınlar və dənələr şəklində rast gəlinir. Heyvan hüceyrələrində karbohidrat törəmələrinin nümayəndəsi qlikogen, bitkilərdə isə nişastadır. Bu törəmələr də digər törəmələr kimi işıq mikroskopunda aydın görünür. Bütün heyvan hüceyrələrində qlikogen törəməsinə rast gəlinməsinə baxmayaraq o, ən çox əzələ hüceyrələrində, neyronlarda, qara ciyər hüceyrələrində rast gəlinir. Qlikogen hüceyrədə parçalanaraq enerji ayrılır və hüceyrə həmin enerjiden həyat fəaliyyəti prosesləri üçün istifadə edir. Elektron mikroskopu vasitəsilə qara ciyər hüceyrələrinin nüvələrində də qlikogen törəməsi tapılmışdır. Bu cür qlikogen ölçüsünə görə sitoplazmadakı qlikogendən kiçik olur. Qara ciyər hüceyrələrindəki qlikogen şəkər mübadiləsində artıq qalan qlükozadır ki, qan vasitəsilə qara ciyəre gətirilir və qlikogenə çevrilir, qanda şəkərin miqdarı azaldıqda isə qlikogen parçalanaraq qlükozaya çevrilərək qanda şəkərin miqdarının sabitliyini təmin edir.

Karbohidrat törəmələrinin bitki hüceyrələrindəki nümayəndəsi nişastadır. Nişasta bitki hüceyrələrində müxtəlif forma və ölçüdə toplanır. Yumru, oval, mərciməkvari, çubuqşəkilli və s. Nişasta törəmələrinin forması hər bir bitki növünün özünə məxsusdur.

Nişastanın ilkin sintezi xloroplastlarda gedir. Sonradan isə nişasta dənələri müxtəlif toxumalara ötürülür. Məlum olmuşdur ki, nişasta dənələri xloroplastlarda əmələ gəldikləri hissə ilə birgə qoparaq birlikdə toxumalara ötürülür. Elektron mikroskopu ilə nişasta dənəsinin öyrənilməsi göstərmişdir ki, hər bir nişasta dənəsi ayrı-ayrı qatlardan ibarət olub, hər qatdan isə radial iynəvari kristallar keçir. İbtidai bitkilərdə karbohidrat törəməsi nişastaya oxşar paramiloidlər və qırmızı yosun nişastalarıdır.

Zülal törəmələri - digər törəmələrə nisbətən hüceyrədə az rast gəlinirlər. Lakin bütün hüceyrələrdə olur. Heyvanlarda ən çox yumurta hüceyrələrində rast gəlinir.

İnmaca şar, lövhə, cübüq və s. şəklində olurlar. Əksər onurğalıların qara ciyər hüceyrələrində, ibtidailərdən balıqların dərisində parazitlik edən ixtioftirius infuzorlarında zülal törəmələri çox olur. Bitgilərdə zülal törəməsi aleyron dənələri şəklində rast gəlinir. Aleyron dənələri də əsasən rüşeym hüceyrələrində və endospermə olur. İstər heyvanlarda istərsə bitkilərdə zülal törəməsindən rüşeymin inkişafı prosesində əlavə qida maddəsi kimi istifadə edilir. Aleyron dənələri vaküolların suyu itirməsi nəticəsində bərkiməsi sayəsində əmələ gəlir. Zülal törəməsinin ölçüsü və quruluşu müxtəlif bitkilərdə fərqlidir. Ön iri zülal törəməsi yağlı bitkilərdən gənəgərçəkdə olur. Bəzi bitkilərdə nüvədə də zülal törəməsinə rast gəlinir. Bunlar intrenuklear zülal adlanır. Belə zülal törəməsinin miqdarı bəzən 100-dən çox olur. Hüceyrənin bölünməsindən əvvəl zülal kristalları sitoplazmaya düşür, orada əriyib həll olur, qız nüvələr əmələ gələndən sonra yenidən nüvədə toplanır.

Sekretor törəmələr - əsasən vəzi hüceyrələrində qranulalar şəklində rast gəlinir. Sekretlər elə törəmələrdir ki, onlar hüceyrələrdən hər hansı bir orqana və ya qana ifraz edilir və hüceyrənin həyat fəaliyyəti prosesində spesifik, xüsusi rol oynayır.

Endokrin vəziləri hüceyrələrində sekretor törəmələr hormonlar olub, onların hər birinin orqanizmin inkişafında xüsusi əhəmiyyəti var.

Həzm sistemi hüceyrələrində sekretor törəmələr həzm fermentləridir ki, onlar qıdanın həzmində xüsusi rol oynayır. Sekretor törəmələrə piy vəzilərinin ifraz etdiyi yağ törəməsinə də aid edirlər. Belə ki, bu yağ törəməsi piy vəzisinin axacağına daxil olaraq dəri epidermisini və tükləri yağlayır. Odur ki, bu yağ törəməsi trofik yağ törəməsindən fərqlənir. Kimyəvi təbiətinə görə sekretor törəmələr zülal, polisaxarid, lipoproteid, qlikoproteid və s. ola bilərlər.

Bitkilər aləmindəki hormonlar fitohormonlar adlanır və bitki hüceyrəsinin protoplastında sintez olunur. Onlar bitki hüceyrəsinin qılafından keçmək xüsusiyyətinə malik olub, müxtəlif prosesləri şiddətləndirə və reqlə edə bilirlər. Məs: hüceyrənin bölünməsinə, onların böyünə, orqanların formalaşmasını və s. Belə hormonlardan auksin, heteroauksin, hibberellini göstərmək

olar. Bunlar boy hormonları da adlanır. Boy hormonları bitkilərin boy nöqtəsi hüceyrələrində sintez olunur, oksigen və qida maddələrinin bitkinin püşeym toxuması hüceyrələrinə axmasını təmin edir. Sonra auksinlər bitkinin kövdəsi ilə aşağı hərəkət edərək differensiasiyaya uğramayan hüceyrələrin uzanmasına bununla buğum aralarının uzanmasına səbəb olur. Hazırda auksinlərlə yanaşı fusarium köbələklərindən alınan hiberellinlə bitkinin böy nöqtəsinə təsir etməklə gövdələrin uzanmasına, toxumaların sakitlik halından çıxmasına və s. nail olurlar.

Spesifik törəmələrə - piqmentlər, vitaminlər, fermentlər aiddir.

Piqmentlər kimyəvi cəhətcə müxtəlif təbiətli olurlar. Ancaq onları ümumiləşdirən bir cəhət var ki, o da onların canlı orqanizmdə olan təbii rəngləridir. Heyvan orqanizmlərində əsasən aşağıdakı piqmentlər olur: melanin, malyariya piqmentli, lipofussin, bilirubin, hemin, hemosiderin, hemotoidin və s.

Melanin, qonur, qara rəngli piqment olub zülal təbiətlidir. Yağlı həll edicilərdə üzvi və qeyri üzvi tirşularda həll olmur. Oksidləşdirici maddələr təsirindən (hidrogen peroksidi, xlor suyu) rəngsizləşir və gümüş duzlarını bərpa edir. Melanın piqmenti yumru, şar, topalar, çubuq şəkilində olur. Melanın dəridə, beyində, daxili orqanlarda, gözdə piqment epitelisində və s. rast gəlir.

Malyariya piqmenti melanindən turşu və qələvilərdə həll olması ilə həmçinin gümüş duzlarını bərpa etməsi ilə fərqlənir.

Lipofussin piqmenti tərkibində yağlı maddələr olur. Sarı, narıncı rəng verir, yağlı həll edicilərdə həll olur. Lipofussin damlalar, kiçik dənələr şəkilində hüceyrədə mövcud olur. Əsasən sinir hüceyrələrində xüsusilə sinir hüceyrələrinin qocalması ilə əlaqədar olaraq toplanır. Odur ki, onu bəzən qocalıq piqmenti də adlandırırlar. Bu piqment balıqlarda, amfibirlərdə və digər heyvanlarda da rast gəlir. Həmin piqment qana qırmızılıq verir, hemoqlobinin tərkibində olur. Hemosiderin və hemotoidin hemoqlobinin çevrilməsindən əmələ gəlir. Adətən qırmızı qan cisimciklərinin parçalandığı orqanlarda olur. Dalağa, qara ciyəre, böyrəyə qəhvəyi rəng verir. Ümumiyyətlə hemotoidin və hemosiderin, sarı, qəhvəyi, boz rənglər verirlər. Piqmentlər

adətən sitoplazmaya toplanır, bəzən çox nadir hallarda nüvədə də müşahidə edilir.

Bitki hüceyrələrində pıqmentlər adətən plastidlərlə (xloro və xromoplastlar) əlaqədardır. Bitkinin yaşıl hissələrinin hüceyrələrində xlorofillə yanaşı karotionoidlər də olur. (Həmin pıqmentlər haqqında orqanoidlər bəhsində ətraflı məlumat verilib). Bundan başqa bitki hüceyrələrinin hüceyrə şirəsində antosian və ona yaxın pıqmentlər olur. Antosianin hüceyrəyə verdiyi rəng hüceyrə şirəsinin PH-dan asılı olur. antosian turş mühitdə qırmızı, qələvi mühitdə göy rəng verir. Çiçəklərin, meyvə köklərinin, meyvələrin və s. rənglənməsində pıqmentlər xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Vitaminlər - hüceyrələrdə bizə məlum olan vitaminlərin əksəriyyəti vardır. Vitaminlər bioloji fəal maddələr olub, maddələr mübadiləsində bilavasitə iştirak etmirlər. Lakin onların çatmaması maddələr mübadiləsinin normal gedişini pozur. Bununla əlaqədar olaraq orqanizmdə müxtəlif xəstəliklər baş verir. Vitamin çatmaması ilə baş verən xəstəliklər, orqanizm həmin vitaminləri aldığı aradan götürülür.

Hüceyrələrdə A vitamini, B qrupu vitaminləri (B₁, B₅, B₆, B₁₂) C, D, PP, E və s. vitaminlər vardır. orqanizmlərdə A vitamini ancaq karotinin iştirakı ilə sintez olunur. Odur ki, karotinlərə A provitamini də deyilir. B qrupundan olan vitaminlər hüceyrələrdə çatmadıqda hüceyrənin karbohidrat mübadiləsi pozulur. Daha doğrusu karbohidratlar mübadilənin son məhsulu olan H₂O və CO₂-yə qədər parçalanmayaraq aralıq maddəsi süd turşusu (C₃H₆O₃) əmələ gətirirlər ki, onlar da sinir uclarına qıcıqlandırıcı təsir edərək əsəbilik yorgünlük və s. əlamətlər yaradırlar. Orqanizmin B vitamininə olan tələbatı ödəniləndə həmin proseslər aradan çıxır. C vitamini və ya askarbin turşusu oksidləşdirici bərpa edici reaksiyaların normal gedişində böyük rol oynayır. D vitamini orqanizmdə duz mübadiləsini xüsusilə fosfor və kalsium mübadiləsini tənzim edir.

K vitamini qanın normal laxtalanmasında iştirak edir. Beləliklə vitaminlərdən hər biri bu və ya digər prosesin normal gedişini təmin edir.

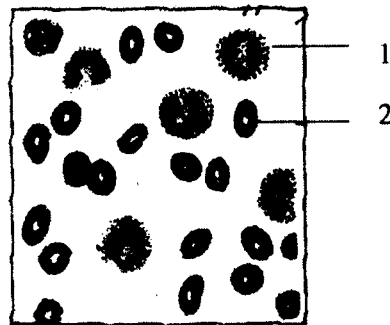
Fermentlər - zülal təbiətli biokatalizatorlar olub, oksidləşdirici, reduksə edici, hidrolitik, katalitik və s. proseslərdə iştirak edirlər.

Hazırda hüceyrədə 1000-dən çox ferment olması mə'lumdur. Bütün fermentlər öz tə'sirinə görə hidrolitik və desmolitik olmaqla iki qrupa bölünür. Hidrolitik fermentlər iri molekullu üzvü maddələrin parçalanmasında iştirak edirlər. Onlar üzvü maddələrdəki peptid, amin, mürəkkəb efir, qlukozid və s. rabitələri parçalayır və onların iştirakı ilə hüceyrə daxili mübadilə gedir. Bu fermentlərin iştirakı ilə hüceyrədə enerji yaranır. İstifadə olunmayan enerji ehtiyat halında hüceyrələrdə saxlanır. Desmolitik fermentlər isə hidrolitik fermentlərdən fərqli olaraq öz fəaliyyətləri üçün enerji tələb edirlər. Bu fermentlər (oksidləşdirici-bərpa edici) tənəffüs qıçırma kimi prosesləri idarə edirlər. Bütün bunlardan başqa xüsusi törəmələrə fitohormonlar da aiddir. Onlardan auksin, heteroauksin, hiberellini göstərmək olar. Bunlar bəzi hormonları da adlanırlar. Boy hormonları bitkilərin boy nöqtəsi hüceyrələrində sintez olunur, oksigenin və qida maddələrinin bitkinin rüseyim toxuması hüceyrələrinə axmasını təmin edir. Sonra auksinlər bitkinin gövdəsi ilə aşağı hərəkət edərək, differensiasiyaya uğramayan hüceyrələrin uzanmasına bununla bugum aralarının uzanmasına səbəb olur.

IV FƏSİL

NÜVƏ

Nüvə hər bir eukariot hüceyrənin vacib hissəsidir. Nüvə adətən sitoplazmadan nüvə membranı ilə ayrılır. Nüvə içərisində bir və ya bir neçə nüvəcik müşahidə olunur ki, onlar nüvənin digər strukturlarından işıq sındırma əmsalına görə fərqlənirlər. Bakteriyalar və göy-yaşıl yosunlarda formalaşmış nüvə olmur. Onlarda nüvə maddəsi olur ki, o da sitoplazmadan nüvə membranı ilə ayrılmaz və içərisində nüvəcik də olmur. Lakin nüvənin əsas komponenti-irsiyyətin daşıyıcıları olan xromosomlar bütün hüceyrələrdə olur. Nüvə formasına görə çox müxtəlif olur. Çox vaxt onun forması hüceyrənin formasına uyğun olur. Məs: yumru və kub şəkilli hüceyrələrdə nüvə yumru, silindrik hüceyrələrdə ellipsvari nüvələr, əzələ hüceyrələrində uzunsov-çop şəkilli nüvələr və s. olur. Lakin bəzən belə qanunauyğunluq pozulur: Məs: şaxəli sinir hüceyrələrində nüvə onun formasına müvafiq olmayaraq yumrudur, leykosit hüceyrələri yumru olduğu halda onun nüvələri dilimlidir və s. (şəkil 25).



1- Dilimli nüvəli leykosit
2- Nüvəsiz eritrosit

Şəkil 25.

Nüvənin miqdarı da müxtəlif hüceyrələrdə müxtəlifdir. Adətən hər hüceyrədə bir nüvə olur, lakin bəzən 2 nüvəli (qaraciyərin bəzi parenxim hüceyrələri, qığırdaq hüceyrələri), çox nüvəli (sifonlu yosunlar, eninə zolaqlı əzələ fibrilləri) hüceyrələr də olur. Hər bir hüceyrədə nüvənin ölçüsü ilə sitoplazma ölçüsü arasında müəyyən münasibət olur. Daha doğrusu müəyyən həcmli nüvə müvafiq həcmli sitoplazmadakı prosesləri idarə edə bilir ki, buna nüvə-sitoplazma münasibətləri deyilir və

$$\frac{V_n}{V_s - V_n} = \text{const}$$

düsturuna uyğun idarə edilir.

V_s -sitoplazmanın həcmi, V_n -isə nüvənin həcmi göstərir.

Funksiyaca nüvələr interfaz və bölünən hüceyrələrin nüvələri olmaqla fərqlənirlər. Interfaz nüvədə şiddətli sintez prosesləri gedir. Bölünən hüceyrələrin nüvələri isə hüceyrənin bölünməsi prosesini idarə edirlər. Lakin bütün interfaz nüvələr eyni olmur. Bu cəhətdən onlar:

1. İki bölünmə arasındakı interfaz nüvələr.
2. Bölünməyən lakin bölünmə qabiliyyəti olan hüceyrələrin interfaz nüvələri.
3. Bölünmə qabiliyyətini itirmiş hüceyrələrin interfaz nüvələri olurlar. Axırncı iki tip interfaz nüvəni bir-birindən ayırmaq çətin olduğundan nüvələri avtosintetik və heterosintetik olmaqla 2 qrupa ayırırlar.

Avtosintetik nüvələrə bir bölünmədən digər bölünməyə qədər olan interfaz nüvələr, heterosintetik nüvələrə isə ümumiyyətlə bölünməyən hüceyrələrin interfaz nüvələri aid edilir. Bu cür interfaz nüvələrin əsas komponentləri aşağıdakılardır:

1. Nüvə membranı.
2. Nüvə şirəsi-karioplazma.
3. Bir və ya bir neçə yumru nüvəcik.
4. Xromatin maddəsindən ibarət olan xromosomlar.

Nüvə ilk dəfə 1833-cü ildə Broun tərəfindən səlhəb bitkilərinin hüceyrələrində kəşf edilmişdir. Sonradan məlum oldu ki, nüvə bütün ali orqanizmlərin hüceyrələrinə xas olan strukturdur.

Nüvə bütün eukariot hüceyrələrinə xas olan struktur olub membranı iki-daxili və xarici qatdan ibarətdir. Daxili və xarici

nüvə membranı arasında perinuklear sahə olur. Nüvə membranı məsamələrlə zəngin olur. Nüvə membranı morfoloji xüsusiyyətlərinə görə hüceyrənin digər membran strukturlarından fərqlənir. Belə ki, onun qalınlığı 7 nm olub, qatları osmiofildir, perinuklear sahə isə 20-60 nm. Qalınlığındadır. Nüvə membranı başqa membran sistemlərindən birdə onunla fərqlənir ki, nüvə membranında xüsusi məsamələr var ki, onlar ikiqat membranın müəyyən sahələrdə birləşməsi nəticəsində yaranır və nüvəni hər tərəfdən əhatə edir. Nüvə membranı hüceyrənin sitoplazması içərisinə qatlanaraq endoplazmatik şəbəkəni əmələ gətirir. Xarici nüvə membranı üzərində çoxlu miqdarda ribosomlar yerləşir. Daxili nüvə membranı isə nüvənin xromosom membranı ilə təmasda olur. Nüvə məsamələrini elektron mikroskopu ilə müşahidə etdikdə onun qlobulyar və fibrilyar strukturlu maddə ilə zəngin olduğu görünür. Nüvənin bütün membran məsamələri bu maddələrlə birlikdə nüvə məsamələri kompleksi adlanır. Nüvə məsamələri kompleksi zülal təbiətli olub, proteolitik fermentlər təsirindən parçalanır və maddələrin keçiriciliyində iştirak edir. Müəyyən hüceyrələrdə məsamələrin ölçüsü sabitdir, məsamələrin miqdarı isə nüvə həcmindən və hüceyrənin funksional fəallığından asılıdır. Toxuma kulturasında fəal çoxalan hüceyrələrdə 1 mkm² nüvə membranı sahəsində 45 məsamə olur. Umumiyyətlə isə nüvə membranında 12000-ə qədər məsamə olur. Çox iri nüvələrdə məs, suda-quruda yaşayanların oosit hüceyrələrinin nüvələrində 10⁶ məsamə olur. Nüvə membranında məsamələrin sayı hüceyrələrin metabolik fəallığından asılıdır. Sintetik proseslər çox olduqca məsamlərin də sayı artır. Məs: ibtidai onurğalılarda eritroblast hüceyrələrində (eritrosit yaranan) hemoqlobinin intensiv sintez dövründə 1 mkm² membran sahəsində 30 məsamə olur. Hemoqlobin sintezi qurtarıqdan sonra yetkin eritrositlərdə eyni sahədə 5 məsamə olur. Tam yetkin spermatozoidlərin nüvə membranında məsamə olmur. Mitozdan sonrakı dövrdə nüvə rekonstruksiyası və böyüməsi dövründə məsamələrin çoxalmasının 1-ci mərhələsi rast gəlir, məsamələrin çoxalmasının 2-ci mərhələsi isə DNT-nin sintezi dövründə rast gəlir. Əksər hüceyrələrdə (ibtidailərdən başqa) mitoz dövründə nüvə membranı parçalanır və mitozdan sonra yenidən yaranır. Bu zaman mitozun profaza mərhələsində

xromosomların kondensasiyası ilə əlaqədar olaraq, nüvə membranının onlarla əlaqəsi kəsilir və bəzi nahiyyələrdə əriyərək yastı vakuol və çən formasını alır. Bu zaman hələ nüvə membranı məsamələrini elektron mikroskopunda müşahidə etmək olur. sonradan məsamələr itir, nüvə membranı isə torbavari çənlər şəklində nüvənin yerində toplanır. Sonradan mitozun metafaza mərhələsində nüvə membranı elementləri iy telləri vasitəsilə hüceyrənin kənarına doğru itələnir. Anafaza mərhələsi qurtarıqdan sonra xromosomların hərəkətinin dayanması ilə əlaqədar olaraq sitoplazmadakı torbavari vakuollar (membrandan yaranan) çənlər, eləcə də endoplazmatik retikulumun çənləri və kanalları xromosomlarla yaxınlaşaraq, onların səthləri ilə təmasda olur, getdikcə həmin çənlər torbavari vakuollar, qabarcıqlar birləşərək iriləşir. Artıq bu dövrdə xromosomlarda da dekondensasiya prosesi gedir, onun spiralları açılır, bir-birinə sarılaraq yumaq əmələ gətirir. Sonra iriləşmiş vakuollar, qabarcıqlar açılaraq birləşir və əmələ gəlmiş yumağı (nüvəni) əhatə edərək yenidən nüvə membranı əmələ gəlir. Elə bu dövrdə nüvənin ikiqat membranı üzərində məsamələr də əmələ gəlir. Nüvə membranı kimyəvi cəhətdən də öyrənilmiş və məlum olmuşdur ki, onun tərkibində 0,8% DNT, 3-9% RNT, 13-35% lipidlər, 50-75% zülallar vardır. Nüvə membranında fosfolipidlər çox, xolestrin isə azdır. Daxili nüvə membranında sfinqomiyelin daha azdır. Nüvə membranının zülal tərkibi çox mürəkkəbdir. Burada endoplazmatik şəbəkədə rast gələn bəzi fermentlər: qlukoza-6-fosfotaza, Mg-dan asılı ATF-aza, qliyutomat dehidrokinaza və s. rast gəlinir. Oksidləşdirici fermentlərdən: sitoxrom-oksidadza, NADN-sitoxrom-s reduktaza və müxtəlif sitoxromlar rast gəlinir. Nüvə membranında oksidləşmə və oksidləşdirici fosforlaşma reaksiyalarının getməsi, görünür nüvədə gedən prosesləri enerji ilə təmin etməyə doğru yönəlmişdir. Nüvə membranı zülalları içərisində histon zülallarının olması, xromosomların nüvə membranı ilə əlaqədə olmasını bir daha sübut edir. Nüvə membranında RNT-nin olması, xarici membran üzərindəki ribosomlarla əlaqədardır. Nüvə şirəsi-karioplazma əsasən xromatin maddəsindən təşkil olmuşdur. Xromatin maddəsi isə DNT və zülaldan ibarətdir. Lakin sitoplazmadakı maddələr az miqdarda da olsa nüvəni də tərkibində rast gəlinir. Nüvə tərkibində 60-

