

MƏCNUN BABAYEV, MƏCİD MƏCİDOV

GENETİKADAN PRAKTİKUM

Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti

(Yenidən işlənmiş və
təkmilləşdirilmiş nəşr)

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirli-
yinin 07.11.2002-ci il tarixli, 1033 sayılı
əmri ilə təsdiq edilmişdir.*

ÇAŞIOĞLU
2006

Rəyçilər: *prof. K.Ə.Əliyeva*
prof. Ə.H.Əliyev.

İxtisas redaktoru: *prof. R.Ə.Quliyev.*

M.Ş.Babayev, *biologiya elmləri doktoru,*
professor, Rusiya Ekologiya
Akademiyasının üzvü, Beynəlxalq
Noosfer Akademiyasının həqiqi üzvü

M.M.Məcidov, *biologiya elmləri namizədi, dosent*

Genetikadan praktikum. “Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti”. Bakı, “Çaşıoğlu” nəşriyyatı, 2006. 282 səh., şəkilli.

Dərs vəsaitində hüceyrələrin bölünməsi, cinsiyyətli çoxalmanın əsasını təşkil edən mitoz və mayalanma proseslərinin öyrənilmə üsulları, irsilik qanunları, cinsiyyətin genetikası, ilişikli irsilik və krossinqover hadisələrinin öyrənilmə üsulları şərh edilir, hər bölməyə aid təcrübələr və laboratoriya məşğələləri verilir.

Dərs vəsaitindən müvafiq universitetlərin və Kənd Təsərrüfatı Akademiyasının tələbələri, həmçinin orta məktəbin biologiya müəllimləri istifadə edə bilərlər.

B $\frac{1903020000-276}{082-06}$

© “Çaşıoğlu” nəşriyyatı, 2006.
© M.Ş.Babayev.

GİRİŞ

Genetika¹ orqanizmlərin irsiyyəti və dəyişkənliyi haqqında elmdir. Orqanizmlərin özünəoxşar nəsil törətmək, yeni hər bir orqanizmin öz valideynindən aldığı irsi əlamət və xassələrini inkişaf etdirib, nəsillərinə ötürmək qabiliyyətinə irsiyyət deyilir.

Əlamətlərin irsiliyi çoxalma prosesində öyrənilir. Canlıların çoxalması hüceyrənin bölünməsi yolu ilə baş verir. Təbiətdə, əsasən, cinsiyyətsiz və cinsiyyətli çoxalma mövcuddur. Onlar prinsipcə bir-birindən fərqlənir. Cinsiyyətli çoxalma zamanı, iki cinsiyyət hüceyrəsi bir-birilə birləşir və yeni bir orqanizmin başlanğıcı qoyulur. Cinsiyyətsiz çoxalma zamanı isə bir hüceyrədən iki hüceyrə əmələ gəlir və onlardan da hər biri yeni orqanizmin başlanğıcını verir. Bundan əlavə, vegetativ çoxalma da mövcuddur ki, bu zaman bir qrup ixtisaslaşmış hüceyrələrdən və ya toxumadan (kökcük, soğanaq, kökümsov və s. hissələrindən) yeni orqanizm inkişaf edir. Bu tipli çoxalma cinsiyyətsiz çoxalmadan prinsipcə fərqlənmir. Belə ki, hər iki tipli çoxalmanın əsasını somatik hüceyrələrin bölünməsi (mitoz) təşkil edir. Valideynlərin bütün əlamət və xüsusiyyətləri hüceyrələr vasitəsilə irsən nəsle ötürülür. Lakin hüceyrələrdə yaşlı orqanizmlərin hazır əlamət və xüsusiyyətləri—ölçüləri, rəngləri, formaları olmur, onlardan yeni orqanizmin ancaq bu əlamət və xüsusiyyətlərinin inkişafını idarə edən irsi informasiyaların əsası qoyulur, yeni hüceyrələr onların irsi amillərini—genlərini daşıyır.

İrsi imkanların həyata keçirilməsi həmin orqanizmin bütün genlərinin² (genetopin) mürəkkəb qarşılıqlı təsirindən,

¹ “Genetika” termini 1906-cı ildə ilk dəfə V.Betson tərəfindən təklif edilmişdir.