70% zülal, 30-40% isə DNT olur. Nüvə tərkibindəki zülallar histon (qələvi) və histon olmayan (turş) zülallardır. Zülalların histon olması onunla əlaqədardır ki, bu zülalların tərkibində triptofan yoxdur, əksinə lizin və arqinin isə çoxdur. Histon zülallar polisomlarda sintez olunur, sonra sitoplazmadan nüvəyə keçərək DNT ilə birləşib, DNT-histon kompleksi əmələ gətirir. DNT-histon kompleksi hüceyrədə sabit struktur hesab olunur. Belə ki, 4 hüceyrə generasiyası dövründə bu kompleks dəyişmədən sabit qalır. Güman edilir ki, histon zülallar xromosom DNT-nin xüsusi yığılmasını təmin edir və transkripsiyayı nizama salır. Histon olmayan zülalların tərkibinə reparasiya, transkripsiya və reduplikasiyaya məsul olan fermentlərlə yanaşı digər zülallar da daxil olur. Histon olmayan zülallar DNT-də nukleotidlərin müəyyən ardıcılığını tanıyan, bilən, requlyator rolunu oynayan xüsusi zülallardır.

Xromatin tərkibindəki RNT onun tərkibindəki DNT-nin 0,2-1,5 faizini təşkil edir. Bu hüceyrədə məlum olan r-RNT, m-PNT, n-RNT-sidir. Xromatin tərkibinə həmçinin onun tərkibindəki DNT-nin 1% qədər lipid daxil olur. Xromatin tərkibindəki lipidin rolu hələ də məlum deyil.

Nüvəcik - interfaz nüvənin daimi hissəsidir. Nüvəcik xromosomların struktur elementlərindən olan nüvəcik yaranan sahədən əmələ gəlir. Bəzi hüceyrələrdə nüvəcik yaxşı görünür, kiçik sıx nüvəsi olan hüceyrələrdə nüvəciyi görmək çətinlik törədir. Nüvəciyin miqdarı kariotipdə nüvəcik yaranan xromosomların (disentrik) miqdarından asılıdır. Məs. Qarğıdalıda haploid hüceyrələrdə 10, insanda 5 nüvəcik var ki, bu da növ əlamətidir.

Xromosomda nüvəcik yaranan sahənin çıxarılması nüvə funksiyalarının pozulmasına səbəb olmuşdur. Bu onu göstərir ki, nüvəcik sahəsi müəyyən tip RNT yaranması sahəsidir ki, həmin RNT-nin olmaması orqanizmin yaşaması üçün lazım olan müəyyən zülalların sintezi prosesini pozur və orqanizm məhv olur. Bu cür mülahizələr bir sıra faktlara əsaslanmışdır.

1. Azot əsaslarının miqdarı nüvəcikdə və ribosom RNT-də eynidir.

2. Rittos və Speqelman təcrübələri isbat etmişdir ki, ribosom RNT-si nüvəcik sahəsinə uyğun gələn DNT ilə hibrid kompleks

yarada bilir. Bu onu isbat edir ki, ribosom RNT-si və nüvəcik DNT-sində nukleotidlər komplementar ardıcılığa malikdirlər.

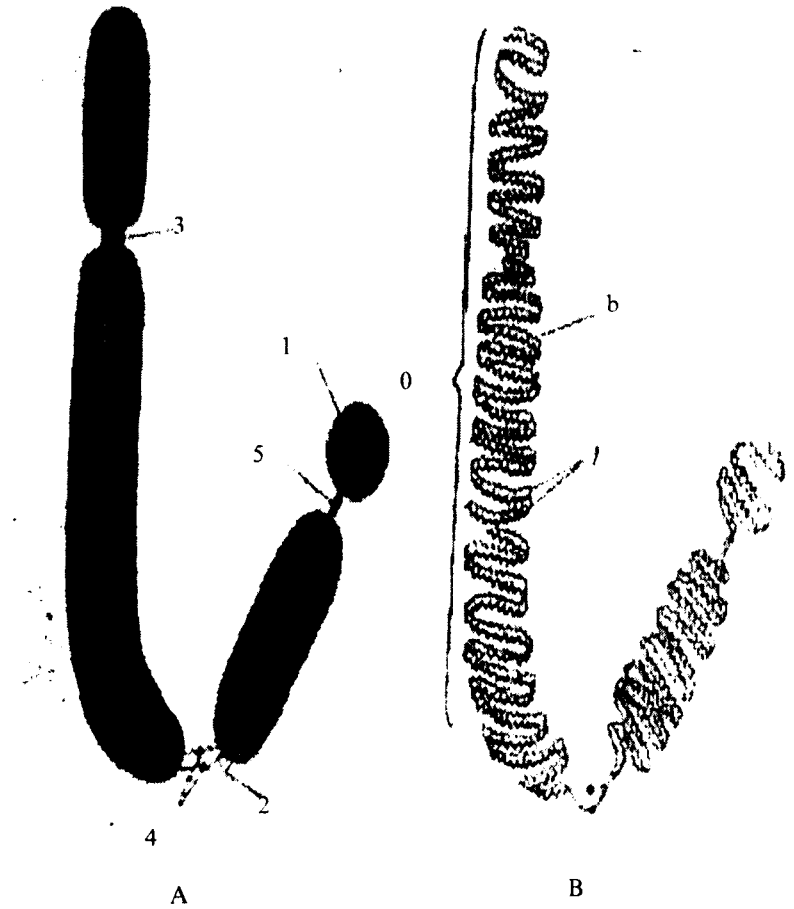
3. Ribosom RNT-si hər hansı bir səbəbdən hüceyrədə istifadə edildikdə, nüvəcikdən məhrum olan nüvə həmin RNT-ni bərpa etmək qabiliyyətinə malik olmur. Bu da öz növbəsində zülal sintezini pozur.

4. Nüvəcikdən məhrum olan mutantlar rüseym halında məhv olurlar. Beləliklə nüvəcik xromosom məhsulu olub, hər hüceyrə tsiklində ondan ayrılır və yenidən əmələ gəlir. Nüvəcik xromosomdan mitoz və meyoza profazanın sonunda ayrılır, metafazada itir, telofazada isə genetik nəzarətlə yenidən yaranır. Nüvəciyin hüceyrə tsiklində özünü belə aparması səbəbləri tam aydın olmasa da lakin məlumdur ki, nüvəciyin xromosomdan ayrılması anafazada yeni nüvəciklər yaradacaq xromosomların düzgün ayrılması üçün şərait yaradır. Struktur cəhətcə nüvəcik işıq sındırma əmsalına görə nüvədən fərqlənən, xarici membran olmayan, əsasən RNT və qələvi zülallardan ibarət olan nüvə komponentidir. Işıq mikroskopunda növündən asılı olaraq müxtəlif formada müşahidə olunan homogen kompakt strukturdur. Elektron mikroskopunda isə nüvəcik daxilində sapvari struktur müşahidə edilir ki, buna nukleonema deyilir. Nüvəciyin həcmi müxtəlif növ hüceyrələrdə müxtəlif olur və hüceyrənin funksional vəziyyətindən asılı olur. İri nüvəciklər adətən rüseym hüceyrələrində və aktiv zülal sintez edən hüceyrələrdə olur. Nüvəcik tərkibi yüksək konsentrasiyalı fosfoprotein tipli RNT, DNT sərbəst və ya birləşmiş fosfatlar, maqnezium, kalium, sink və dəmirdən ibarətdir. Hər bir nüvəcik nüvə daxilində bir xromosomla əlaqədar olduğundan nüvəcik tərkibində olan DNT həmin xromosomun DNT-si ilə əlaqədar olur. Nüvəciyin elektron mikroskopik tədqiqatı göstərmişdir ki, o fibrillyar və qranulyar substansiyadan ibarətdir. Fibrillyar sahə-zülallar, qranulyar sahə isə 200 Å diametrli RNT saxlayan hissələrdir. Hazırda məlum olmuşdur ki, bu hissələr ribosom yaranmasında iştirak edirlər. ³H-timidin və ³H-sitidin nişanlanmış atomlarının iştirakı ilə müəyyən etmişlər ki, həmin ribosomlar sonradan sitoplazmaya ötürülür və sitoplazmatik ribosomları təşkil edir. Deməli nüvəciyin rolu sitoplazma ribosomlarını yaratmaqdan, təşkil etməkdən ibarətdir.

Xenopus qurbağasının mutant formalarında heterozigot vəziyyətdə nüvəcik yaranması prosesi dayanır. Odur ki, bu cür qurbağaların rüşeymi ancaq blastula mərhələsinə qədər inkişaf edir. Blastomerlərin nüvəcikləri ribosom əmələ gətirmədikləri üçün rüşeym məhv olur. İnkişafın ilk mərhələləri isə çox güman ki, ovogenez prosessində yaranan ribosomlar hesabına gedir. Deməli ribosomlar nüvəcikdə yaranır. Lakin başlanğıc material olan RNT və zülallarını yaranmasını xromosomlar idarə edirlər.

Xromosomlar. - Hər bir hüceyrənin fərdi inkişafının müəyyən dövründə xromatin maddəsindən xromosomlar formalaşır. Işıq mikroskopları ilə xromosomlar interfaz nüvədə müşahidə edilmir. Onlar mitoz və meyozun metafaza mərhələsində çox yaxşı görünür. Odur ki, onların morfolojiyasını, ölçüsünü, sayını öyrənmək üçün metafaza ən əlverişli dövr sayılır. Lakin bəzi hüceyrələrdə məs. iki qanadlıların tüpürcək vəzi hüceyrələrində olan nəhəng xromosomları interfaza dövründə də öyrənmək mümkündür. Heyvan və bitki xromosomları metafaza mərhələsində müxtəlif uzunluqda və müəyyən qalınlıqda çop şəkilli olurlar. Hər bir xromosomda onun çiyinlərini bir-birindən ayıran sentromer olur (şəkil 26). Sentromerin xromosomda tutduğu mövqəə görə morfoloji cəhətdən xromosomlar üç cür olur. Əgər sentromer xromosom çuyinlərini bərabər bölürsə belə xromosomlar **metasentrik** adlanır. Sentromer xromosom çiyinlərini qeyri bərabər böldükdə xromosomlar **sub-metasentrik** adlanır. Sentromer xromosom çiyinlərindən birinin üçüdə olduqda 2-ci xromosom çiyini çox qısa olur. Demək olar ki, görünmür. Bu cür xromosomlar **akrosentrik** xromosom adlanır. Sentromerin xromosoma birləşən yerinə **kinetaxor** və ya **birinci daralma** yeri deyilir. Bəzən xromosom dəsti içərisində ikinci daralma yerinə malik olan xromosomlar da olur. Belə xromosomlara **disentrik** (iki sentromerli) xromosom deyilir. Lakin çox sentromerli xromosomlar da olur ki, onlara **polisentrik** xromosmlar deyilir şəkil 26.

Bəzi xromosomlarda olan ikinci daralma yeri xromosomun distal ucuna yaxın olur və nüvəcik yaradan zona adlanır. Belə ki, kariotipdə disentrik xromosomun miqdarı qədər də nüvəcik olur. R-RNT-sinin sintezi üçün məsul olan DNT elə həmin zonada yerləşir.



- A. 1-peyk
2- xromosomun ilkin daralması
3- xromosomun ikinci daralması
4- sentromer
5- peyki birləşdirən xromatin sap.

- B. 1-xromomer
a - iri spiral
b - kiçik spiral

Şəkil 26. Xromosomun quruluş sxemi.

Xromosom çiyinlərinin uc hissələri **telomer** adlanır. Xromosomların telomer ucları bir-birilə və xromosom fraqmentləri ilə birləşmə qabiliyyətinə malik deyillər.

Müxtəlif orqanizmlərin xromosomları ölçülərinə görə müxtəlif olurlar. Belə ki, xromosomların uzunluğu 0,2-dən 50 mkm-ə qədər olurlar. Ən kiçik xromosomlar ibtidailərdən göbələklərdə, yosunlarda, eləcə də kətanda, dəniz qamışında rast gəlinir. Onlar o qədər kiçikdirlər ki, işıq mikroskoplarında güclə seçilirlər. Ən iri xromosomlar, iki qanadlılarda, amfibilərdə, süsənlərdə olur. İnsan xromosomları 1,5-10 mkm uzunluğunda olurlar. Müxtəlif növlərdə xromosomların sayı da müxtəlif olur. Növ daxilində isə xromosomun sayı eyni olur. Bəzi radiolarilərdə 1000-16000 xromosom olur. Bitkilərdə ən çox xromosom qıjılarda (500) olur. Tütünün elə növləri var ki, 308 xromosomu var. Ən az xromosom-askaridlərdə olur. onlarda xromosomun haploid sayı bir, diploid sayı ikidir. Bitkilər aləmində ən az xromosom mürəkkəb çiçəklilərdən olan **Haplopappus gracilis**-də olur. Onun xromosomunun diploid sayı 4-dır.

Xromosomların morfolojiyası, sayı, ölçüsü kariotip adlanır. Hətta ən yaxın növlər belə kariotipinə görə bir-birindən fərqlənir. Təbiətdə eyni kariotipə malik olan iki növ tapmaq mümkün deyil. Eyni kariotip daxilində bəzən ölçüsünə və morfolojiyasına görə oxşar xromosomlar olsa da onlar genetik cəhətdən bir-birindən kəskin fərqlənirlər. Məs. İnsan kariotipində olan 46 xromosomdan 6-cı xromosom və X xromosomu həm ölçü, həm də morfoloji cəhətdən oxşardır. Lakin xromosomların differensial rənglənməsi üsulundan istifadə etməklə aydın olmuşdur ki, bu xromosomlar daxili quruluşuna görə bir-birindən kəskin fərqlənir. Müxtəlif alimlər xromosom sahələrinin müxtəlif cür rənglənməsini onların kimyəvi cəhətdən fərqlənmələri ilə izah edirlər. Bir sıra alimlər göstərir ki, xromosomların seçici rənglənməsi heteroxromatin sahəsinin lokalizasiyası ilə əlaqədardır. Heteroxromatin dedikdə interfazada xromosomların kompakt qalan, yaxşı rənglənən sahələri nəzərdə tutulur. Interfazada dekondensasiya olmuş, spiralları açılmış xromosom sahələrinə isə euxromatin sahə deyilir.

Euxromatin sahəsi xromosomun ən aktiv sahəsi hesab edilir. Orqanizmin və hüceyrənin bütün əsas gen kompleksi euxromatin

sahəsində yerləşir. Heteroxromatin, adətən xromosomun telomer, sentromer və nüvəcik sahəsi ətrafında yerləşir. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi onlar bütün xromosom tsikli dövründə kondensasiya olmuş vəziyyətdə olub, hətta interfazada görünürlər. Heteroxromatinin müəyyən sahəsinin itməsi hüceyrənin ölümünə səbəb olmur. Kimyəvi faktorların təsiri nəticəsində xromosomun heteroxromatin sahəsində euxromatin sahəyə nisbətən daha çox qırılmalar baş verir. Sitoloji və genetik tədqiqatlar göstərir ki, bu halda heteroxromatin euxromatin sahəyə güclü təsir göstərir, euxromatin sahə də kondensasiyaya uğrayır, onların funksiyaları zəifləyir, genlər inaktivasiyaya uğrayır. Bu zaman euxromatin sahəsində RNT sintezi zəifləyir və ya tamamilə dayanır. Lakin euxromatin sahənin heteroxromatinləşməsi müvəqqəti xarakter daşıyır. Nüvənin funksional fəallığı bərpa edildikdə xromatin seyrəkləşir və euxromatin vəziyyətinə keçir.

Hazırda struktur və fakültativ heteroxromatin ayırd edirlər. Struktur heteroxromatin nüvədə RNT sintezi cəhətdən fəal olmur. Onların replikasiyası əsasən nüvə DNT-si sintezinin sonunda başlayır. Məlum olmuşdur ki, heteroxromatinlə zəngin olan nüvə fraksiyasındakı DNT-də nukleotidlər ardıcılıqla təkrar yerləşir. Eləcə də sentomərə yaxın yerləşən heteroxromatinin satellit DNT-nə malik olur. Yəni bu zonanın DNT-də nukleotid ardıcılıqları tez-tez təkrar olur. DNT-nin bu fraksiyası RNT-nin heç bir formasının transkripsiyasında iştirak etmir, yəni qeyri fəaldır.

Heteroxromatinin telomer vəziyyəti əsasən bitkilərin xromosomlarında rast gəlinir. Bu zaman euxromatin zona arasında azacıq heteroxromatin sahələrə rast gəlinir. Struktur heteroxromatinin vəzifəsi tam məlum deyil. Güman edilir ki, o nüvənin ümumi strukturunun saxlanması xromatinin nüvə qışasına birləşməsində iştirak edir, meyoza homoloji xromosomlar sahələrinin tanınması, həmçinin qonşu genlərin ayrılması zonasını müəyyənləşdirmək rolunu oynayaraq gen fəallığının regulasiyasında iştirak edir.

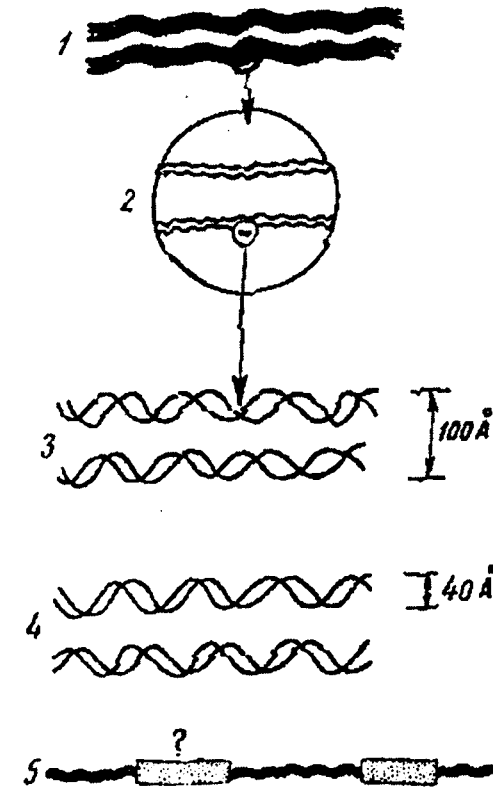
Fakültativ heteroxromatin müvəqqəti olaraq kondensasiya vəziyyətinə keçmiş xromatin sahəsinə deyilir. Məs, leykositlərdə, nüvəli eritrositlərdə nüvənin formalaşması zamanı xromatinin çox hissəsi kondensasiya vəziyyətinə keçir heteroxromatinləşir. Bu zaman xromatində RNT-sintezi ya nisbətən, bəzən də

tamamilə dayanır. Lakin yuxarıda deyildi ki kimi nüvənin bu cür heteroxromatinləşməsi vəziyyəti müvvəqəti xarakter daşıyır. Nüvənin funksional fəallığı bərpa olduqca heteroxromatinləşmiş sahə də euxromatin vəziyyətinə keçir.

XROMOSOMLARIN ULTRA STRUKTURU

Xromosomların submikroskopik tədqiqi onların tərkibində zülalla (histon) birləşmiş, qalınlığı 40-100 Å olan DNT molekulunun olduğunu göstərmişdir. DNT molekulunu, xromosomun əsasını təşkil edən və xromomfibril adlanan elementar sapın bütün uzunluğunu boyu yerləşir. Xromosomların tərkibinə daxil olan elementar saplar bütün canlı orqanizmlərin hüceyrələrinin nüvələrində müşahidə edilmişdir. Ona görə də, demək olar ki, bütün hüceyrələrdə və hüceyrə tsiklinin bütün mərhələlərində xromosomun əsas quruluş vahidi-nukleoproteid adlanan elementar sapdan ibarətdir. Xromosomun tərkibinə daxil olan elementar sapların spirallaşması nəticəsində onlar qısalır və yoğunlaşır. Ona görə də işıq mikroskoplarında aydın görünür. Əgər xromosomlar despirallaşmış vəziyyətdə olsalar, onları ancaq elektron mikroskopları ilə müşahidə etmək olar. Xromosomlar ancaq hüceyrə bölünən zaman maksimum spirallaşmış vəziyyətdə olurlar. Məlum olduğu kimi, hər bir xromosomda iki müxtəlif sahə müəyyən edilir: eyxromatin və heteroxromatin sahələr. Xromosomların euxromatin sahələri spirallaşmış və despirallaşmış vəziyyətində ola bilər. Ona görə də xromosomların bu sahələri genetik cəhətdən fəal sahələrdir. Amma xromosomun heteroxromatin sahələri isə həmişə spirallaşmış halında olduğu üçün genetik cəhətdən qeyri-fəal olurlar.

Xromosomların tərkibinə daxil olan elementar sapların sayı haqqında müxtəlif fərziyyələr var. Belə ki, drozofil milçəyinin hər bir xromosomunda bir DNT molekulunu var. Bu drozofil milçəyinin hər bir xromosomunun bir spirallaşmış teldən ibarət olduğunu göstərir. Digər fərziyyələrə görə xromosomlar çoxtelli quruluşa malikdir və hər telə daxil olan elementar saplar DNT molekulunu daşıyır (şəkil 27).



Şəkil 27. Xromosomun ultra strukturu.

1. Xromosom. 2. Xromonem saplar. 3. Elementar xromosom sapları (qalınlığı 100 Å). 4. Elementar xromosom sapları (qalınlığı 40 Å). 5. Elementar sapların molekulyar quruluşu.

İNSAN XROMOSOMLARI

İnsan xromosomlarının öyrənilməsinin tarixi 1898-ci ildən Flemmingin tədqiqatları ilə başlanmışdır. Lakin uzun müddət insan hüceyrələrində xromosomların sayına görə bir-birinə zidd fikirlər olmuşdur. Həmin tədqiqatlarda insanda 22-48 xromosom

olması haqqında məlumatlar verilir. Ancaq 1956-ci ildə insan xromosomlarının öyrənilməsindəki üsulların təkmilləşməsi nəticəsində İsveç alimləri Tiyo və Livan insan rüşeyminin ağ ciyər fibroblastının toxuma kulturasında apardığı tədqiqatlar nəticəsində məlum oldu ki, insanın somatik hüceyrələrində 46 xromosom vardır. İnsanda da xromosomların sayının, ölçüsünün, formasının öyrənilməsi üçün ən əlverişli mərhələ metafazdır.

Metafazanın öyrənilməsi nəticəsində məlum olmuşdur ki, metafaza xromosomları 2-10 mkm ölçüsündə olurlar. İnsanın kariotipini təşkil edən 46 ədəd xromosomdan 44 avtosom (22 cütü) ikisi isə (bir cütü) cinsi heterosom xromosomlardır. Qadında və kişidə eyni olan xromosomlar avtosom xromosomlar adlanır. Qadın və kişinin somatik hüceyrələrində olan xromosomlar bir-birinə oxşayır və 22 cüt təşkil edirlər. Qadın və kişidə xromosom dəstinə görə yeganə fərq ondadır ki, qadının diploid xromosom dəstində 44 avtosom və XX cinsi xromosomları, kişidə isə 44 avtosom və XY cinsi xromosomları olur.

Müvafiq olaraq cinsi hüceyrələrdə qadınlarda 22 avtosom və X xromosomu olduğu halda, kişilərdə isə cinsi hüceyrələr 2 cürdür. Cinsi hüceyrələrin 50%-də 22 avtosom və X xromosomu, 50%-də isə 22 avtosom və Y olur. 22 avtosom və X xromosomu saxlayan yumurta hüceyrələri 22 avtosom və X xromosomu saxlayan spermatozoidlə mayalansa, qız uşaqları, 22 avtosom və Y xromosomu saxlayan spermatozoidlə mayalansa isə oğlan uşaqları meydana gəlir (şəkil 28).



Şəkil 28. İnsanlarda cinsiyyəti təyin edən xromosomların nəsle ötürülməsi.

Bir çox heyvanlarda və insanda dişi cinsin hüceyrələrində iki X xromosomdan biri daima spillaşmış vəziyyətdə olur. Odur ki, hətta interfazada müşahidə olunur. Ona cinsi xromotin və ya onu kəşf edən alimin adı ilə Barr cismi deyilir. Barr cisminin sayına görə kariotipin normal və ya xəstə olmasını müəyyənləşdirmək olur. Normal halda kişi kariotipində Barr cismi olmadığı halda. Kleynfelter xəstəliyinə tutulan kişilərdə (XXY) bir Barr cismi, trisomiyalı (XXX) qadınlarda iki Barr cismi terter - şerşevski (XO) xəstəliyinə tutulan qadınlarda isə Barr cismi olmur. Bu o deməkdir ki, Barr cisminin sayı kariotipdəki X xromosomunun sayından bir əksik olur. (x-1) cinsi xromosom balansının dəyişməsindən yaranan xəstəliklərin ilkin diagnosunun doylmasında Barr cisminin sayının öyrənilməsinin böyük əhəmiyyəti vardır.

İnsanda xromosomların nomenklaturası və təsnifatı 1960-cı ildə Denver (ABŞ-ın Kolorado ştatı) komissiyası tərəfindən müəyyənləşdirildi. Həmin komissiya mitotik xromosomları işarə etmək üçün standart nomenklatura sistemi yaratdı. Bu sistemə görə Kariotipin sxematik görünüşü idioqramma adlandırıldı. Bütün xromosomlar, onların ölçüsünə və formasına görə nömrələndi, (1-dən 22-yə qədər) cinsi xromosomlara nömrə verilmədi və onları X və Y hərfləri ilə işarə etmək qərara alındı.

1963-cü ildə Londonda insanın normal kariotipinə aid məlumatların standartlaşdırılması üzrə ikinci beynəlxalq konfrans xromosomların eyniliyini və onların fərdi xüsusiyyətlərinin (identifikasiya) müəyyən etmək işində ikinci daralmaların mövcudluğuna xüsusi əhəmiyyət verdi.

1966-cı ildən Çikaqoda keçirilən konfransda normal və dəyişilmiş xromosomları işarə etmək sistemi işlənib, tərtib edildi. Hazırda yuxarıda göstərilən konfransların qərarları əsasında insan xromosomları üçün aşağıdakı təsnifat qəbul edilmişdir. Bu təsnifata görə insanda olan 22 cüt avtosom xromosom yeddi qrupa bölünmüşdür.

I Qrup. 1-3-cüt ən iri **metasentrik** xromosomlar olub, ölçülərinə görə bir-birindən fərqlənir. 1-ci xromosom cütündə 2-ci daralma yeri vardır.

II Qrup. 4-5-ci xromosom cütləri **aiddir, iri submeta-sentrikdirlər.** Forma və ölçüsünə görə bu qrupun xromosomları bir-birindən fərqlənir.

III Qrup. 6-12-ci xromosom cütleri daxildir, orta **submetasentrikdirlər**, 6-ci xromosom cütü «X» xromosomuna çox bənzir. Bu qrupdan olan 6,7,8,11-ci xromosomların sentromeri xromosom qollarının mərkəzinə nisbətən yaxın yerləşir. 9,10,12-ci cütlər isə daha çox submetasentrikdir. 6-cı xromosomun qısa qolunda 2-ci daralma yeri görünür. 8,9-cü xromosomlardakı ikinci daralma yeri isə uzun qollarının sentromerinə yaxın olur.

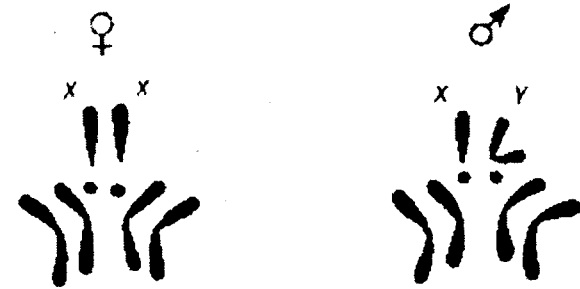
IV Qrup. 13-15-ci xromosom cütlerini əhatə edir. Orta ölçülü **akrosentrik** xromosomlardır. Üç cütdən hər birində xromosom peyki mövcuddur.

V Qrup. 16-18 xromosom cütleri olub, sentromerin yerləşməsinə görə fərqlənirlər. 16-ci xromosom **metasentrik**, 17,18 xromosomlar isə submetasentrikdirlər. Bundan başqa 16 və 17 xromosomların uzun qollarında sentromere yaxın nahiyyədə 2-ci daralma yeri vardır.

VI Qrup. 19-20-ci cütler kiçik metasentrik olub, bir-birindən fərqlənmir.

VII Qrup. 21-22-cütler **kiçik akrosentrik** xromosomlardır. Hər iki cütdə peyk vardır. Cütler bir-birindən fərqlənmirlər. «Y» xromosomu forma və ölçüsünə görə bu xromosomlara çox oxşayır. Bu təsnifat sisteminə homoloji xromosomlardakı spirallaşma dərəcəsi nəzərə alınmamışdır.

Cinsi xromosomlar. Əksər müxtəlif cinsli orqanizmlərdə diploid xromosom dəstində bir və ya iki xromosomun cütü olur. Həmin xromosomlar cinsi xromosom adını almışdır, cinsi xromosomlar erkək və dişiləri bir-birindən fərqləndirir. Qalan xromosomlar isə aütosom xromosomlar adlanır. Cinsi xromosomlar şərti olaraq X (dişi) və Y (erkək) işarə edilir. Odur ki, cinsiyyəti ayrı olan orqanizmlərin erkək və dişilərinin xromosom kompleksi eyni deyildir. Drozofil milçəyinin xromosom dəsti misalında bu müxtəlifliklə tanış olaq. Drozofildə $2n=8$ -dir. Xromosomların 3 cütünə görə erkək və dişilər bir-birindən fərqlənmir. Lakin cinsi xromosomlara görə onlar bir-birindən fərqlənirlər. Dişidə 3 cüt aütosom xromosomla yanaşı eyni formalı iki X xromosomu olur. Erəkəkdə isə 3 cüt aütosom, bir X xromosom və kiçik Y xromosom olur. Beləliklə, drozofilin xromosom kompleksi 6 aütosom və iki cinsi xromosomdan ibarət olur (şəkil 29).



Şəkil 29. Drozofilin diş və erkəyinin xromosom kompleksləri.

Dişi orqanizmdə cinsiyyət hüceyrələri yetişən zaman hər bir yumurta hüceyrə meyoza nəticəsində 4 xromosom - o cümlədən 3 aütosom və bir X xromosomu alır, erkəklərdə isə iki sort spermatozoid hüceyrəsi yaranır. Onlardan yarısı 3 aütosomla yanaşı bir X xromosomu, digər yarısı isə üç aütosom və bir Y xromosomu alır. Mayalanma zamanı X xromosomu daşıyan yumurta hüceyrə X xromosumlu spermatozoidlə mayalandıqda diş, Y-xromosumlu spermatozoidlə mayalandıqda isə erkək fərdlər meydana çıxır. İnsanda və bütün məməlilərdə cinsiyyəti müəyyən etməyin xromosom mexanizmi drozofildə olduğu kimidir.

NƏHƏNG XROMOSOMLAR

Bəzi hüceyrələrdə həyat tsiklinin müəyyən mərhələlərində xüsusi tipli nəhəng xromosomlara rast gəlinir. Bu xromosomların ölçüsü çox böyük olur. Onu hələ ilk dəfə 1881-ci ildə İtalya sitoloqu Balbiani xironomusun (Chironomus) tüpürcək vəzilərinə müşahidə etmişdir. 1933-cü ildə Y.Qeyts və Q.Bauer drozofil milçəyinin tüpürcək vəziləri hüceyrələrinin nüvələrində də nəhəng xromosomlar kəşf etdilər. Bu kəşf genetikə və sitologiyaya elminin inkişafına çox böyük təsir göstərdi. Nəhəng xromosomlar kəşf edildikdən sonra bir tərəfdən xromosomun

morfoloji quruluşu, digər tərəfdən isə onun genetik rolu haqqındakı təsəvvürlər daha da dəqiqləşməyə başladı.

İkicədlilərə aid olan həşərat növlərinin əksəriyyətinin tüpürcək vəzilərinə nəhəng xromosomlar müşahidə olunur. Drozofildə nəhəng xromosomlar adi xromosomlardan 1000 dəfə böyük olur. 4 cütdən ibarət olan bu xromosomların ümumi uzunluğu 2000 mk olur, halbuki somatik hüceyrələrdə onların ümumi uzunluğu 7,5 mk-dir. Bu xromosomların bu cür nəhəng ölçüyə malik olması səbəbi odur ki, onlar 10 dəfəyə qədər reduplikasiyaya uğrayaraq bir-birindən ayrılırlar. Odur ki, hər bir nəhəng xromosom 1000-dən artıq xromonemdən ibarət olur. Müvafiq olaraq nəhəng xromosomlarda DNT miqdarı adi somatik xromosomlarından 1000 dəfə çox olur. sonradan Poytner, Qeyts, Bauer, Kostov bu xromosomların sitogenetik rolunu müəyyənləşdirdilər. Reduplikasiya olmuş xromosomlar ayrılmadığı üçün hüceyrə də hələ bölünmür, onun ancaq həcmi böyüyür, hüceyrənin nüvəsi bütün sürfənin inkişafı dövründə interfaza vəziyyətində olur. Xromonemlərin bu cür ikiləşib ayrılmamasını endomitozla izah edirlər. Və bu hadisə endomitozun digər təzahür forması olan **endoreproduksiya** adlanır. Məlum olduğu kimi somatik mitozda xromosomlar bir-birilə konyuqasiya etmirlər. Lakin tüpürcək vəzilərinə homoloji xromosomlar konyuqasiya edir və bir-birinə burulmuş halda olur. Bu hadisə somatik konyuqasiya adlanır.

Nəhəng və ya politen xromosomlar sitogenetik cəhətdən çox böyük əhəmiyyət kəsb edirlər. Belə ki, bu xromosomların uzunluğu tünd və açıq rənglənən sahələr növbələşir. Tünd hissə-disklər, açıq rənglənən hissələr isə disklər arası sahə adlanır. Disklərin uzunluğu müxtəlif olur, eni isə xromosom eninə bərabər olur. Nisbətən geniş disklərin quruluşu mürəkkəb olub, duplet təşkil edirlər, disklər arası sahə fibrilyar struktura malik olub, qələvi rəngləyicilərlə rənglənmir. Disklərin sayı, lokalizasiyası, topoqrafik yerləşməsi hər homoloji xromosomda sabitdir.

Nəhəng xromosomda disklərin topoqrafik xəritəsini tərtib etmək və bunu genetik xəritə ilə müqayisə etmək mümkündür. Nəhəng xromosomlardakı disklər xromonemlərin sıx spirallaşmasından əmələ gəlir. Xromonemlərdə spirallaşmış və zəif spirallaşan sahələr növbələşdiyindən xromosom müəyyən şəkil

alır ki, bu da hər növ üçün xarakter olur. Maraqlı burasıdır ki, genlərin xromosomlarda yerləşdiyi nöqtə ilə disklər uyğun gəlir. Deməli genləri xromosomda krossinqover faizi ilə hesablamaqdan başqa, nəhəng xromosomlardakı disklərlə də müəyyən etmək imkanları yaranır.

İkicədlilərin inkişafının müəyyən mərhələlərində disklər qalınlaşır və sıxlaşır, bu halda onlar pufflar adlanır, bəzən onlar daha iri olur və Balbiani həlqələri adlanır. Puff və ya Balbiani həlqələri olan sahələrdə bəzən xromonemlərdən yan çıxıntılar çıxır ki, bu halda onlar fırça şəkilli xromosomlara oxşayırlar. Puff və Balbiani həlqələrinin yaranması geri dönmə prosesidir.

Puff və Balbiani həlqələrində zülal və RNT sintez olunur.

Fırça şəkilli xromosomlar - bu xromosomlar 1892-ci ildə Ryukkert tərəfindən balıqların, amfibi və reptililərin oosit hüceyrələrində meyozun birinci bölünməsinin diplotem mərhələsində müşahidə edilmişdir. Bu xromosomlar 2 bivalent xromatiddən ibarət mərkəzi oxdan və ondan çıxan yan çıxıntılardan ibarətdir. Hər bivalent 2 homoloqdan ibarət olub, xiazma təşkil edir. Mərkəzi ox xromomerlərdən, (qranullardan) yan çıxıntılar isə halqalardan ibarətdir. İndi artıq məlumdur ki, yan halqalar xromatidlərin dartılması nəticəsində yaranır. Mərkəzi oxun xromomerləri isə xromonemlərin sıx spirallaşması nəticəsidir.

Mərkəzi ox DNT, yan çıxıntılar isə RNT-təbiətlidir. Bu cür dəlillər belə fikir yürütməyə imkan verir ki, yan çıxıntılarda intensiv RNT və zülal sintez olunur və sitoplazmaya örtülür. Bu dövrdə yan çıxıntılar kiçilir. Odur ki, hüceyrənin həyat tsiklindən asılı olaraq yan çıxıntılar gah kiçilir və gah da iriləşir. Bu xromosomdakı xromonemlərin (5 mk) və DNT-nin uzunluğu (90 mk) fırça şəkilli xromosomların tərkibində bir neçə DNT zənciri olmasını güman etməyə imkan verir.

HÜCEYRƏLƏRİN BÖLÜNMƏSİ TIPLƏRİ

Yeni doğulan uşağın bədənində təxminən 2^{23} (iki billion) hüceyrə olur. Bu rəqəm onu göstərir ki, insan orqanizmi nə qədər mürəkkəbdir və eləcə də onu təşkil edən hüceyrələr nə qədər çox

və kiçikdir. Bir hüceyrənin orta çəkisi 10^{-8} q, diametri isə 0,02 mm 20 mk-dir. Bu qədər kiçik hüceyrələr mayalanmadan sonra intensiv bölünməklə orqanizmə xas olan belə böyük miqdar hüceyrələr qrupu əmələ gətirirlər. Təkcə insan orqanizmi deyil, bütün çox hüceyrəli orqanizmlər özlərinə xas olan yaşlı fərdə məxsus hüceyrələri bölünmə yolu ilə təmin edirlər. Odur ki, bölünmə prosesi orqanizmə xas olan ümumi reproduksiyanın bir hissəsidir. Hüceyrə elementar bioloji sistem kimi özünün mövcudluğunu və fasiləsizliyini bölünmə ilə təmin edir.

Təkhüceyrəli orqanizmlər bölünərək bir hüceyrədən iki təkhüceyrəli orqanizm əmələ gətirirlər. Bu o deməkdir ki, hüceyrələrin bölünməsi növün fərdlərinin sayının artmasına səbəb olur. Çox hüceyrəli orqanizmlərin ziqotadan inkişafında sonrakı bölünmələr çoxhüceyrəli orqanizmin yaranmasına və böyüməsinə səbəb olur. Yaşlı orqanizmdə böyümə prosesi dayanandan sonra da hüceyrələr bölünür və beləliklə orqanizmin fizioloji regenerasiyasını təmin edirlər. Lakin bu cür orqanizmdə heç də bütün hüceyrələr bölünüb regenerasiyaya uğraya bilmirlər, məs. sinir hüceyrələri. Beləliklə canlı orqanizmlərin hüceyrələri bölünməklə öz varlığını saxlayır və fasiləsizliyini təmin edirlər. Təbiətdə hüceyrələrin bölünməsi 4 üsulla gedir.

1. **Amitoz.**
2. **Mitoz.**
3. **Endomitoz** və
4. **Reduksion** bölünmə.