² “Gen” termini ilk dəfə 1909-cu ildə V.L.İohansen tərəfindən təklif edilmişdir.

həmçinin orqanizmin inkişaf prosesində ətraf mühit şəraiti ilə qarşılıqlı əlaqəsindən asılıdır.

Müasir heyvan, bitki və mikroorqanizmlər aləmi çox müxtəlif olub, uzun müddət davam edən təkamülün məhsuludur. Təbiətdə mühitə mütləq uyğun gələn orqanizmlər yoxdur. Eyni növə, populyasiyaya və ailəyə daxil olan fərdlər də bir-birindən fərqlənir. Bu hadisə dəyişkənlik adlanır. Bir qrup dəyişikliklər orqanizmin genotipinin dəyişməsinin nəticəsi olub, irsi xarakter daşıyır və nəsildə möhkəmlənə bilir. Digər qrup dəyişikliklər isə müxtəlif ətraf mühit şəraitində genin təsirinin dəyişməsinin nəticəsi olub, irsən nəsle ötürülmür.

İrsiyyət və dəyişkənlik canlılarda bir-birinə əks proseslər olsa da, onların mexanizminin dərk edilməsi və idarə olunması genetika elminin əsas məsələsidir. Bu hadisələrin öyrənilməsi bir sıra praktiki məsələləri həll etməyə, məsələn, yüksək məhsuldar heyvan cinsləri, bitki sortları, mikroorqanizm ştammları yaratmağa imkan verir.

Genetikanın nəzəri məsələlərini yaxşı mənimsəmək üçün onun əsas bölmələrinin praktiki məşğələlərdə tədrisi zəruridir. Bu isə, öz növbəsində, genetik bilik və üsulları gələcək praktiki işlərdə tətbiq etməyə imkan yaradır.

“Genetikadan praktikum” dərs vəsaitində irsiyyət və onun dəyişilməsi qanunauyğunluqları, irsiyyətin maddi əsası, mitoz və meyoza prosesləri verilir. Bu məsələlər praktik olaraq hüceyrənin bölünməsi, cinsiyyətli çoxalma (sporogenez və qametogenez), cinsiyyətli çoxalmada genetik analiz (mono- və dihidrid çarpazlaşdırma) qeyri-allel genlərin qarşılıqlı təsiri, cinsiyyətlə ilişkili irsilik, ilişkili irsilik və onun pozulması, dəyişkənlik və onun öyrənilməsi üsulları, molekulyar genetika, nəhayət, populyasiyada irsilik bölmələrindən olan materialların təhlili ilə tədris olunur.

Hər bölmənin əvvəlində qısaca da olsa, həmin məsələnin nəzəri əsasları izah edilir. Nəhayət praktiki aparılan işi təcrübələrlə möhkəmlətmək üçün bir neçə məsələnin həlli tərtib olunur.

İRSİYYƏT HAQQINDA TƏSƏVVÜRLƏRİN İNKİŞAFINA AİD QISA TARİXİ MƏLUMAT

Faktiki olaraq XX əsrin əvvəlinə qədər irsiyyətin mexanizmi haqqındakı hipotezlər əqli mühakimə xarakteri daşıyırdı. Buna baxmayaraq hər şeylə maraqlanan oxucu üçün bunlar çox maraqlıdır. İrsiyyətin mexanizmi haqqında ilk ideyalar eramızdan əvvəl yunan alimləri tərəfindən irəli sürülmüşdür. Bunlardan Hippokratı xüsusi qeyd etmək lazımdır. Onun fikrinə görə mayalanmada iştirak edən yumurtalı hüceyrələr və spermatozoidlər, bütün orqanlar tərəfindən formalaşır. Nəticədə isə valideynlərin əlamətləri bilavasitə nəsilərə ötürülür. Belə ki, sağlam orqanlar sağlam reproduktiv material, onda sağlam olmayan orqanlar isə qeyri sağlam reproduktiv orqanlar hazırlayır və nəslə ötürür.