Amitoz - elə bölünmədir ki, bu zaman nüvə interfaz vəziyyətində olur. Bu zaman xromosomların kondensasiyası və iy telləri əmələ gəlmir. Belə bölünmə bütün eukariotlarda, heyvanlarda, bitkilərdə rast gəlməyinə baxmayaraq ən çox ibtidailərdə rast gəlinir və özünəməxsus qanunauyğunluqları vardır. Adətən amitoz nüvəciklərdə rast gəlinən dəyişikliklə başlayır. Əvvəlcə nüvəcik fraqmentlərə ayrılır və sayca çoxalır və ya nüvəcikdə arakəsmə əmələ gəlməsi ilə bölünürlər. Nüvəciyin bölünməsindən sonra və ya elə nüvəciyin bölünməsi ilə yanaşı nüvə də bölünür. Bunun üçün onlar əvvəlcə ortadan nazikləşir 8 formasını alır, sonra isə ən nazik yerdən ayrılır. Bəzən isə nüvə membranı invaginasiyaya uğrayır, yəni membran nüvənin daxilinə doğru qatlanaraq getdikcə dərinləşir və nüvəni iki yerə

bölür. Belə invaginasiya adətən nüvənin bir sahəsində bəzən isə çox hissəsində yaranaraq həlqəvari forma alır, beləliklə nüvənin çox yerə bölünməsinə, fraqmentlərə parçalanmasını təmin edir. Nüvə bölünəndən sonra isə sitoplazma müvafiq olaraq bölünür. Bu cür amitoz çoxhüceyrəli orqanizmlərdə, öz inkişafının son mərhələsində olan hüceyrələrdə rast gəlinir. Odur ki, bu cür amitozdan sonra yaranan hüceyrələr sonradan həyat fəaliyyətinə qabil hüceyrələr yarada bilmirlər. Bitkilərdə də amitoz differensiasiyaya uğramış müvəqqəti, fizioloji cəhətcə funksiyasını itirən hüceyrələrdə (kartof yumrularının parenxim hüceyrələrində, nüsselliusda, endospermə, perisperm hüceyrələrində) rast gəlinir.

Eləcə də çox vaxt amitoz patoloji proseslərdə (iltihab, regenerasiya, bəd xassəli şiş olan orqanların hüceyrələrində) rast gəlinir. Amitoz bölünmədə xromosomların davranışı replikasiyası, yeni yaranan hüceyrələrdə bərabər və ya qeyri bərabər paylanması mexanizmi dəqiq məlum deyil.

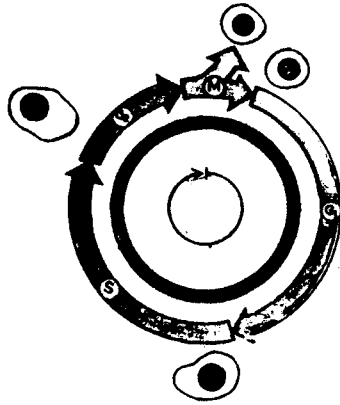
Mitoz. Təbiətdə ən geniş yayılmış bölünmə tiplərindən biri mitozdur. İbtidailərin, bitkilərin, heyvanların hüceyrələri bu yolla bölünürlər. Bu prosesin bioloji əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, həmin bölünmənin nəticəsi olaraq eyni xromosom sayına və DNT-yə malik iki bərabər qız hüceyrəsi alınır. Bu qız hüceyrələrindən hər biri ana hüceyrəyə xas olan irsi xüsusiyyəti ana hüceyrədən alır. Qız hüceyrələrinin ana hüceyrəyə xas olan irsi xüsusiyyətlərini bərabər miqdarda alması, mitoz prosesində ana hüceyrədə bir sıra qanınayğun və ardıcıl proseslərin getməsinin nəticəsidir, həmin proseslər aşağıdakılardır.

1. İnterfaza-yəni iki bölünmə arasındakı dövr.

2. Xüsusi mitoz-hüceyrələrin bölünməsi dövrü.

İnterfaza dövründə hüceyrə böyüyür, funksiyalarını yerinə yetirir və mitozə hazırlaşır. Bu dövrə sərf olunan vaxt müxtəlif hüceyrələrdə müxtəlif olur. İnterfaza özü 3 ardıcıl dövrdən ibarətdir (şəkil 30).

1. Presintetik və ya postmitotik dövr (G_1).
2. Sintez dövrü (S).
3. Postsintetik və ya premitotik dövr (G_2) adlanır.



Şəkil 30. Hüceyrənin həyat tsiklinin sxemi:
M-mitoz, G_1 -pressintetik, S sintetik, G_2 -postsintetik dövr.

İnterfazanın hər bir göstərilən dövrü biri digərindən həm DNT, RNT, zülal və s. sintezinin fəallığı ilə həm də sintez olunan maddələrin xarakteri ilə fərqlənilir. Presintetik dövr (G_1) hüceyrənin boyça, həcmə artması və DNT-nin sintezinə hazırlaşması dövrüdür. Belə ki, hər bir hüceyrənin bölünməsi üçün onun mütləq müəyyən həcmə çatması vacibdir. Ancaq müvafiq həcmə çatandan sonra hüceyrələr növbəti bölünə bilirlər. Amyobalar üzərində aparılan tədqiqatlar bu fikrin düzdünlüyünü izah edirlər. Məs. Amyoba o vaxt bölünür ki, onun həcmi iki dəfə böyümüş olsun. Əgər amyobanın böyüməsinin müəyyən mərhələsində onun sitoplazmasından müəyyən qədər kəssək onun bölünməyə daxil olmasını gecikdirə bilərik. Belə hüceyrə əvvəlki həcmindən iki dəfə artıq həcmə çatanda bölünməyə başlayır. Bunu onunla izah etmək olar ki, sitoplazmada spesifik zülalların müəyyən miqdara çatması onların bölünməsinə imkan yaradır. Bəzi tədqiqatçılar belə hesab edir ki, presintetik (G_1) mərhələdə hüceyrənin böyüməsi sintez (S) dövründə hüceyrədə DNT sintezini müəyyənləşdirir. Belə ki, (G_1) dövründə RNT və bəzi zülalların sintezinin dayandırılması hüceyrənin S dövrünə daxil olmasını ləngidir. Bu hadisə belə mülahizə yürütməyə imkan

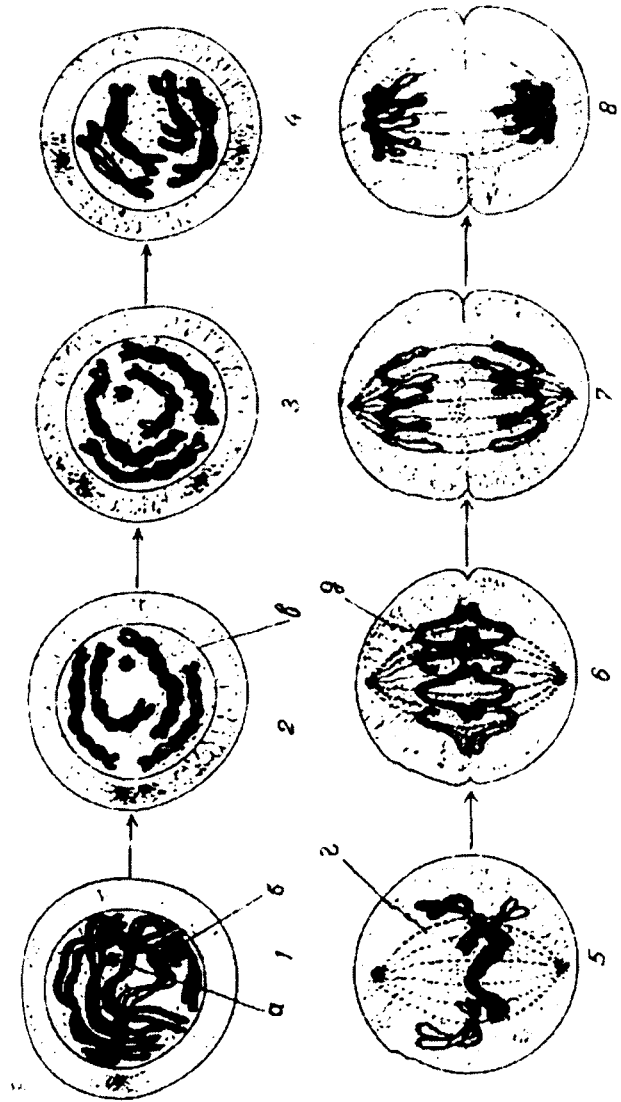
verir ki, S dövründə DNT-nin sintezi üçün xüsusi təşəbbüskar-zülal mövcud olmalıdır. Güman edilir ki, həmin təşəbbüskar zülal bütün G_1 dövründə sintez olunur və onun miqdarı müəyyən həduda çatdıqda hüceyrələr S dövrünə daxil olurlar. Eləcədə (G_1) dövründə DNT-nin sələfi olan bəzi fermentlər o cümlədən nükleotidfosfokinaz fermenti, RNT və zülalların metabolik fermentləri sintez olunur. Bütün bu proseslər göstərir ki, (G_1) dövrü DNT-nin sintezi üçün hazırlıq mərhələsi hesab olunur.

G_1 dövrünə sərf olunan vaxt müxtəlif hüceyrələrdə müxtəlif olur. Bəzi hallarda DNT sintezi presintetik dövrü (G_1) keçmədən də başlaya bilər. Məs. dəniz kirpisinin mayalanmış yumurta hüceyrəsinin bölünməsi (paralanması) zamanı bu hala rast gəlmək olur. Bu halda DNT-nin sintezinə hazırlıq yəni (G_1) mərhələsində keçməli olan proseslər hələ telofaza mərhələsinin sonunda baş verir. Elə ona görədir ki, bu hüceyrələr bölünmədən əvvəl böyümür, əksinə bir müddət hər bölünmədən sonra onlar kiçilirlər, odur ki, bir neçə ardıcıl bölünmə nəticəsində onlar getdikcə kiçilirlər. Görünür bu hüceyrələrdə insiator-zülal və RNT özündən əvvəlki mitotik tsikldə sintez olunur. Eləcədə (G_1) dövrü fuzarium miksomisetlərində, bəzi xərçəng şişiləri hüceyrələrində və bəzi ibtidailərin bölünməsində rast gəlmir. Hüceyrə tsiklində ən çox əhəmiyyət kəsb edən dövr sintez dövrüdür (S). Sintez dövrünün pozulması və ya dayanması ümumiyyətlə hüceyrə tsiklinin dayanmasına səbəb olur. Təkcə meyoza cinsi hüceyrələrin yetişməsi dövründə iki bölünmə arasında S dövrü olmur. Hüceyrə tsiklində S dövrünün müddəti DNT-nin peplikasiyası sürətindən asılı olur. Məs: dəniz kirpisinin paralanma dövründə olan hüceyrələrində 30 dəq. oqranizmin rüşeym hüceyrələrində isə bir neçə saat davam edir. 15 günlük sıçan rüşeyminin bağırsaq epitelisi hüceyrələrində S dövrünə 7 saat, 18 günlük rüşeym hüceyrələrində isə 415 saat tələb olunur. S dövrünün getməsi üçün hüceyrədə hələ (G_1) dövründə başlamış RNT və zülalların sintezi vacib şərtlərdəndir. S dövründə DNT sintezi ilə yanaşı sitoplazmada histon zülallar sintez olunaraq nüvəyə ötürülür və nüvə DNT-si ilə birləşir. S dövründə həm də r-RNT-si sintez olunur ki, bu da (G_2) dövründə mitoza lazım olan zülalların sintezində istifadə olunur. Sintez dövrü başa çatdıqdan sonra postsintetik dövrü (G_2) başlayır. Bu

dövr premitotik dövr də adlanır. Çünki, bu dövrdən sonra xüsusi mitoz başlayır. Postsintetik dövr interfazanın dövrləri içərisində az vaxt tələb edir. Bəzi müstəsna hallarda məs. bəzi zambaqçı-çəklərinin mikrosporosit hüceyrələrində sintezdən sonra birbaşa xüsusi mitozun profaza mərhələsi başlayır. Bəzən isə əksinə hüceyrələr G_2 dövründə çox qalırlar. Məs: siçanların qulağının epidermis hüceyrələrində, cücələrin qida borusunun epiteli hüceyrələrində və s. G_2 dövründə hüceyrələrdə RNT və zülal sintezi davam edir və əsasən məlumat RNT-si sintez olunur ki, bu da mitozun gedişinə sərf olunur. r-RNT isə ondan əvvəl sintez olunaraq hüceyrənin bölünməsinə müəyyənləşdirən zülalların sintezində iştirak edir. G_2 dövründə mitotik aparatın tərkibinə daxil olan zülallar, xüsusilə tubulin sintez olunur. Məlum olmuşdur ki, bir mitotik tsikldə sintez olunan tubulin sonrakı mitozda da istifadə edilə bilər. eləcədə G_2 dövründə növbəti mitozun G_1 dövrü üçün müəyyən qədər RNT sintez olunur. Beləliklə məlum olur ki, interfazada onun ayrı-ayrı dövrlərinə xas olan makromolekullar sintez olunmaqla yanaşı G_2 növbəti G_1 üçün, G_1 də növbəti S dövrü üçün, S dövründə isə növbəti G_2 dövrü üçün də makromolekulların sintezinə hazırlıq gedir.

Hüceyrələrin bölünməsi və çoxalmasının müxtəlif toxumalarda öyrənilməsi göstərmişdir ki, hüceyrələrin ixtisaslaşması, differensasiyaya uğraması prosesi nə qədər yüksək olsa bir o qədər onların bölünmə qabiliyyəti aşağı olur. Belə çıxır ki, hüceyrələr ya differensiyaya uğramalı və ya da bölünməlidir. Hər iki proses birlikdə mövcud olmur. Hər bir hüceyrə interfazada hazırkı dövrlərini keçdikdən sonra xüsusi mitozla daxil olur. Xüsusi mitoz interfazaya nisbətən az vaxt tələb edir. Ümumi mitotik tsiklə sərf olunan vaxtın 0,1 hissəsi xüsusi mitozla sərf olunur. Məs: meristem hüceyrələrinin bölünməsində interfazaya 16-30 saat vaxt tələb olunursa xüsusi mitozla cəmi 1-3 saat sərf olunur. Yumurta hüceyrələrinin paralanmasında bütün hüceyrə tsiklinə 1 saatdan da az vaxt sərf olunur. Xüsusi mitoz bir neçə mərhələdə keçir: profaza, metafaza, anafaza və telofaza (şəkil 31).

Bu mərhələlər arasındakı sərhəddi dəqiq müəyyənləşdirmək çətinlik törədir, çünki mitoz özü fasiləsiz bir prosesdir və mərhələlərinin bir-birinə keçməsi tədricən baş verir. Bu mərhələlər içərisində anafaza mərhələsinə keçid olur, çünki bu mərhələ xro-



Şəkil 31. Mitoz bölünmənin sxematik quruluşu.
1 interfaza a - yadrişko, b - xromatinsaplar; 2 profaza v - nüvə qlafı;
3,4 prometafazanın müxtəlif dövrləri; 5 metafaza q - xromatin iy telləri;
6 metafazanın sonu d - ikiləşmiş xromosomlar; 7 anafaza; 8 telofaza.

mosomların qütblərə hərəkəti ilə başlayır. Odur ki, anafazaya digər mərhələlərə nisbətən az vaxt sərf olunur.

Profaza. Bu mərhələyə interfazanın G_2 mərhələsində olan hüceyrələr daxil olurlar. Odur ki, həmin hüceyrələrdə başlanğıc hüceyrəyə nisbətən DNT iki dəfə çox olur. Profazanın əvvəlində nüvədə nazik xromosom sapları-profaz xromosomları müşahidə olunur. Bu xromosomların kondensasiyası nəticəsi olaraq yaranır. Profaza inkişaf etdikcə xromosomlar spirallaşır və qısılır. Odur ki, profazanın ortalarında hər bir profaz xromosomunun iki bir-birinə qarşılıqlı sarılmış və spirallaşmış xromatiddən ibarət olmasını görmək mümkündür. Xromosomların kondensasiyası ilə yanaşı nüvəciyin itməsi müşahidə olunur. Eyni zamanda nüvə membranı nazikləşir və dağılmağa başlayır, nüvə membranının məsələləri itir, membrana kiçik fragmentlərə parçalanır. Profazada baş verən ikinci əsas məsələ iy tellərinin yaranmasıdır. İy tellərinin yaranması profazada sentriolların iştirakı ilə və sentriollarsız da baş verə bilər. Sentriollarsız iy telləri bitkilərdə və bəzi ibtidailərdə yaranır. Heyvanlarda isə iy telləri sentriolların iştirakı ilə yaranır. Göbələklərdə və ibtidailərdə iy telləri nüvə daxilində də yaranı bilər. Bu halda mitozda nüvə membranı dağılmır.

İy telləri iki cür olur: onlardan bir qrupu hüceyrənin bir qütbündən digər qütbünə qədər uzanır və fasiləsiz iy telləri adlanır. İkinci qrupu isə ikilənmiş xromosomlara birləşir və onların qütblərə çəkilməsini təmin edir. Bunlar dartıcı, xromosomları qütblərə çəkən iy telləri adlanır. Profaza mitozun bütün sonrakı mərhələlərinin taleyini həll edir.

Metafaza - nüvə membranı əridikdən sonra xromosomlar sitoplazmada xotik yerləşirlər. Sonralar onlar maksimum spirallaşır və xromosomun ikilənmiş xromatidlərindən hər birinin sentromerine qütblərdən gələn iy tellərinin birləşməsi və onları ekvatora itələməsi nəticəsi olaraq xromosomlar ekvatorada qanunayğun düzülmüş olurlar və hər ikilənmiş xromosomdan biri hüceyrənin bir qütbünə istiqamətlənmiş olur. Bu zaman ekvatoradakı hər bir xromosom qütblərdən eyni məsafədə yerləşmiş olur. Nəticədə ikilənmiş xromosomlardakı sentromerlərdən hər biri özünü müxtəlif qütblərə yönəlmiş eyni vahid kimi aparır. Metafazada xromosomların çiyinləri ekvatoradan kənara da çıxır.

bilərlər. Lakin onların sentromerləri mütləq ekvatorada qanunayğun düzülmüş olurlar. Ekvatorada bu cür qanunayğun düzülmən xromosomlar qüblərə çəkilmək üçün başlanğıc vəziyyətində dururlar. Xromosomların morfoloqiyasını, sayını, ölçüsünü öyrənmək üçün metafaza ən əlverişli mərhələ hesab olunur. Mitoza lazım olan vaxtın $1/3$ hissəsi metafazaya sərf olunur.

Anafaza - qəflədən başlayır. İkilənmiş xromosomların hamısında eyni zamanda sentromerlərlə olan əlaqə itir və bütün xromosomlar sinxron olaraq bir-birindən aralanırlar. Xromosomlar dəqiqədə $0,2-5$ mkm sürətlə hərəkət edirlər. Anafazada sentromerlərin istiqaməti qütblərə, xromosom çiyinləri isə ekvatora doğru yönəlmiş olur. Odur ki, anafazada xromosomlar U formasını alır. Beləliklə anafaza mərhələsində hər ikilənmiş qız xromosomdan biri hüceyrənin müvafiq bir qütbünə çəkilir, xromosomların qütblərdə tam bərabər paylanmasını təmin edir.

Telofaza - xromosomlar qütblərə çəkildikdən sonra onlarda dekondensasiya və desprilizasiya prosesləri gedir. Belə ki, xromosomu təşkil edən xromatidlərin spiralları açılır, onlar bir-birinə sarılaraq yumaq əmələ gətirirlər, nəticədə hüceyrənin hər qütbündə bir yumaq əmələ gəlir. Xromosomlar üzərindən qabarcıqlar çıxır, onlar birləşərək nüvənin daxili membranını əmələ gətirirlər. Sonra endoplazmatik şəbəkənin çənləri və vakuollarının birləşməsindən nüvənin xarici membranı əmələ gəlir. Bu zaman hüceyrənin hər qütbündə bir nüvə müşahidə olunur. Bütün bunlardan sonra sitokinez-sitoplazmanın nüvələr ətrafında paylanması prosesi başlayır. Nüvə ətrafında sitoplazmanın formalaşması bitkilərdə hüceyrə arası arakəsmənin yaranması ilə əlaqədardır.

Sitoplazmadakı endoplazmatik şəbəkənin və Holci kompleksinin kanalları birləşərək hüceyrəarası arakəsmə əmələ gətirir və hər hüceyrədə bir nüvə, hər nüvədə bölünməyə başlayan ana hüceyrədəki miqdarda yəni diploid sayda xromosom olur, heyvan hüceyrələrində isə yeni nüvələr əmələ gəldikdən sonra sitoplazmalar nüvə ətrafında ortadan nazikləşərək sitoplazma içərisinə qatlanmaqla hüceyrənin 2 yerə bölünməsini təmin edir. Hüceyrədə sitokinezin hansı prosesi hesabına gətməsi dəqiq məlumdur deyil. Lakin belə fikir irəli sürülür ki, hüceyrənin kortikal qatın a,

yəni membranın alt hissəsində əzələ fibrillərinin təbiətinə oxşar yığılma qabiliyyətli hissələr, elementlər vardır ki, onlar hüceyrənin ekvatoruna yönəlmiş vəziyyətdə olurlar. Bunlara yığılma həlqələri deyilir. Belə həlqələrin yığılması, qısalması nəticəsində hüceyrə ortadan büzülür və ən nazik yerdən ayrılaraq iki hüceyrə yaranmasına səbəb olur. Beləliklə yığılma həlqələrinin iş mexanizmi əzələ fibrillərinin iş mexanizminə oxşayır. Maraqlı cəhətdir ki, hüceyrədə bu cür arakəsmənin yaranması mühitdə ATF-in olması ilə sıxı əlaqədardır.

Beləliklə mitoz prosesində əsas rol oynayan, dəyişikliyə uğrayan nüvə və nüvə komponentləri, iy telləri və plazmatik membrandır. Lakin bu proses bütün hüceyrəyə xas olan proses olduğu üçün burada sitoplazma komponentləri də iştirak edir və bu prosesdə müəyyən dəyişikliyə uğrayırlar.

Belə ki, sitoplazmatik şəbəkənin çənlər və kanallar sistemi kəskin reduksiyaya uğrayır, vakuollara və kiçik hissələrə parçalanır. Mitotik aparatın inkişafı ilə əlaqədar olaraq sitoplazmanın membran elementləri və orqanoidləri hüceyrənin kənarlarına sıxışdırılır. Metafaza mərhələsində mitoxondrilər, prastidlər, lizosomlar və digər orqanoidlər ya hüceyrəni qütb zonalarına sıxışdırılırsa ya iy tellərini əhatə edirlər. Hüceyrələr bölünəndə orqanoidlər qız hüceyrələrində bərabər paylanırlar.

MITOZUN TIPLƏRİ

Ana hüceyrənin bölünməsindən alınan qız hüceyrələrinin sonrakı taleyinə görə üç cür mitoz ayırd edirlər.

1. **Simmertik,**
2. **Assimetrik,**
3. **Transformasiyalaşdırıcı mitoz.**

Simmetrik mitoz hüceyrələrin mitoz yolla elə bölünməsinə deyilir ki, bu zaman əmələ gələn hər iki qız hüceyrə həm həmcəbərəbər olur, həm də ana hüceyrədən onun genetik materialını tam bərabər olaraq almış olur. Belə hüceyrələr qısa müddət interfaza mərhələsini keçirməklə yenidən hər bir hüceyrə bölünmə qabiliyyətinə malik olur və özünə oxşar hüceyrələr yaradırlar. Məs: qan hüceyrələri, bağırsaq epitelisi hüceyrələri və s.

Assimetrik mitoz nəticəsində hüceyrənin genetik materialı tam bölünərsə də sitoplazmanın qeyri-tam bölünməsi nəticəsində həcmcə iki müxtəlif hüceyrə alınır. Onlardan iri hüceyrə sonradan bölünmə qabiliyyətinə malik olur, kiçik hüceyrə isə ya tamamilə, ya da bir neçə bölünmədən sonra bölünmə qabiliyyətini itirir. Məs: bir sıra orqanizmlərin yumurta hüceyrələrinin spiral paralanması zamanı əmələ gələn makromer və mikromer hüceyrələri. Makromerlər bölünməni davam etdirir, mikromer hüceyrələr isə bir neçə bölünmədən sonra bölünmə qabiliyyətini itirirlər.

Transformasiyalaşdırıcı mitoz zamanı əmələ gələn qız hüceyrədə elə maddələr sintez olunur ki, onlar hüceyrədə geri dönməz dəyişikliklər yaranmasına səbəb olurlar, belə dəyişikliklər isə hüceyrənin məhvini gətirib çıxarır. Məs: dərinin epitel hüceyrələrinin sitoplazmasında elə buynuzvari maddələr sintez edilir ki, onlar bölünmə qabiliyyətinin itməsinə səbəb olurlar. Assimetrik və transformasiyalaşdırıcı mitozun yaranmasına səbəb olan faktorların mexanizmi hələlik tam məlum deyil, lakin bəzi hallarda qız hüceyrələrdə həcmcə müxtəlifliyin əmələ gəlməsini onunla izah edirlər ki, iki qrup anafaz xromosomlar sitoplazmanın müxtəlif keyfiyyətli sahələrinə düşürlər.

Mitotik aktivliyin rəqlə edilməsi. Hüceyrələrin interfaza və mitotik rejiminin öyrənilməsi ümumi bir qanunauyğunluq yaranmasına gətirib çıxarır. Bu qanunauyğunluq ondan ibarətdir ki, orqanizmdə bölünmə yolu ilə çoxalan hüceyrələrin miqdarı, ölən, məhv olan hüceyrələrin miqdarına bərabərdir. Deməli toxumanı təşkil edən hüceyrə populyasiyası öz-özünü tənzim edən sistemdir.

D.Meziyaya görə hər bir normal hüceyrə bölünmə qabiliyyətinə malikdir, ancaq bəzi halda o ya tormozlanır ya da ləngiyir. Tormozlanma müxtəlif dərəcədə ola bilər. Bəzən tormozlanma elə dərin ola bilər ki, o geri dönməyə bilər.

Tormozlanma haqqında təsəvvürlər orqanizmdəki hüceyrələrin fəallığının rəqlə edilməsi ilə yaxşı uzlaşır. Belə ki, mitotik aktivlik və ya müəyyən vaxt ərzində bölünən hüceyrələrin miqdarı dəyişkən ola bilər. Müxtəlif orqanların hüceyrələrində sutkalıq ritm müəyyən olmuşdur. Orqanizmin sakitlik dövründə hüceyrələr daha çox bölünürlər. Orqaninin şiddətli funksiyası

zamanı isə mitoz zəifləyir. Çox hallarda bu orqanizmin hormonal fəaliyyəti ilə əlaqədar olur. Məs: Ağrı hissindən və ya digər qıcıqlanmadan mitozun azalması bu zaman çox miqdar adrenalin ayrılması ilə əlaqədar olur. Bölünən hüceyrələrin miqdarının dəyişməsi bir qayda olaraq mitozla sərf olunan vaxtın dəyişməsi ilə deyil, interfazanın müxtəlif mərhələlərinə sərf olunan vaxtın dəyişməsi ilə əlaqədardır. Belə ki, müxtəlif amillərin təsirinə interfazanın G_1 dövrü (DNT replikasiyasına hazırlıq dövrü) və G_2 dövrü çox həssasdır. Hüceyrələrin bu dövrdə gecikməsi interfazanın uzunmasına və beləliklə ümumi bölünən hüceyrənin miqdarının azalmasına səbəb olur. Lakin gün ərzində və ya günün müxtəlif dövrlərində mitotik aktivlik bir neçə dəfə dəyişirsə də bölünən hüceyrələrin sayı gün ərzində hər bir orqan üçün daimi qalır. Bu hal belə mülahizə etməyə imkan verir ki, orqanizmdə mitotik tsiklin dövrünü, hüceyrələrin bərpasını regulə edən ümumi mexanizm mövcuddur.

HÜCEYRƏ POPULYASIYASININ TƏSNİFATI

Bölünən hüceyrələrin yaşama müddəti bir bölünmədən digər bölünməyə sərf olunan dövr kimi qiymətləndirmək mümkündür, lakin yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi orqanizmdə çox miqdar hüceyrələr varki, onlar artıq bölünməzlər, ancaq öz funksiyalarını yerinə yetirirlər. Bu cür hüceyrələrin yaşama müddəti çox müxtəlif olur və heç də həmişə həmin dövrün dəqiq müəyyənlişməsi mümkün olmur. Hüceyrələrə avtoradioqrafiya üsullarını, mitotik aktivliyi öyrənən üsulları və s. tətbiq etməklə postembrional dövrdə hüceyrə populyasiyasını təsnif etmək olur. Daha doğrusu hüceyrələrin bölünməsinə sərf olan vaxta görə orqanizmdəki hüceyrələr üç qrupda təsnif olunur.

1. Çoxillik və ya stabil hüceyrələr populyasiyası.

2. Böyüyən hüceyrə populyasiyası

3. Yeniləşən hüceyrələr populyasiyası

Çoxillik və ya stabil hüceyrə populyasiyası. Bu qrup hüceyrələr populyasiyası postembrional inkişafda çoxalmırlar, onların çoxalması ancaq rüşeymin inkişafı dövründə baş verir və bu dövr qurtarıqda yaşlı fərdə olduğu qədər hüceyrələr əmələ

gəlmiş olurlar. Məməlilər sinfinin nümayəndələrində o cümlədən insanda rüşeymin inkişafının sonunda bölünmə qabiliyyətini itirən hüceyrələrə sinir hüceyrələrini misal göstərmək olar. Onların potensial ömrü orqanizmin ömründən də artıq hesab edilir. Belə ki, sinir hüceyrələrinin ölməsi orqanizmin ölməsinə səbəb olur. Odur ki, bu cür hüceyrə populyasiyasının ömrü illərlə, bəzi orqanizmlərdə on illərlə ölçülür. Bu populyasiyadakı hüceyrələr eyni tipli hüceyrələr olub, mitotik aktivliyə malik olmur, DNT miqdarı həmişə daimi qalır. Bu qrupa eninə zolaqlı əzələ hüceyrələrini də daxil edirlər. İndi isə məlum olmuşdur ki, əzələ hüceyrələri çox nadir hallarda da olsa bəzən bölünürlər. Odur ki, əzələ hüceyrələrini bəzi alimlər böyüyən hüceyrələr qrupuna aid edirlər. Çoxillik və ya stabil hüceyrələr populyasiyasının əsas cəhəti odur ki, onlar orqanizm ölənə qədər mövcud olurlar və qocalma ilə əlaqədar olan dəyişikliklərə məruz qalırlar. Elə orqanizmin qocalması da həmin hüceyrələrin qocalması ilə əlaqədar olur.

Böyüyən hüceyrələr populyasiyası. Bu qrupa aid olan hüceyrələr bu və ya digər dərəcədə eyni tipli hüceyrələr olub, mitozun miqdarı DNT-nin miqdarının artmasına uyğun gəlir. Bu hüceyrələr də orqanizm ölənə qədər mövcud olurlar, hüceyrənin bölünməsi isə toxumanın böyüməsini təmin etmək üçündür. Bu bölünmə orqanın yeniləşməsinə səbəb olmur. Bu hüceyrə populyasiyasına misal, mədəaltı vəzi, qalxanvari vəzi, böyrəküstü vəzi, tüpürcək vəzi hüceyrələrini və s. göstərmək olar. Bu populyasiyanın hüceyrələrinin mitotik aktivliyi zəifdir. Orqan müəyyən hüduda qədər böyüdükdən sonra isə bu hüceyrələr bölünmədən qalır. Görünür orqan böyüdükdən sonra bu hüceyrələrdə müəyyən inhibitor maddələr sintez olur ki, onlar hüceyrənin bölünməsi qarşısını alırlar. Bunu bir də onunla isbat etmək olar ki, müəyyən qıcıqlanmadan sonra və ya orqanın cərrahi ya da başqa üsulla müəyyən hissəsinin itməsi həmin orqanın hüceyrələrinin yenidən mitozla daxil olmasına səbəb olur. Məs: qara ciyərin rezeksiyası zamanı və ya orqanizmdən böyrəyin birinin çıxarılması həmin orqanların hüceyrələrinin yenidən bölünməsinə səbəb olur.

Labil və ya yeniləşən hüceyrələr populyasiyası. Bu qrupa daxil olan hüceyrələr eyni tipli olub çox yüksək mitoz xüsusu-

siyyətinə malikdirlər. Daha doğrusu bu hüceyrə populyasiyasındakı hüceyrələr bölünməklə, məhv olan hüceyrələrin miqdarının bərpa olunmasını təmin edirlər. Belə hüceyrələrə eritrositləri misal göstərmək olar. onlar cəmi 120 gün yaşayır, qocalır və təbii ölümə məhv olurlar. Onun əvəzində sümük iliyindən hüceyrələrin bölünməsi nəticəsində məhv olan hüceyrələrin miqdarı qədər qan damarına eritositlər daxil olur. Labil və ya yeniləşən hüceyrələr populyasiyasına daha maraqlı bir misal göstərmək olar. Hesablamışlar ki, 90 günlük siçanın mədə-bağırsaq traktında hər gün 3 milliard hüceyrə məhv olub itir və o qədər miqdarda da hüceyrə yaranır və itmiş hüceyrələri əvəz edir. Əgər nəzərə alsaq ki, bu yaş dövründə siçanda 67 milliard hüceyrə olur, onda orqanizmin ümumi hüceyrələrinin 1/22 hissəsinin hər gün yeniləşməsini hesablamaq olar. Bu proses xüsusilə toxumaların regenerasiyası və yaraların sağlması prosesində daha kəskin meydana çıxır.

Labil hüceyrə qrupuna daxil olan hüceyrələrin ömrü ümumiyyətlə qısa olsa da bir sıra faktorların təsirindən də asılı olaraq müəyyənləşir. Məs: mexaniki, fiziki faktorların hormonların təsirindən və s. asılı olaraq bu dövr dəyişə bilər. Labil hüceyrə populyasiyasının hüceyrələrinin çıxış yeri olmalıdır. Məs: qan hüceyrələri sümük iliyində yaranır və qan damarına keçirlər. selikli qısa hüceyrələri xaricə tökülür və s. Qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda adlarını çəkdiyimiz hüceyrə populyasiyaları normal toxumalara aid edilməlidir. Belə ki, potoloji dəyişikliyə uğramış toxumalarda, qeyd etdiyimiz hüceyrə populyasiyasına xas olan bölünmələr və digər proseslər dəyişir. Bu cəhətdən müxtəlif hüceyrə populyasiyalarının bəd xassəli xərçəng şişlərinin hüceyrələri ilə müqayisə etmək maraqlıdır. Orqanizm doğulduqdan sonra hüceyrə populyasiyaları ya stabil, ya böyüyən və ya da labil (yeniləşən) populyasiyaya çevrilirlər. Stabil populyasiyada mitoz dayandığı halda, böyüyən populyasiyada isə bölünmə davam edir, lakin getdikcə bölünmənin sürəti azalır, labil hüceyrələr populyasiyalarında isə mitoz öz fəallığını saxlayır və məhv olmuş hüceyrələrin əvəzini təmin edir. Şiş əmələ gələn orqanların hüceyrələrində isə mitoz daima davam edir və mitozun tezliyi şişin tipindən asılı olur, böyüyən hüceyrə populyasiyasından fərqli olaraq mitoz mitotik yaşdan asılı olaraq azalmır. Məs: böyrək və

böyrəküstü vəzinin hüceyrələrində mitotik aktivlik orqanın böyüməsi prosesilə, yaşla əlaqədar olaraq tədricən azalırsa həmin orqanlarda bəd xassəli şiş əmələ gəldikdə isə uzun müddət eyni sürətlə bölünməkdə davam edirlər.

Mitotik indeksin ölçüsünə görə normal, yeniləşən labil hüceyrələr populyasiyası xərçəng şişlərinin hüceyrələrinə oxşayırlar (yəni daima bölünürlər). Lakin fərq ondan ibarətdir ki, normal labil populyasiyalardakı hüceyrələr yenisini yaradaraq, sonradan bölünmə qabiliyyətini itirirlər və nəhayət ölürlər. Xərçəng şişi hüceyrələri isə mütəmadi bölünürlər. Digər fərq isə ondan ibarətdir ki, labil hüceyrə populyasiyasının hüceyrələrinin çıxışı olduğu halda, xərçəng şişləri hüceyrələrində isə belə çıxış olmur. Nəhayət xərçəng şişi hüceyrələri invaziv boy qabiliyyətinə malik olduqları halda, normal populyasiyanın hüceyrələri bu xüsusiyyətə malik deyillər.

ENDOMİTOZ

Bəzi hüceyrələrdə bölünmə dövründə elə hadisələr baş verir ki, bunun nəticəsi olaraq xromosomlar reduplikasiyaya uğradıqdan sonra, mitozda olduğu kimi nüvə qılaflı ərimir. Odur ki, ikiləşmiş xromosomlar bir nüvə daxilində qalırlar. Bu hadisəyə Teylor tərəfindən endomitoz adı verilməsi təklif olundu.

Endomitozun müxtəlif cür təzahür formaları mövcuddur. Məs: politeniya hadisəsi özü endomitoz nəticəsində baş verir. Bu hadisə əsasən iki qanadlıların tüpürcək vəzi hüceyrələrində rast gəlinir. drozofilin sürfəsinin 3-cü yaş dövründə tüpürcək vəzi hüceyrələrindəki xromosomları təşkil edən xromonem saplar reduplikasiyaya uğrayaraq ikiləşirlər, lakin ikiləşmiş xromonemlər bir-birindən ayrılmır. Bu hadisə təxminən on dəfəyə qədər təkrar olunur. Bunun nəticəsində tüpürcək vəzi hüceyrələrində xromonemlərin sayı 1024 n (haploid saydan 1024 dəfə çox) olur. Buna görə həmin xromosomlar çox iri görünür. Odur ki, onlara nəhəng xromosomlar deyilir. Xromosomlar müəyyən həddə çatdıqdan sonra normal ayrılır və qız hüceyrələrinə paylanırlar. Nəhəng xromosomlar reduplikasiya (S dövründə) prosesində spiralları açılmış halda qalırlar. Yalnız mitozun digər mərhələlərinə keçdikdə onlarda spirallaşma, qütblərə hərəkət və s. kimi bölünməyə

xas olan digər əlamətlər müşahidə edilir. Xromosomların ploidiyyəsinə uyğun olaraq onda DNT materialı da müvafiq miqdarda artır. Politeniya hadisəsi bəzən bitkilərdə də rast gəlinir. Infuzorların makronukleusunda, heyvanlarda malpiki boruları, qida boruları, piy toxuması hüceyrələrində də politeniya hadisəsinə rast gəlinir. Politeniya hadisəsi zamanı xromosomlar iriləşdiyindən, onların daxil olduqları nüvə də çox iri olur.

Nüvə sitoplazma münasibətləri qanunauyğunluqlarına əsasən ($V_n/V_s - V_n = \text{const}$) hüceyrə həcmi də böyüyür. Beləliklə nəhəng xromosomların daşıyıcısı olan nüvə digər nüvə və hüceyrələrə nisbətən çox iri olur.

Endomitozun digər təzahürü poliploidlik hadisəsidir ki, bu da təbiətdə çox geniş yayılmasa da, lakin müəyyən toxumaların hüceyrələrində rast gəlinir. Bu cür endomitoz zamanı xromosomların reduplikasiyası, mitozla xas olan bütün mərhələlər normada gedir. Lakin hər hansı bir səbəb nəticəsində nüvə qlafının nazikləşməsi və itməsi hadisəsi ləngiyir. Odur ki, profaza, metafaza, anafaza və telofaza mərhələlərinə xas olan proseslər nüvə daxilində gedir və müvafiq olaraq endoprofaza, endometafaza və s. adlanır. Bu prosesin nəticəsi olaraq hüceyrədə xromosom dəsti bir və ya bir neçə dəfə artır. Poliploidlik dərəcəsi haploid sayına görə hesablanır və hadisənin neçə dəfə təkrar olmasından asılı olur.

Xromosomların miqdarı haploid sayından iki dəfə artıq olduqda $2n$ (diploid), 3 dəfə artıq olduqda $3n$ (triploid), 4 dəfə artıq olduqda $4n$ (tetraploid) və s. adlanır. Bu cür poliploidlik hadisəsi təbiətdə, bitkilərdə çox geniş yayılmışdır. Heyvanlar içərisində poliploidlik nadir rast gəlinən hadisədir. Afrika qurbağalarında, tarakanlarda və hermofrodit qurdlarda poliploidlik olması müşahidə edilmişdir. Görünür poliploidliyin yaranması orqanizmlərin bir cinsli və ya müxtəlif cinsli olması ilə əlaqədardır. Bitkilərdə əksəriyyətlə erkək və diş cinsli hüceyrələr bir bitkidə olduğundan erkək və dişilərdə rast gəlinən poliploid təbiətli cinsi hüceyrələrin görüşüb mayalanması və nəsil yaratması ehtimalı çoxdur. Odur ki, elə bu səbəbdən də bitkilərdə poliploidlik nisbətən çox rast gəlinir. Bitkilərdə endomitoz hüceyrələrin fəaliyyətinin fasiləsizliyini təmin edən müəyyən funksiyonal əhəmiyyət kəsb edir. Məs: kartofun kiçik yumurularının hüceyrələri mitotik yolla

bölünürlər. Lakin cavan təxminən qoz boyda kartof yumrularının hüceyrələrində endomitoz müxtəlif mərhələlərində olan hüceyrələrə rast gəlinir. Bu hüceyrələrin mitozdan endomitozla keçməsi dövrü, onlarda nişastanın əmələ gəlməsi dövrünə müvafiq gəlir. Bitkilər aləmində növ əmələ gəlməsinin bir şərti görünür təkamül prosesində poliploidliklə əlaqədar olmuşdur. Eyni cinsədaxil olan növlərdə poliploid cərgələrin olması buna sübutdur. Məs: taxıllar cinsindən olan müxtəlif buğda növlərinin xromosom dəstinə nəzər salsaq belə qanunauyğunluq olduğunu görə bilərik. Taxıllar cinsinə aid olan triticum monococcum-da $2n=14$, Triticum diococcum-da, Tr. turdidum-da, Tr. Durum-da və s. $2n=28$, Tr. Compactum, Tr. Aestivum-da $2n=42$ xromosom vardır.

Bu növlərin əsas xromosom dəstində 7 xromosom olduğunu nəzərə alsaq, onun 2,3 və s. dəfə artaraq təkamül prosesində yeni növlərə başlanğıc verdiyini mülahizə etmək olar. Eləcə də Rosa cinsində 14, 21, 35, 42, 56 xromosomlu növlərin olması, solanum cinsində 12, 24, 36, 48, 60, 72 və s. xromosomlu növlərin rast gəlməsi deyilənləri sübut etməyə imkan verir.