Aristotel (IV əsr. e. əv.) tamam başqa fikir irəli sürmüşdür: o, təsəvvür edirdi ki, mayalanmada iştirak edən əlamətlər müvafiq orqanlar tərəfindən deyil, məhz bu orqanlar üçün zəruri olan qida maddələri tərəfindən hazırlanır. Bu nəzəriyyə qeyri düzünə irsiyyətdir.

Bir neçə illər keçdikdən sonra, yəni XVIII-XIX əsrlərin astanasında təkamül konsepsiyasının müəllifi J.B.Lamark həyat boyu qazanılmış əlamətlərin (yeni) nəslə ötürülməsi nəzəriyyəsini əsaslandırmaq üçün Hippokratın təsəvvürlərindən istifadə etmişdir.

1868-ci ildə C.Darvin tərəfindən irəli sürülmüş panqenez nəzəriyyəsi də Hippokratın ideyalarına əsaslanmışdır. Darvinin fikrinə görə orqanizmin bütün hüceyrələrindən xırda hissəciklər — hemulalar orqanizmin qan-damar sistemi ilə dövr edərək irsiyyət hüceyrələrinə çatır. Növbəti nəsil orqa-

nizmin inkişafı prosesində onların mayalanmasından sonra hemulalar valideynlərin bütün həyatı boyu qazandığı bütün xüsusiyyətlərə malik, xüsusi tipli hüceyrələrə çevrilir. Təsadüfi deyildir ki, bir çox dillərdə irsiyyətin qanla əlaqədar olduğunu ifadə edən fikirlər işlədilir: «mavi qan», «aristokrat qanı», «yarımcins» və s.

1871-ci ildə ingilis həkimi F.Qalton (Ç.Darvinin ögey qardaşı) özünün görkəmli qohumunun fikrini təkzib etmişdir. O, qara rəngli kroliklərdən qan götürüb ağ kroliklərə köçürmüş və sonra ağ krolikləri öz aralarında çarpazlaşdırmışdır. Üç nəsilə dəqiq yoxlama aparmış və (təmiz) gümüşü ağ cinslərdəki təmizlikdə heç bir pozğunluq əlaməti müşahidə etməmişdir. Bu nəticələr sübut etmişdir ki, kroliklərin qanında hemulalar yoxdur.

XIX əsrin 80-cı illərində A.Veysman panqenez nəzəriyyəsi ilə razılaşmışdı. O, özünün hipotezini irəli sürdü. Onun hipotezinə görə orqanizmdə iki tip hüceyrə mövcuddur. Bunlardan biri somatik hüceyrələrdir. İkincisi isə onun tərəfindən adlandırılmış «rüşeyn plazması» ancaq cinsiyyət hüceyrələrində olur.

Müasir genetikaya düzgün yanaşmalar XVIII əsrdə, xüsusilə də XIX əsrdə baş vermişdir. Bitkici-praktiklərdən O.Sajre və Ş.Noden Fransada, A.Qərşner Almaniyada, T.Nayt İngiltərədə hibrid nəsilərdə valideynlərdən birinin əlamətlərinin üstünlük təşkil etdiyinə diqqət yetirmişlər. P.Lyuka Fransada insanda müxtəlif əlamətlərin nəslə ötürülməsində analoji müşahidə aparmışdır.

Faktiki olaraq bütün yuxarıda adları çəkilən alimləri Q. Mendelin bilavasitə sələfləri hesab etmək olar. Lakin yalnız Mendel dərinədən düşünülmüş və planlaşdırılmış eksperimentlər aparmışdır. Artıq eksperimentin ilkin mərhələsində o başa düşürdü ki, təcrübədə iki əsas şərti yerinə yetirmək lazımdır: bitki konstant fərqlənən əlamətə malik olmalıdır və hibridlər kənar tozcuqların təsirindən mühafizə olunmalıdır. Belə şərtlərə Pisum (noxud) cinsi cavab verirdi. Əlamətlərin konstantlığı qabaqcadan iki il müddətində yoxlanılmışdır. Bunlar aşağıdakı əlamətlər idi: «gövdənin rənginə və uzunluğuna görə, yarpaqların forma və ölçüsünə görə, çiçəklərin yerləşməsinə, rənginə, forma və ölçüsünə görə, çi-