Təbiətdə poliploidlərin yaranması mexanizmini öyrənməklə hazırda müxtəlif kimyəvi maddələrin təsirindən (məs: kolxitsin) süni sürətdə bitkilərdə poliploidlik yaratmaq mümkün olmuşdur. Keçmiş SSRİ-də şəkər çuğunduru, qarabaşaq, buğda, çovdar, tut və s. bitkilərinin poliploid formaları alınmış və onlar üzərində aparılan seleksiya işi nəticəsində məhsuldarlığın xeyli artırılmasına nail olmuşlar.

Endomitozun bir növü də iki və çox nüvəliliyin yaranmasıdır. Bu zaman hüceyrədə və xromosomlarda mitozla əlaqədar olan bütün ardıcıl və qanunauyğun dəyişikliklər gedir, hər qütdə nüvə əmələ gəlməsi prosesi normal gedir. Lakin sitotomiya prosesi (və ya sitokinez) gecikdiyindən sitoplazma nüvələr ətrafında bölünmür və bir hüceyrədə iki nüvə əmələ gəlir. Əgər bu proses bir neçə dəfə təkrar olsa hüceyrədə çox nüvəlilik yaranır. Belə hadisəyə qara ciyərin bəzi parenxim hüceyrələrində, qığırdaq hüceyrələrində və s. rast gəlinir.

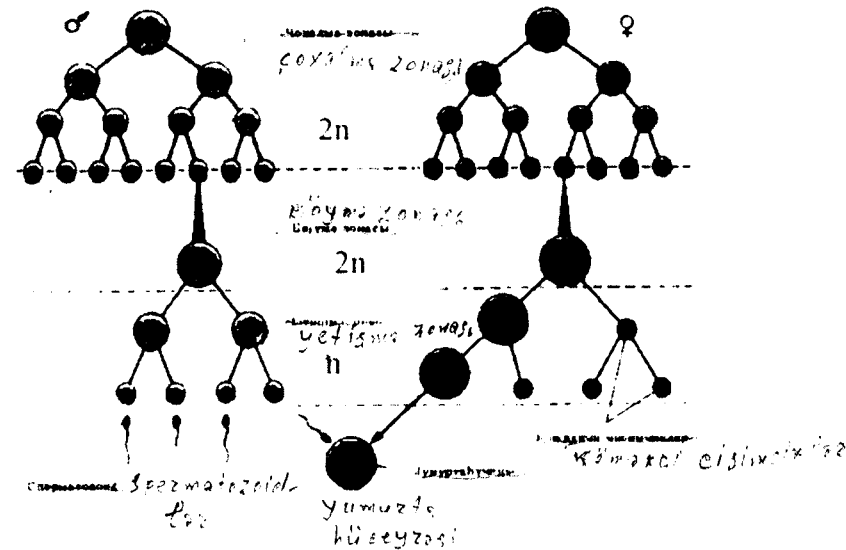
REDUKSION BÖLÜNMƏ

Məlumdur ki, canlıların çoxalması, cinsi, qeyri-cinsi, sporlar vasitəsilə olur. Bu çoxalma tipləri bir-birindən kəskin sürətdə fərqlənilir. Belə ki, sporlarla çoxalma zamanı nəsəl öz başlanğıcını bir spor (qeyri cinsi) hüceyrəsindən başlayır, vegetativ çoxalma zamanı nəsəl başlanğıcı bir qrup somatik (diploid xromosomlu) hüceyrələr verir. Cinsi çoxalma zamanı isə nəsəl öz başlanğıcını xüsusi ixtisaslaşmış cinsi (haploid xromosomlu) hüceyrələrdən alır. Cinsi çoxalma əsasən çox hüceyrəli heyvan və bitki orqanizmlərinə xas olmaqda yanaşı bu yolla ibtidai orqanizmlər də çoxalırlar. Çox hüceyrəli heyvanların ilkin cinsi hüceyrələri bir qayda olaraq rüşeym inkişafının ilk mərhələlərində somatik hüceyrələrdən öz başlanğıcını alır. Sonra inkişafın ilk və son mərhələsində əmələ gəlmələrindən asılı olmayaraq, cinsi vəzilərdə toplanır və beləliklə cinsi vəzilərin başlanğıcı əmələ gəlir. Cinsi vəzilər boru halında olanda onlarda üç zona ayırd etmək olur. Bu zonalar cinsi hüceyrələrin inkişafının üç dövrünə müvafiq gəlir. Erkək fərdlərdə cinsi hüceyrələrin yaranması və formalaşması hadisəsi spermatogenez, dişilərdə isə oogenez hadisəsi adlanır. Ümumiyyətlə isə bu hadisə gametogenez hadisəsi və ya meyoz prosesi adlanır. Gametogenez prosesinde hüceyrələrin inkişafının I dövrü onların intensiv olaraq mitoz yolla çoxalmasıdır. Bu çoxalma adı mitozdan onunla fərqlənir ki, bölünmə nəticəsində yaranan hüceyrələr başlanğıc hüceyrə həcminə çatmadan təkrar bölünürlər. Odur ki, cinsi vəzilərin bu nahiyyəsindəki hüceyrələr həcmə kiçik, sayca çox olur və çoxalma zonası adlanırlar (şəkil 32). Bundan sonra hüceyrələr ikinci dövrə - böyümə dövrünə keçir. Cinsi vəzilərin bu nahiyyəsindəki hüceyrələr ətraf mühətdən qida maddələrin alır və böyüyürlər. Beləliklə onlar böyümə zonasını əmələ gətirirlər. Erkək fərdlərdə böyümə zonasında olan hüceyrələr I-ci dərəcəli spermatosit hüceyrələri əmələ gətirirlər. Bu dövrdə hüceyrələr böyüməklə yanaşı yetişmə mərhələsinə keçid üçün bölünməyə də hazırlanırlar.

Bundan sonra həmin hüceyrələr bölünərək 2-ci dərəcəli spermatosit hüceyrələrini əmələ gətirirlər. Bundan sonra yetişmənin 2-ci bölünməsi gedir və hər bir 2-ci dərəcəli spermatosit bölünür

və hərəsi 2 spermatid əmələ gətirir. Sonra isə hər bir spermatid formalaşma mərhələsinə keçərək spermatozoid hüceyrəsinə çevrilir. Yetişmə mərhələsində olan hüceyrələr bölündükdə onlarıdakı diploid xromosom sayı 2 dəfə azalır və yetişmə mərhələsindəki spermatidlərdə haploid saylı xromosom olur. Odur ki, bu bölünmə reduksion bölünmə adlanır.

Elə bunun nəticəsi olaraq hər bir spermatozoidə cüt homoloji xromosomlardan ancaq biri düşür. Münasib olaraq spermatozoidlərdə DNT miqdarı da somatik hüceyrələrə nisbətən 2 dəfə az olur.



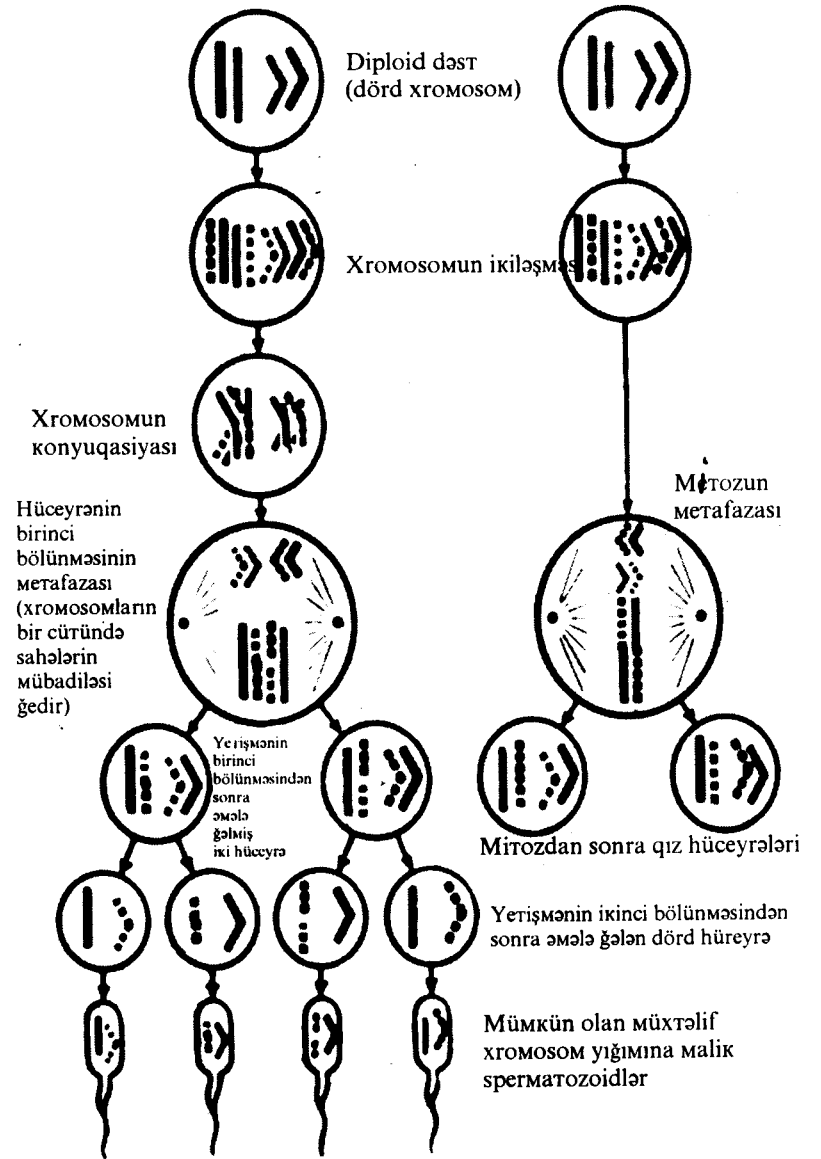
Şəkil 32. Cinsi hüceyrələrin inkişaf sxemi.

Oogenez prosesi də mahiyyətə spermatogenez prosesinə oxşardır. Lakin bəzi fərqlər vardır. Belə ki, bu zaman böyümə mərhələsindəki hüceyrələrdən hər biri yetişmə zonasına keçid üçün bölündükdə, nüvə materialları tam bərabər olaraq oositlərdə paylanırsa, sitoplazma isə qeyri bərabər paylanır. Odur ki, I-ci dərəcəli iki oositdən biri həcmə iri, ikincisi isə kiçik olur.

Yetişmənin 2-ci bölünməsində isə iri hüceyrə təkrar bölünərək bir iri və bir kiçik hüceyrə verir, kiçik hüceyrədən isə bölünmə nəticəsində iki kiçik hüceyrə əmələ gəlir. Odur ki, 4 oositdən 3-ü kiçik olur və polyar cisimcik adlanır və mayalanmağa qabil olmur. Biri isə iri olur, formalaşaraq umurta hüceyrəsinə çevrilir və mayalanmağa qabil olur. Bundan başqa oogenezspermatogenezdən bir də onunla fərqlənir ki, bu zaman böyümə mərhələsindəki hüceyrələr ooqonilər nisbətən yavaş böyüyürlər və I dərəcəli ovosit hüceyrələrinə çevrilirlər, böyümə dövründə bunlara daha çox vaxt sərf olunur və böyümə dövrü özü iki mərhələyə ayrılır: kiçik böyümə dövrü və böyük böyümə dövrü. Böyük böyümə dövründə yumurta hüceyrəsi min dəfələrlə böyüyür və bu zaman meyozun birinci profazası keçir.

Reduksion bölünmə hadisəsi spermatosit və oosit hüceyrələrində iki dəfə ardıcıl olaraq gedir. Bu bölünmə mitozdan bir sıra xüsusiyyətlərinə görə fərqlənir (şəkil 33). Əvvəlcə iki dəfə ardıcıl gedən reduksion bölünmədə hüceyrələrdə elə qanunauyğun dəyişikliklər gedir ki, onlar cinsi hüceyrələrin yaranmasına və hər bir cinsi hüceyrələrdə somatik hüceyrədəkindən 2 dəfə az xromosom olmasına gətirib çıxarır. Digər tərəfdən meyoza mitozdan fərqli olaraq genetik materialın rekombinasiyası gedir. Belə ki, homoloji xromosomların müəyyən sahələri arasında mübadilə gedir. (krossinqover), eləcədə meyozun 1 və 2 bölünməsi arasında S mərhələsi olmur. Mitozda hər bölünmədən qabaq interfaza dövrü olur və bu zaman genetik material reduplikasiyaya uğrayır (DNT ikiləşir, zülallar sintez olunur, enerji toplanır və s.). Reduksion bölünmə zamanı isə genetik material bir dəfə reduplikasiya olur, bölünmə isə iki dəfə təkrar olunur. Elə bunun və reduksion bölünmənin I profazasında homoloji xromosomların konyuqasiyasının nəticəsi olaraq reduksion bölünmə nəticəsində yaranan cinsi hüceyrələrdə xromosom sayı iki dəfə somatik hüceyrələrdəkindən az olur. Lakin reduksion bölünmənin bəzi xüsusiyyətlərində müəyyən dərəcədə mitozla oxşarlıq da vardır. Belə ki, mitozdakı qütblük, bölünmənin mərhələləri (interfaza, metafaza, anafaza və telofaza), xromosomların qütblərə hərəkəti və s. meyoza da müşahidə edilir.

Meyozda bölünmə iki dəfə ardıcıl getdiyi üçün I bölünmədəki mərhələlər 1 profaza, 1 metafaza, 1 anafaza və 1 telofaza işarə

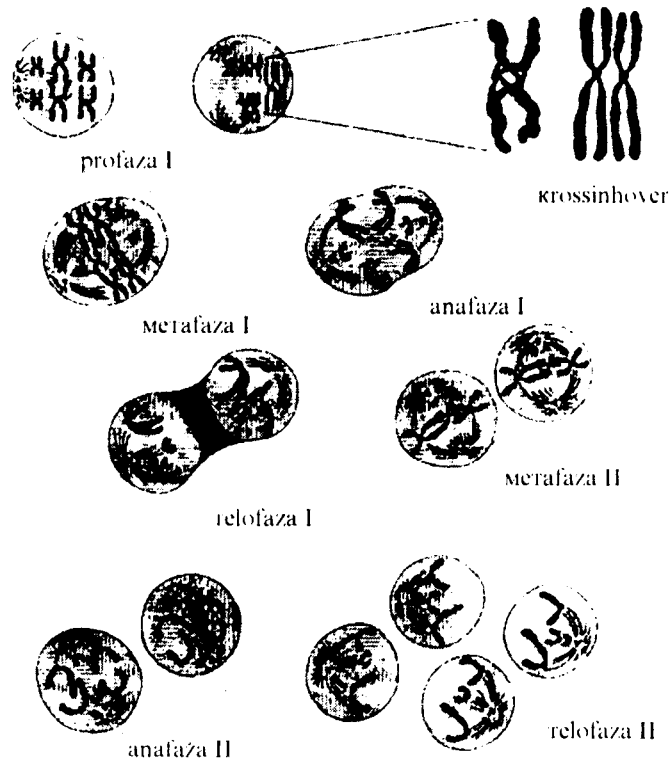


Şəkil 33. Mitoz. Meyoz.

olunur. 2-ci bölünmədə həmin mərhələlər II rəqəmi ilə işarələnir (şəkil 34). Meyozun I profazası həm mitozun profazasından həm də meyozun II profazasından fərqli və mürəkkəbdir.

Meyozun I profazası özü ayrılıqda 5 ardıcıl mərhələdən ibarətdir: 1. Leptotena, 2. Ziqotena, 3. Paxitena, 4. Diplotena, 5. Diakinez.

Meyoza və ya reduksion bölünməyə daxil olan hüceyrələrdə adi diploid ($2n$) xromosom dəsti olur. Profazadan əvvəl gələn interfazada hüceyrələr G_1 , S, G_2 mərhələlərini keçərək DNT və xromosomu təşkil edən xromatidləri ikiləşir. Sonra onlar I profazanın leptotena mərhələsinə daxil olur, bu mərhələ nazik xromatin saplar mərhələsi də adlanır. Leptotenada xromosomlar



Şəkil 34. Meyoz.

artıq S dövrünün nəticəsi olaraq ikiləşmişdir. Lakin hər xromosomun iki qız xromatiddən ibarət olmasını çox da asanlıqla müşahidə etmək olmur (mitozdan fərqli olaraq). Hələlik leptotenada diploid xromosom sayı mövcud olur. Leptotena mərhələsində xromosomlar üzərində müncüq kimi düzülmüş xromatidlərin sıxılmış sahəsi olan xromomerləri aydın görmək olur. Xromomerlərin sayı, düzülüşü, xromomer arası məsafə hər bir xromosom üçün özünə məxsusdur. Xromomerlərin bu xüsusiyyəti xromosom xəritəsinin tərtib edilməsi və onların sitogenetik cəhətdən analizi üçün əlverişli şərait yaradır. Xromosomlarda xromomerlərin sayı müxtəlif obyektlərdə müxtəlifdir: məs. tritonun 12 xromosomunda 2,5 min, düyünün 24 xromosomunda 645 dənədir.

Leptotenanın sonunda homoloji xromosomların konyuqasiyası başlayır.

Ziqotena - bu mərhələdə homoloji xromosomlar konyuqasiya edir (artıq S mərhələsini keçmiş və ikiləşmiş). Belə xromosomlar bivalentlər adlanır. Hər bir bivalentdə 4 xromatid olur. Beləliklə, bivalentin sayı haploid xromosom dəstinə bərabər olur. Xromosomların bu cür cütləşməsi **paxitena** mərhələsində daha aydın görünür. Ziqotena mərhələsi xromosom sayının iki dəfə azalmasının əsasını qoyur. Bu prosesdə homoloqların bir-birini necə tapması mexanizmi hələ də dəqiq məlum deyil. Doğurdan da necə olur ki, bütöv bir xromosom dəstində yanaşı, qonşu xromosomlar bir-birilə konyuqasiya etmir, ancaq hər bir xromosom öz spesifikliyinə uyğun olaraq xromosomu seçir və onunla konyuqasiya edir.

Son zamanlar zanbaqkimilərin meyoza prosesinin öyrənilməsi zamanı məlum olmuşdur ki, bu zaman ziqotena mərhələsində hüceyrədəki DNT-nin 0,3 faizi sintez olur. əgər mitoz prosesində hüceyrənin bütün DNT-si interfazada sintez olunursa, meyoza isə 0,3 faiz xüsusi Q-S nukleotidləri ilə zəngin olan DNT sintez olunur. Bu DNT-L-DNT adlanır və öyrənmişlər ki, hər homoloji xromosomun xüsusi sahələrində L-DNT yerləşmiş olduğundan həmin sahələr sanki bir-birini tanıyır, seçir və o sahələrlə də konyuqasiya edirlər. Bir qədər sonra xromosomlar başqa strukturla bir-birilə birləşir ki, buna **sinoptemal kompleks** deyilir. Homoloqların birləşməsi əvvəlcə sentromer nahiyyəsində baş

verir, sonra isə xromosomun bütün boyunu əhatə edir. Sinaptemal kompleksin xromosomları bir-birinə birləşdirilməsini paltarlarda istifadə edilən «zəncirbəndə» bənzətmək olar. Belə ki, iki xromosom sapı bir xromosom sapda birləşir.

Sinaptemal kompleksə bütün eukariotlarda, ibtidailərdə, yosunlarda, ibtidai və ali göbələklərdə, ali bitki və heyvanlarda rast gəlinir.

Paxitena - bu mərhələ yoğun saplar mərhələsi adlanır. Çünki ziqotenanın nəticəsi olaraq xromosomlar bir tərəfdən konyuqasiya nəticəsində qalınlaşmış, digər tərəfdən isə müəyyən qədər spirallaşma nəticəsi olaraq qısalmışlar. Bu cür qalın paxiten xromosomların sayı haploid sayına uyğundur ($1n$).

Deməli burada da xromatidlər $4n$, DNT-isə hər bir paxiten xromosomunda dörd dəfə çoxdur. Bu mərhələdə meyoz üçün xarakter olan başqa bir proses krossinqover-homoloji xromosomların identik sahələrinin mübadiləsi gədir. Paxitenada morfoloji cəhətdən bu prosesi tutmuş olmur. Lakin sonradan diplotenada onlar ayrıldıqda krossinqover gedən müəyyən nahiyyələrdə (xiazma nahiyyəsində) əlaqəli qalırlar. Belə hesab edirlər ki, genetik mübadilə elə həmin sahələrdə gədir.

Müəyyənləşdirmişlər ki, paxitenada hüceyrə DNT-nin 0,1 faizi sintez olunur. Bu sintez reparativ xüsusiyyət daşıyır. Belə ki, o, hüceyrəni DNT ilə zənginləşdirmir, hüceyrədə itmiş DNT-ni bərpa edir.

Paxiten mərhələsində xromosomların transkripsiyası və bəzi xromatidlər fəallaşır ki, bu da xromosom strukturunda müəyyən dəyişikliklər yaranmasına səbəb olur. Bəzi orqanizmlərin oositlərində fırça şəkilli xromosomların yaranması elə bu dəyişikliklərlə əlaqədardır.

Diplotena - iki qat saplar mərhələsi adlanır. Meyozun bu mərhələsində homoloqların bir-birini dəf etməsi başlayır. Lakin bu zaman hər homoloji xromosomun qız xromatidləri bir-birilə birləşmiş vəziyyətdə qalır. Bivalentlər bir-birini dəf etdikdə xromosomların bir-birinə birləşdiyi xiazma sahələri aydın görünür. Bu zaman ancaq bu sahədə sinaptemal kompleksin qalıqları müşahidə edilir. Xromosomların ayrılmış sahələrində isə onlar itir. Xiazmların yerləşməsi və miqdarı müxtəlif növlərdə və xromosomlarda müxtəlif olur. Daha uzun xromosomlarda xiazma

da çox olur. ən qısa xromosomda hər bivalentdə heç olmasa bir xiazma olur.

Diplotena mərhələsində xromosomlar daha da qısalar, qalınlaşır (spirallaşma hesabına), kondensasiyaya uğrayır. Buna görə də hər xromosomun dörd xromatiddən ibarət olması aydın görünür. Bu zaman hər homoloqdan birinin xromatidinin (4 xromatiddən 2-nin) çarpazlaşması aydın görünür.

Diakinez - xiazma sayının azalması ilə bivalentlərin qısalması, nüvəciklərin itməsi ilə xarakterizə olunur. Bivalentlər daha kompakt forma alır. Xromosomlar nüvə qlafı ilə əlaqəsini itirir. Bu mərhələ hüceyrənin ikinci bölünməsinə keçid adlanır. Bundan sonra I metafaza başlayır. Bu zaman bivalentlər metafazaya xas olaraq ekvator da düzülür.

I anafazada xromosomlar bir-birindən ayrılır. Lakin bu zaman mitozdakı kimi qız xromatiddər deyil, iki qız xromatiddən ibarət olan hər homoloji xromosomdan biri müvafiq qütbə çəkilir. Homoloqlardan hansının bu və ya digər qüt və çəkilməsi tam və təsadüfi xarakter daşıyır. Belə ki, bu zaman müxtəlif xromosom cütləri istənilən kombinasiyada qütblərə çəkilə bilər. Hər qütbədəki xromosomlar iki xromatiddən ibarət olur. Bundan sonra I telefaza başlayır. Telofazada elə bir əhəmiyyətli dəyişiklik baş vermir. Sadəcə olaraq qütblərdəki xromosomlar despiralizasiyaya uğrayır, spirallar açılır, xromosomlar öz aydın görkəmini itirir və yumaq formasını alırlar.

I telefazadan sonra qısa interkinez dövrü keçir. Lakin bu zaman DNT sintez olunmadan hüceyrələr 2-ci bölünməyə daxil olurlar. 2-ci bölünmə morfoloji xüsusiyyətlərinə və mərhələlərinin ardıcılığına görə mitozdan fərqlənir. Sentromer nahiyyələrində birləşmiş qalan qoşa qız xromatidlər (hər yumaqda ayrıca) II profaza, II metafaza, II anafaza və II teofaza mərhələlərini keçərək cinsi hüceyrələr düşürlər. Beləliklə meyozun II bölünməsində iki xromatidli və 2 s miqdarda DNT-yə malik hüceyrələr ayrılıqda haploid xromosumlu 4 cinsi hüceyrə əmələ gətirir. Erkəklərdə həmin cinsi hüceyrələr spermatozoid, dişilərdə isə yumurta hüceyrəsidir. Həmin hüceyrələrdə hər xromosom bir xromatiddən ibarət olur. Bu hüceyrələrdən hər biri öz genetik konstitusiyası ilə biri digərindən fərqlənir və mayalanma gəbliyyətinə malik olur.

HÜCEYRƏNİN DİFERENSASIYASI

Orqanizmin funksiyalarının müxtəlifliyi onu təşkil edən hüceyrələrin differensasiyaya uğramasını tələb edir. Müəyyən tip hüceyrələr müvafiq funksiyaları yerinə yetirməyə uyğunlaşmışlar. Bununla əlaqədar olaraq onların morfolojiyası da dəyişmişdir. Məs: sinir hüceyrələri qıcıqı qəbal etmək və ona cavab vermək funksiyasına müvafiq olaraq şaxəli forma kəsb etmişlər. Miofibrillərə malik olan əzələ hüceyrələri yığılma və açılma xüsusiyyətini kəsb edir. Hüceyrələrin bu cür struktur və funksiyalarının ixtisaslaşması **differensasiya** adlanır. Differensasiya həmişə ümumilikdən nə isə ixtisaslaşmağa, müxtəlifliyə çevrilməklə əlaqədar olur. Hüceyrə differensasiyası fasiləsiz olaraq orqanizmin inkişafının bütün mərhələlərində baş verir. Lakin onun maksimum sürəti rüşeymin inkişafı dövründə müşahidə edilir.

Əksər orqanizmlər cinsi yolla çoxalırlar. Çoxhüceyrəli heyvan və bitki orqanizmləri cinsi çoxalma zamanı bir mayalanmış yumurta hüceyrəsindən-ziqotdan, vegetativ çoxalma zamanı bir qrup oxşar hüceyrələrdən, sporlarla çoxalma zamanı isə bir somatik hüceyrədən inkişaf edirlər. İstər bir hüceyrədən istərsə də bir qrup hüceyrədən inkişaf nəticəsində çox müxtəlif hüceyrələrdən təşkil olunmuş mürəkkəb orqanizm əmələ gəlir. Yeni anadan olan uşağın bədənindən 2 billion (2^{23}) hüceyrə olur. Həmin hüceyrələr sonradan öz quruluş və xüsusiyyətlərini saxlayan 100 müxtəlif tip hüceyrə əmələ gətirirlər. Eyni tipli hüceyrələrdən fərdi inkişaf prosesində quruluş və funksiyasına görə fərqlənən çox müxtəlif hüceyrələrin əmələ gəlməsi prosesi differensasiya adlanır. Differensasiya nəticəsində hüceyrələrdə baş verən dəyişikliklər çoxalma zamanı nəslə ötürülür. Deməli belə dəyişikliklər irsən möhkəmləndirilmiş dəyişkənliklərdir.

İrsi maddənin xromosomda yerləşməsinə əsas götürən A.Veysman hesab edirdi ki, hüceyrələrin differensasiyası irsi maddələrin mitoz dövründə qeyri-bərabər paylanmasıdır. Bu nəzəriyyəyə əsasən müxtəlif tip hüceyrələr differensasiya zamanı onların inkişafını, quruluşunu, funksiyasını müəyyənləşdirən müxtəlif determinantlar və ya irsiyyət vahidləri saxlayırlar. Lakin amfibilərin inkişafının ilk dövrlərində ziqotanın paralanması zamanı aparılan tədqiqatlar nüvələrin eyni tipli olmasını isbat edir. Məs: Şpeman mayalanmış yumurta hüceyrəsini sapla ortadan elə bölmüşdür ki, nüvə hüceyrənin bir yarısında qalmış, digər yarısına isə ancaq sitoplazma düşmüşdür. Bu zaman nüvə olan hissə bölünməyə başlamış, nüvə olmayan hissə isə bölünməmişdir. Hüceyrənin nüvəli və nüvəsiz hissələri arasında nazik sitoplazmatik körpü əmələ gəlmişdir. 4-cü bölünmədən sonra 16 nüvə əmələ gələndə onlardan biri sitoplazmatik körpü vasitəsilə nüvəsiz hissəyə keçmişdir. Bundan sonra həmin hissə də bölünməyə başlamış və ondan tam həyatı qabiliyyətə malik sürfə əmələ gəlmişdir. Kinq və Briqqs amfibilərdə nüvə köçürülməsi metodikasını işləyib hazırlamışlar. Bu metodika nüvə inkişafının nisbətən sonrakı mərhələsində onun potensiyasını izah etməyə imkan vermişdir. Yumurta hüceyrəsinin nüvəsi şüşə iynə ilə hüceyrədən çıxarılıb yerinə pipetka vasitəsilə nisbətən sonrakı inkişaf mərhələsində olan diploid nüvə keçirilmişdir. Blastulanın son mərhələsində olan nüvənin köçürülməsi zamanı əksər yumurta hüceyrələri ancaq blastula mərhələsinə qədər inkişaf etmiş bir sıra hallarda isə normal sürfə əmələ gətirmişlər. Bəzi müəlliflər amfibilərin nüvəsi çıxarılmış yumurta hüceyrəsinə göz qədəhinin neyrula hüceyrələrini, bağırsağ və böyrək hüceyrələrini köçürdükdə normal fərd almağa nail olmuşlar. Lakin nüvənin köçürülməsi ilə əlaqədar olan bütün təcrübələrdə yumurta hüceyrəsi ya blastula mərhələsinə qədər inkişaf etmiş və ya da sürfələrin müəyyən hissəsi anormal olmuşdur. Bu hadisənin səbəbini izah etmək üçün bir blastuladan bir neçə yumurta hüceyrəsinə nüvə köçürülmüşdür. Onların bəzilərindən normal sürfələr inkişaf etmiş, müəyyən gismi anormal olmuş, digərləri isə, ancaq blastula mərhələsinə qədər inkişaf etmişlər. Bu zaman məlum olmuşdur ki, nüvənin yumurta hüceyrəsinin inkişafını müəyyən mərhələyə qədər idarə edə bilməsi xüsusiyyəti seriya

ilə nüvə köçürülməsi təcrübələrində də özünü göstərir. Yəni bu xüsusiyyət hər hansı genetik amillərlə əlaqədardır. Sonralar məlum olmuşdur ki, o nüvələr ki, yumurta hüceyrəsinin inkişafını ancaq blastula mərhələsinə qədər idarə edir, onlarda xeyli xromosom dəyişkənliklərinə rast gəlinir. Anormal sürfələrdə nisbətən ondan az xromosom dəyişkənlikləri müşahidə olunur. Bu cür xromosom dəyişkənlikləri yaqin ki, yumurta hüceyrəsinin ona köçürülmüş nüvəyə olan təsirindən yaranmışdır. Lakin bu cür dəyişkənlik yumurta hüceyrəsinin blastula mərhələsinə qədər inkişafına mane olmamışdır.

Deməli bütün yuxarıda deyilənlərdən belə nəticə çıxır ki, somatik hüceyrələrin nüvələri nəinki aid olduğu orqanizmin bütün genetik informasiyasını özündə saxlayır, həmçinin normal fərdi inkişafı təmin etmək potensial imkanına da malikdir.

Ali orqanizmlərin orqan və toxumalarını əmələ gətirən hüceyrələr sitoplazmanın quruluşu və fizioloji xüsusiyyətləri ilə bir-birindən fərqlənirlər. Bəzi epitel hüceyrələrində eləcə də birləşdirici toxumanın bəzi hüceyrələrində sitoplazma rüşeym hüceyrələrinin xüsusiyyətlərini özündə saxlayır. Bu hüceyrələr rüşeym hüceyrələrindən suyun müəyyən hissəsini itirməsi və yapışqanlığının çoxalması ilə fərqlənirlər. Başqa hüceyrələrin differensiasiyası zamanı isə sitoplazmada daha dərin kimyəvi və quruluş dəyişiklikləri müşahidə edilir. Bu dəyişikliklər hüceyrənin müəyyən spesifik funksiyasına uyğun gəlir. Adətən onlar daimi olub hüceyrənin bütün həyat fəaliyyəti prosesində mövcud olurlar ki, bununla da paraplazmadan (törəmələrdən) fərqlənirlər. Differensiasiyaya uğramış strukturları hüceyrənin əsas komponentlərinin məs: sitoplazmatik membranının, hüceyrə matriksinin orqanoidlərinin spesifik adaptasiyası və ya modifikasiyası kimi qəbul etmək olar. Çox halda differensiasiya hüceyrə matriksində baş verir. Məs: əzələ hüceyrələrində miofibrillər və miofilamentlər, neyronlarda neyrofibrillər və neyrofilamentlər, epitel hüceyrələrində tonofibrillər və tonofilamentlər. Misal olaraq tonofibrillərin differensiasiyasını nəzərdən keçirək. Epitel hüceyrələrində olan fibrilyar strukturlar hüceyrələrin adgeziyası (yapışması) və epitel hüceyrələrinin mexaniki funksiyalarına uyğunlaşmışlar.

Tonofibrillər - xüsusi mexaniki funksiya daşıyan fibril zülalı-keratindən təşkil olmuşdur. Onlar epitelinin bəzi törəmələrinin (tük, dəri, dırnaq) əsas kütləsini təşkil edir. Belə epitel hüceyrələrində sitoplazma matriksinin əsas hissəsi nazik sapvari komponent-keratin fibrillərindən əmələ gəlmişdir. Matriksin digər hissəsini isə az miqdar endoplazmatik tor və ribosomlar təşkil edir. Keratinləşmə və ya buynuzlaşma adlanan bu cür differensiasiya prosesi epitel toxumasının dərin qatlarından periferik qat hüceyrələri istiqamətində baş verib, fasiləsiz olaraq fəal sitoplazma həcmnin azalması ilə müşahidə olunur. Belə hüceyrələrdə azacıq endoplazmatik tor sahəsi və bir neçə mitoxondri qalır.

Keratin fibrilləri hüceyrənin uzununu boyu xüsusi cərgələrlə yerləşir. Hüceyrənin mexaniki qüvvələri ilə müəyyənləşir və həmin toxumaya öz təsirini göstərir. Bu xüsusilə hüceyrənin bazal hissəsində desmosomlara bənzəyən xüsusi qalınlaşmalar şəklində gözə çarpır. Elə burada hüceyrənin bazal hissəsində keratin fibrillər hüceyrənin xarici membranı qalınlaşdırır. Bu strukturlar epitel hüceyrəsinin ona yaqin birləşdirici toxumaya adgeziyasını təmin edir. Patoloji proseslərdə və ya eksperimental olaraq adgeziya kəskin surətdə dəyişir. Məs: yaralanma zamanı qalınlaşmış sahələr itir, bununla əlaqədar olaraq epitel hüceyrəsi hərəkət qabiliyyəti kəsb edir. Yara sağalanda qalınlaşmalar yenidən bərpa olunur. Differensiasiyaya təmiz sitoloji cəhətdən yanaşsaq o zaman differensiasiyaya hüceyrələrin mövcud və potensial funksiyalarının ixtisaslaşmasını təmin edən proses kimi baxmaq lazımdır. Hüceyrələr differensiasiyaya uğradıqca hər hansı spesifik funksiyanın yerinə yetirilməsinə adaptiv uyğunlaşırlar, bu halda onlar digər vəzifələri yerinə yetirmək funksiyalarını itirirlər. Bəzi hallarda differensiasiya müvəqqəti və dönməli olur. Belə differensiasiyaya modulyasiya deyilir. Digər halda isə o, sabit və dönməyən olur. Bir qayda olaraq differensiasiya interfaza mərhələsində və ya bölünmələr arasındakı dövrdə (sinir hüceyrələrində) yaxud bölünmə tamam dayandırdan sonra baş verir. Rüşeymin sinir lövhəsinin differensiasiyaya uğramış hüceyrələrindən yaranan neyroblastlar differensiasiyaya uğradıqdan sonra nəinki yüksək dərəcədə ixtisaslaşırlar, həm də bölünmə qabiliyyətini itirirlər.

Lakin yaşlı orqanizmdə elə hüceyrələr var ki, nəinki zəif differensiasiyaya uğramışlar, hətta müəyyən şəraitdə başqa tipli hüceyrələrə də çevrilə bilirlər: məs: qan yaradıcı üzvlərin retikulyar hüceyrələri qan hüceyrələrinə və birləşdirici toxumanın müxtəlif hüceyrələrinə başlanğıc verirlər. Buradan məlum olur ki, hüceyrələr differensiasiyaya uğradıqda tədricən inkişaf potensialını itirə bilirlər.

HÜCEYRƏLƏRİN PATOLOGİYASI

İstər ayrı-ayrı hüceyrələr, istərsə də çox hüceyrəli orqanizmlər müxtəlif amillərin təsirinə məruz qaldıqda onlarda struktur-funksional dəyişənliliklər, həyati funksiyaların dəyişənlikləri-patologiya baş verir. Tək hüceyrəli orqanizmlərin patoloji dəyişənlikləri zamanı hüceyrə strukturlarının zədələnməsi dərəcəsindən asılı olaraq ya hüceyrə (orqanizm) ölür və ya da zədələnmə ilə mübarizədə həyatını bərpa edə bilər. Çoxhüceyrəli orqanizmdə isə bir sıra səbəblərdən bir qrup hüceyrə zədələnir. Həmin hüceyrələrin zədələnməsi əlavə bir sıra digər funksional pozulmaların yaranmasına səbəb olur, onlar isə öz növbəsində digər hüceyrələrin zədələnməsinə səbəb olur ki, beləliklə bütöv orqanizm xəstələnir, xeyli hüceyrə və toxuma sistem halında patoloji dəyişənliyə uğrayır. Başqa sözlə desək çoxhüceyrəli orqanizmin patoloji dəyişənliyinin əsasında hüceyrə və ya bir qrup hüceyrənin zədələnməsi durur. Bu ideyanı ilk dəfə R. Virxov «hüceyrə patologiyası» adlı məşhur kitabında vermişdir. Doğrudan da əgər biz geniş yayılmış şəkər diabeti xəstəliyinin patogenezinə nəzər salsaq o zaman həmin xəstəliyin ilkin hüceyrə strukturlarının pozulması və ondan irəli gələn hüceyrə və orqan strukturlarının pozulmasının nəticəsi olduğunu görürük. Bu xəstəlik hiperqlikemiyə ya qanda şəkərin miqdarının artması ilə xarakterizə olunur. Qanda şəkərin miqdarının artması bir sıra qara ciyər, böyrək, damar sistemi hüceyrələrinin patoloji dəyişənlikləri ilə əlaqədardır. Bu prosesdə əvvəlcə mədəaltı vəzinin Langerans adacıqlarının insulin sintez edən β hüceyrələri patoloji dəyişənliklərə uğrayır. Belə hüceyrələrdə polipeptid təbiətli hormon saxlayan β -sekretor qranullarının miqdarı kəskin surətdə

azalır. Deməli bu cür ağır xəstəliyin başlanması və sonrakı gedişi hüceyrədə xüsusi zülalın sintezinin və onun hüceyrədən çıxarılması prosesinin pozulmasıdır (bunun səbəbi isə çox müxtəlif amillər ola bilər). Məlum olduğu üzrə hüceyrədə müxtəlif patoloji proseslərin öyrənilməsinin çox böyük tətbiqi əhəmiyyəti vardır, çünki bu proseslər bilavasitə tibb ilə əlaqədardır. Digər tərəfdən hüceyrədə patoloji proseslərin yaranması, onların inkişafı mexanizminin öyrənilməsi, hüceyrələrin reparasiya qabiliyyətinin öyrənilməsi ümumbioloji əhəmiyyətə malikdir. Hüceyrə vahid, kompleks, integral sistemdir ki, bu sistemdə ayrı-ayrı funksiyalar qarşılıqlı əlaqə və vəhdətdə olub, biri digəri ilə balanslaşdırılmışdır. Ona görə hüceyrə metabolizminin ayrı-ayrı mərhələlərinin metabolizm zəncirindən çıxması ya ehtiyat mənbələrinin işə düşməsinə və ya patoloji proseslərin inkişafına səbəb olur. Məs: əgər Na-K-asılı ATF - fermentinin fəallığını inqibirləşdirməklə hüceyrə membranının keçiriciliyini pozarsaq bu zaman sitoplazmanın ion tərkibi kəskin surətdə dəyişər, o da öz növbəsində sitoplazmanın strukturunun, o cümlədən mitoxondrilərin, nüvənin, vakuolların və s. dəyişməsinə səbəb olar. ATF çatışmamazlığına səbəb olan mitoxondrilərin ilkin funksiyalarının pozulması mütləq hüceyrə membranının keçiriciliyinin dəyişməsinə, hüceyrədə enerji tələb edən proseslərin sönməsinə səbəb olur. Əgər zülal sintezini seçiciliklə pozsaq bu zaman RNT və DNT sintezi sönər, fermentlərin və struktur zülalların çatmamazlığından mitoxondrilərin fəallığı azalar, sonra isə artıq bizə məlum olan yolla membranın keçiriciliyi dəyişər, hüceyrə şişər və s. Digər sözlə ilkin ümumi hüceyrə funksiyalarından birinin pozulması mütləq bir-birindən asılı olan hüceyrə daxili funksiyalar zəncirinin pozulmasına səbəb olar. Zədələnmə intensivliyindən, zədələndirici faktorun təsir müddətindən və xüsusiyyətindən asılı olaraq hüceyrənin taleyi müxtəlif ola bilər. Bu cür zədələnmələr nəticəsində dəyişilmiş hüceyrələr zədələndirici amillərə uyğunlaşa bilər, adaptasiya edər, zədələri bərpa edə bilər, zədələndirici amilin təsiri götürüldükdən sonra yenidən fəallaşa bilər (reaktivasiya) ya da geri dönməyən dəyişənliklərə uğrayıb məhv ola bilər. Odur ki, bu halda hüceyrənin morfoloji və funksional vəziyyəti çox müxtəlif olub hər hüceyrə üçün özünə məxsusdur. Qeyd etmək lazımdır ki, çoxhüceyrəli orqanizmlərdə

bir sıra hüceyrələrin patoloji dəyişkənliyə uğrayıb ölməsi sağlam orqanizmdə normal proseslərin gedişini təmin edir. Məs: heç bir xarici təsir olmadan labil (yeniləşən) toxuma populyasiyasının hüceyrələri daima dəyişir və ölürlər. Buna misal olaraq qan hüceyrələrini, örtük epitelisi, bağırsaq epitelisi hüceyrələrini və s. göstərmək olar. Bu zaman bu və ya digər hüceyrə funksiyalarının proqramlaşdırılmış pozulması halları baş verir ki, o da öz növbəsində hüceyrənin məhvə səbəb olur. Məs: siçanların bağırsaq epitelisi hüceyrələrinin çoxalması zonasından mikrotüküklərə miqrasiyasından sonra nuklein turşularının sintezi pozulur. Bu zaman hüceyrələrin yaşaması və zülal sintez etməsi prosesi hələ miqrasiyaya qədər sintez olunmuş matris və ribosom hesabına gedir. Hüceyrələr mikrotüküklərə, miqrasiya etdikcə onlarda zülal sintezi zəifləyir və uc hissədəki hüceyrələrdə artıq patoloji proseslər baş verir: vakuolyar sistem, lizosomların fəallığı, mitoxondri strukturu və s. pozulur. Nəticədə hüceyrə ölür və lizisə uğrayır (həll olur). Müvəqqəti orqanların yaranmasında iştirak edən hüceyrələrin çoxu rüşeymin inkişafı prosesində məhv olur. Çömçəquyruğun quyruq hüceyrələri deyilənlərə ayəni misaldır.

Müxtəlif hüceyrələrə xarici zədələyici amillərin: temperatur, şüa enerjisi, təzyiq, hüceyrə metabolizminin müxtəlif mərhələlərinin inhibitor məhsulları, antibiotiklər və s. təsiri daha yaxşı öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, müxtəlif hüceyrələr geri dönen zədələnmələrə spesifik olmayan məhdud miqdar dəyişkənliklərlə cavab verir. Məs: işıq mikroskopunda canlı hüceyrələrdə təsir edən amilin təbiətindən asılı olmayaraq işığın səpələnməsi müşahidə edilir ki, bu da öz növbəsində sitoplazmatik vahidlərin (məs: vakuolların) ölçüsünün və onların fraqmentasiyası nəticəsi olaraq sayının artması hesabına baş verir. Zədələnməyə qarşı ümumhüceyrə xarakter reaksiyalarından biri müxtəlif rəngləyiciləri toplamaq xüsusiyyətidir. Məs: normal hüceyrələr hüceyrəsiz mühitdən vital rəngləyiciləri-aşağı qatılıqlı neytral qırmızı və ya metil göyünü mənimsəməsi və sonra onları qranulalar halında toplaması ilə fərqlənirlər. Bu cür vital rəngləyicilər sitoplazmada toplanır, nüvə isə rəngsiz qalır. Lakin hüceyrələrə bir çox fiziki amillərlə məs: temperaturla və ya kimyəvi maddələrlə (mühitin RH-nı dəyişməklə, spirt və ya

digər denaturasiya edən maddələrlə) təsir etdikdə qranula əmələ gəlmə prosesi pozulur. Sitoplazma və nüvə diffuz olaraq hüceyrəyə daxil olaan rəngləyici ilə rəngləyir. Əgər amilin təsiri geri döndərsə onda onun hüceyrədən kənar edilməsi yenidən rəngləyicinin qranulalar şəklində toplanmasına səbəb olur. Bu cür müşahidələr belə nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, zədələnmənin bu cür morfofunksional göstəriciləri hüceyrənin tipindən və təsir edən amilin təbiətindən asılı olmayaraq stereotip olaraq meydana gəlir. Müxtəlif zədələndirici amillərə qarşı hüceyrələrin bu cür monoton qeyri spesifik xarakterli cavab reaksiyaları göstərir ki, onlarda oxşar cavabların inkişafını təmin edən ümumi proseslər mövcuddur. Bu zaman adətən hüceyrədə oksidləşdirici fosforlaşma prosesləri zəifləyir. ATF sintezi dayanır, oksigenə olan tələbat artır. Zədələnməmiş hüceyrələr qlikolitik proseslərin artması, ATF miqdarının azalması, proteolizinin fəallaşması ilə xarakterizə olunur. Morfoloji cəhətdən hüceyrə komponentlərinin reaksiyaları da müxtəliflik təşkil etmir. Belə ki, nüvədə sintetik proseslərin aşağı düşməsinə səbəb olan xromatinin kondensiasiyası ən çox rast gəlinən dəyişkənlikdir. Hüceyrə məhv olanda xromatin koaqulyasiyaya uğrayır, nüvə daxilində kobud aqreqat halında toplanır (piknoz), çox vaxt nüvənin yığılmasına (karioreksis) və ya ərisməsinə (kariolizis) səbəb olur.

r-RNT-i sintezi pozulanda nüvəcik yığılır, qranulalarını itirir, fraqmentlərə parçalanır və ya içərisində sıxlığı azalan «boşluqlar» əmələ gəlir. Ribosomların yetişməsi pozulduqda isə nüvəcik iriləşir, lakin içərisində, ribosom olmur. Nüvə qlafının ən çox rast gəlinən dəyişikliyi perinuklear sahənin şişməsi, nüvə qlafı sərhədlərinin qırılmasıdır ki, bu da çox vaxt piknozla uyğun gəlir. Hüceyrələr zədələnərkən ilk əmələ gələn dəyişikliklərdən biri hüceyrənin şar forması almasını, çıxıntılarının və mikrotüküklərinin itməsini göstərmək olar. Bir qədər sonra isə əksinə plazmatik membranın dəyişilməsi, normal hüceyrələrdə olmayan müxtəlif çıxıntıların əmələ gəlməsi və ya kiçik qovucuqların əmələ gəlməsi müşahidə edilir. Oksidləşdirici fosforlaşma proseslərinin pozulmasının ilk mərhələlərində mitoxondri matriksinin sıxılması membranlar arası məsafənin genişlənməsi müşahidə edilir. Sonradan mitoxondrinin bu cür reaksiyası onun şişməsi ilə əvəz olunur. Bu zaman mitoxondri yumru (sferik)

forma alır və ölçüsü böyüyür, matriks şəffaflaşır. Mitoxondrinin şişməsi kristlərin ölçüsü və sayının azalması ilə müşayiət olunur. Mitoxondrinin geri dönməz dəyişkənliyi zamanı isə membran parçalanır, matriks hialoplazma ilə qarışır. Endoplazmatik retikülüm sistemi ayrı-ayrı kiçik vakuollar və boşluqlara parçalanır. Dənəvər retikülüm üzərində ribosomların miqdarı azalır ki, bu da zülal sintezinin azalmasına səbəb olur. Bəzi hallarda endoplazmatik retikülüm üzərində boşluqların genişlənməsinə səbəb olan təbiəti müəyyən olunmayan maddə toplanır. Görünür bu hadisə endoplazmatik retikülüm üzərindəki hazır maddələrin, Holci aparatı vakuollarına ötürülməsi prosesinin pozulması nəticəsi olaraq yaranır. Bu zaman Holci aparatının çənləri də genişlənə bilir və ya parçalanır, onların daxilində bəzən Holci aparatının sintez etdiyi sekretlər toplanır.

Hüceyrələrin zədələnməsi zamanı onlarda mitotik aktivlik kəskin surətdə azalır. Onlar mitozun müxtəlif mərhələlərinin gecikməsi, xüsusilə mitotik aparatın pozulması nəticəsi olaraq yaranır, mitotik zəhər olan kolxitsin vasitəsilə mitotik aparatı dağıtmaqla və ya plazmatik membranın keçiriciliyini artırmaqla da (xarici mühitin hipotenyası ilə) mitozu süni surətdə dayandırmaq mümkündür. Maraqlı burasıdır ki, hüceyrə komponentlərinin bu cür ayrı-ayrı submikroskopik dəyişkənlikləri hüceyrələrin təbiətindən və zədələndirici faktorların alternativliyindən asılı olmadan bir-birinə oxşar ola bilər. Məs: mitoxondrilərin və sitoplazma vakuollarının şişməsi qara ciyər hüceyrələrində müxtəlif zəhərlənmələr zamanı müşahidə olunur. Buna oxşar dəyişkənliklər ürək infarktı zamanı və ya kəskin oksigen çatışmazlığı zamanı da müşahidə edilir.

Zədələnməyə qarşı hüceyrələrin bu cür oxşar cavabları belə mülahizə etməyə imkan verir ki, canlı protoplazmanın reaksiyaları əsasında hansısa vahid molekulyar mexanizm durur. Müxtəlif amillərin təsirindən sitoplazmanın geri dönməz spesifik olmayan dəyişkənlikləri «paranekroz» termini ilə adlandırılmışdır. Güman edirlər ki, paranekrotik reaksiyaların əsasında hüceyrədaxili zülalların denaturasiyası durur. Hüceyrələrin zədələnməsi zamanı zülalların ikinci, üçüncü strukturu pozulur. Onlar nativ vəziyyətdən denaturasiya vəziyyətinə keçir ki, bu da öz növbəsində zülalın konfigurasiyasının dəyişməsinə, onların fiziki

və kimyəvi xüsusiyyətlərinin pozulmasına səbəb olur. (Nasonov və Aleksandrovun denaturasiya nəzəriyyəsi, 1940). Bu nəzəriyyə ilə spesifik olmayan zədələndirici amillərə məs: temperaturun, mühitin RH-nın və s. dəyişməsinə hüceyrələrin göstərdiyi reaksiyanı yaxşı izah etmək mümkün olur. Mənfi amilin təsiri götürüldükdən sonra hüceyrədə patoloji proseslər dayanır. Əgər hüceyrənin zədələnməsi çox dərin deyilsə o zaman hüceyrədə reparasiya prosesləri gedə bilər və hüceyrə normal funksional vəziyyətinə qayıda bilər. Belə ki, çox hallarda endoplazmatik retikülümün fraqmentlərə parçalanması və mitoxondrilərin şişməsi geri döndür. Hüceyrədə bu proseslərin geri dönməsinə normal vəziyyətin bərpasına çox vaxt hüceyrə regenerasiyası deyilir. Təəssüf ki, ayrı-ayrı hüceyrə komponentlərinin bərpa olması prosesi tam izlənməmişdir. Odur ki, strukturlarını bərpa edən hüceyrələrdə mitoxondri strukturlarının bərpasının dəyişilmiş mitoxondrilərin normallaşması və ya intakt mitoxondrilərin bölünməsi hesabına getməsinə söyləmək çətindir. Bu başqa orqanoidlərə də aiddir.

Hüceyrənin bütün xüsusiyyətləri qismən bərpa olduqda o, qeyri tam perarasiya adlanır. Qeyri tam reparasiya zamanı zədələndirici amilin təsiri götürüldükdən sonra hüceyrə bir sıra xüsusiyyətlərini bərpa edərsə də bir müddətdən sonra məhv olur. Xüsusilə bunu nüvənin zədələnməsi zamanı müşahidə etmək mümkündür. Məs: ultrabənövşəyi şüalarda təsir etdikdən sonra bəzi infuzorlar öz hərəkət funksiyasını bərpa edir, onlarda kirpiklər, həzm vakuolları normal işləyir, onlar qidanı qəbul edir, lakin bir müddətdən sonra nüvə strukturlarının zədələnməsi nəticəsi olaraq məhv olurlar.

Geri dönməyən zədələnmələr zamanı hüceyrələr məhv olur. Hüceyrənin ölümü vaxtını dəqiq təyin etmək çətindir. Çünki ölüm ani hadisə olmayıb, müəyyən bir prosesdir. Geri dönməyən zədələnmələr zamanı bir sıra ardıcıl proseslər onun dağılmasına səbəb olur. Hüceyrələrin ilkin zədələnmələri zamanı onlar geri dönməz dəyişikliklərə oxşayır, fərqi ondan ibarətdir ki, zədələndirici amilin təsiri götürüldükdən sonra o dəyişikliklər bərpa olmur, əksinə progressivləşir.

Hüceyrələrin vital rəngləyicilərlə diffuz rənglənməsi onların bu vəziyyətini göstərən ən yaxşı misaldır. Hüceyrələrin ölməsi

zamanı hüceyrədaxili hidrolitik fermentlər fəallaşır. Onlar zülalları, lipidləri və s. parçalayır, bu zaman hüceyrədaxili membranlar, o cümlədən lizosomların membranı əriyir. Bütün bunlar avtolizə - hüceyrələrin öz-özünü həzm etməsinə səbəb olur ki, bu da artıq ölümlə əlaqədar olan dəyişikliklərdir. Hüceyrə səviyyəsində patoloji proseslər təkcə destruksiya (strukturun pozulması), hüceyrələrin dağılması ilə əlaqədar olan hadisələr deyil. Hüceyrə patologiyasının digər səviyyəsi tənzimlənmə proseslərinin dəyişməsi, mübadilə proseslərinin tənziminin pozulması nəticəsi olaraq müxtəlif maddələrin hüceyrədə toplanması nəticəsi olaraq yaranır. Yağ mübadiləsinin pozulması nəticəsində sitoplazmada yağ törəmələri toplanır. Yağın potoloji toplanmasının bir forması da yağ infiltrasiyasıdır ki, bu zaman hüceyrə yağı xarici mühitdən mənimsəyir, lakin ixrac etmək funksiyası pozulur, odur ki, yağ damlaları sitoplazmaya toplanır. Çox vaxt patoloji dəyişilmiş hüceyrələrin sitoplazmasında lipoproteid təbiətli komplekslər toplusu yığılır ki, bu da ya konsentrik dairələr formalı və ya da bir-birinin üstünə yığılmış halda (qatlı formada) müşahidə olunur. Tənzimləmə proseslərinin pozulması nəticəsi olaraq qlikogenin hüceyrədə toplanmasını göstərmək olar ki, bu da çox vaxt qlükosa-6 fosfatın çatmaması ilə əlaqədardır. Həmçinin patoloji dəyişilmiş hüceyrələrdə pigment qalıqları toplanması da müşahidə edilir. Tənzimlənmə proseslərinin pozulması nəticəsi olaraq hüceyrələrin differensiasiyası pozula bilər ki, bu da öz növbəsində şiş hüceyrələrinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Şiş hüceyrələri qeyri məhdud miqdarda çoxalmaqla, differensiasiya səviyyəsinin pozulması ilə hüceyrələrin morfoloji cəhətdən dəyişməsilə, nizamlayıcı proseslərdən nisbi müxtariyyət qabiliyyəti qazanması ilə və metastaz verməsi ilə xarakterizə olunurlar.

Şiş hüceyrələrinin ən xarakter əlaməti odur ki, onlarda bölünməyə məhdudiyyət olmur. Şiş hüceyrələrinin bölünmə sürəti normal hüceyrələrin bölünmə sürətindən kənara çıxmır. Lakin bir qayda olaraq differensiasiyası, ixtisaslaşması aşağı səviyyəli olur. Şiş hüceyrələri differensiasiyaya uğramadan yüksək proliferasiya (çoxalan və yayılan) qabiliyyətli hüceyrələr olub, inkişafın müəyyən mərhələsində dayanır aid olduğu toxumanın spesifik xüsusiyyətlərini özündə saxlayır və məyən

mərhələdə inkişafı dayanır. Şiş hüceyrələrinin bu cür zəif toxuma «yetkinliyi» eyni bir orqanın xərçəngində çox müxtəlif ola bilər. Bu cür vəziyyət xərçəng hüceyrələrinin müxtəlifliyini, polimorfluğunu təmin edir. Xərçəng şişi hüceyrələrinin polimorfizmi bir də onunla əlaqədardır ki, xərçəng şişində həm bölünən həm də degenerasiyaya uğrayan hüceyrələr olur. Sağlam orqanizməldə tənzimləyici təsirlər hüceyrəarsı, toxuma arası, hormonal, sinir səviyyəsində olur. Şiş hüceyrələri nisbi müxtariyyət kəsb edirlər. Bu o deməkdir ki, onlar orqanizmin tənzimləyici proseslərindən asılı olmurlar. Şiş müxtariyyəti müxtəlif xərçənglər üçün müxtəlif olur. Məs: bəzi xərçəng şişləri orqanizmin endokrin sisteminin nəzarətində olursa, digərləri isə ondan asılı olmadan inkişaf edir. Xərçəng şişi hüceyrələrinin bu cür müxtariyyəti onların orqanizmin müxtəlif orqanlarında yaşamasına imkan verir. Bəzi şiş hüceyrələri isə qan və limfa dövrəni vasitəsilə orqanizmin digər sahələrinə ötürülür və orada metastaza verirlər. Öz əsas funksiyasının yerinə yetirilməsinə daha doğrusu hüceyrənin yaşamasını təmin edən proseslərin getməsinə görə şiş hüceyrələri normal hüceyrələrdən fərqlənir. Müxtəlif sintetik proseslərin getməsinə, çoxalmasına görə də şiş hüceyrələrini «xəstə» hüceyrələr adlandırmaq olmaz. Onların çatmamazlığı patolojiyi-ixtisaslaşma xüsusiyyətinin idarə olunmaması və məhdudluğundan ibarətdir. Bunlar sanki «idiot» hüceyrələrdir ki, çoxalmağa qadirdirlər, lakin inkişafın «uşaq» səviyyəsində qalırlar. Bütün bu xüsusiyyətləri xərçəng şişi hüceyrələri nəsildən-nəslə ötürür. Deməli bədxassəlilik şiş hüceyrəsinin irsi xüsusiyyətləridir. Odur ki, xərçəng şişi hüceyrələrinin çox vaxt genetik strukturu dəyişilmiş mutant hüceyrələrlə müqayisə edirlər. Xərçəng şişi mutasiyasının yaranmasını müxtəlif cür izah edirlər. Bəziləri belə hesab edir ki, hüceyrə maliqnezasiya zamanı differensiasiyayı idarə edən hansısa bir tənzimedicisi geni mutasiya nəticəsi olaraq itirir. Bəzi alimlər isə göstərir ki, həmin amillər itmir, lakin bir çox hüceyrə nəslində gizlin qalan viruslar və ya müəyyən maddə təsirindən genin fəaliyyəti dayandırılır. Beləliklə hüceyrə genomuna DNT-nin tənzimedicisi funksiyasını dəyişdirən amillər daxil olur. Beləliklə hüceyrənin bu və ya digər tənzimedicisi geni itirməsi və ya həmin genlərin fəaliyyətinin dayanması, hüceyrənin virus təbiətli əlavə

genetik informasiyanı almasından asılı olmayaraq hüceyrə üçün nəticə eyni olur, yəni bütün bu hallarda hüceyrənin genotipi dəyişir, somatik mutasiya baş verir və qız hüceyrələrə fasiləsiz olaraq defekt tənzimləmə məlumatı ötürülür.

ƏDƏBİYYAT

1. Axundov M.A., İsmayılov A.S. Genetika. Bakı. 1981.
2. M.Abdullayev., H.Abiyev. Ümumi histologiya. Maarif, 1975.
3. Hacıyev D.V., Əliyev R.Ə., Əliyev S.D. Biologiya. Maarif, 1991.
4. Hacıyev D.V., Əliyev R.Ə., Əliyev S.D. Tibbi biologiya. Maarif, 1993.
5. Айала Ф., Кайгер Д. Современная генетика. Т. 1, М., 1988.
6. Атабекова А.И., Устинова Е.И. Цитология растений. М. 1987.
7. Босток К., Асмнер Э. Хромосома эукариотической клетки. М.Наука. 1981.
8. Богков Н.П., Захаров А.Т., Иванов В.И. Медицинская генетика. М., 1984.
9. Вермель Е.М. История учения о клетке. М. Наука. 1970.
10. Гершензон С.М. Основы современной генетики. Киев. 1983.
11. Грин Н., Стаут У., Тейдор Д. Биология. Т. 1,2. М. 1990.
12. Земенин А.А., Куш А.В., Прудовский И.Б. Реконструированная клетка. М.Наука. 1982.
13. Зенгбуш П. Молекулярная и клеточная биология. В.3 т. Т. 2. М. Мир, 1982.
14. Ивановская Е.В. Цитоэмбриологическое исследование дифференцировки клеток растений. М. Мир, 1983.
15. Леви А., Сикевич Ф. Структура и функции клетки. М. Мир. 1978.
16. Уэймон У. Аппарат Гольджи. М. Мир. 1978.
17. Трошин А.С., А.Д.Браун, Ю.Б.Вахтин и др. Цитология. М.1970.
18. Рейвн П., Эверт Р., Айкхоры С. Современная ботаника. Т. 1. М. 1990.
19. Финеан Д., Клмян Р., Мигелл Р. Мембраны и их функции в клетке. М. Мир. 1977.
20. Ченцов Ю.С., Поляков В.Ю. Ультраструктура клеточного ядра. М. Наука, 1974.
21. Ченцов Ю.С. Общая цитология. М. 1978.

Азәрбајҹан Республнкасы Матбуат ва Информасија
Назирлији

Һазыр диалозиҗивлардан «Гызыл Шер»
матбасиниң офсет усулу ила чап едилмишидир

Гызылматә верилмишидир 27.09.99
Чапа имзаланмышыыр 02.11.99
Кағыз форматы 60x90/16.
Чап верети 10. Сифарш N 606 Тиражы 400.
Сәрбаст гиҗметле.