çək zoğlarının uzunluğu və rənginə görə, paxlaların (meyvənin) forma və ölçüsünə görə, toxumların forma və ölçüsünə görə, toxum qabığının rənginə və zülalə görə fərq.» Onlardan bəziləri kifayət qədər ziddiyyətli olmamışdır. Odur ki, sonrakı təcrübələrdə o, onlardan istifadə etməməmişdir. Yeddi əsas əlamət qalırdı. «Bu yeddi əlamətlərdən hər biri hibriddə yaxud əsas formanın fərqlənən əlamətlərindən biri ilə eynilik təşkil edirdi, belə ki, digər əlamət müşahidə olunmurdu, yaxud da birinci əlamətə elə oxşayırdı ki, nəticədə onlar arasında dəqiq fərq qoymaq mümkün deyildi.» «Hibrid orqanizmə ötürülən irsi xüsusiyyət (əlamət) tamamilə dəyişilməz olaraq qalırdı ki, ona görə də bu əlaməti dominant, lakin hibridləşmə zamanı fenotipdə təzahür etməyən, gizli qalan əlaməti isə ressesiv adlandırmaq qəbul edilmişdir. Mendelin müşahidələrinə əsasən ona görə tamamilə asılı olmayan dominant əlamət ana xəttinə yaxud ata xəttinə aid olan bitkiyə mənsub olmasından asılı olmadan hər iki halda hibrid forma olduğu kimi qalır.»

Beləliklə, Mendelin xidməti ondan ibarətdir ki, bitkilərin fasiləsiz təbiətindən (xüsusiyyətindən) o, diskret əlamətlər ayırmışdır, onların təzahür etməsində sabitlik və ziddiyyətlik üzə çıxarmışdır, həmçinin dominantlıq və ressesivlik anlayışların elmə daxil etmişdir. Bütün bu üsullar (proyomlar) sonradan istənilən orqanizmin hibridoloji analizinə daxil olmuşdur.

İki cüt əks əlamətə malik olan bitkilərin çarpazlaşması nəticəsində Mendel müşahidə etmişdir ki, bu əlamətlərin hər biri asılı olmadan nəslə ötürülür. Əlamətlər əksdir (ziddiyyətlidir), hibridləşmə zamanı itmir və sonrakı nəsillərdə üzə çıxır.

Əlamətlərin nəslə ötürülməsinin bir çox mühüm qanunauyğunluqları bir neçə illərdən sonra «Mendel qanunları» adlandırılmışdır. Bu qanunlar çarpazlaşmaya daxil olan istənilən canlı orqanizmlərdə, həmçinin onların nəsillərində, daha doğrusu bütün canlılarda dəyişikliyə uğramadan təzahür edir. İrsiliyin əldə edilmiş qaydaları asanlıqla riyazi işarələrlə və sxemlərlə təsvir edilir. Bu işə öz növbəsində yeni nəsillərin meydana gəlməsinə qədər onların xüsusiyyəti haqqında fikir söyləməyə imkan verir. Beləliklə, biologiyada ilk dəfə

olaraq qabaqcadan xəbər vermək qüvvəsinə malik olan elm yarandı. Lakin bütün bunlara baxmayaraq Mendelin işləri onun müasirlərini maraqlandıra bilmədi və XIX əsrin axırlarında irsiyyət haqqında təsəvvürlərin yayılmasına təsir edə bilmədi.

1900-cü ildə Mendel qanunlarının ikinci dəfə kəşfi Q. de Friz Hollandiyada, K. Korrens Almaniya və E. Çermak Avstriyada amillərin diskret irsiliyinin mövcudluğu haqqındakı təsəvvürləri təsdiq etdi. Dünya yeni elmi qəbul etməyə artıq hazır idi və onun təntənəli yürüşü başlandı. Mendelin irsilik haqqındakı qanunlarının doğruluğunu bütün yeni-yeni bitki və heyvanlarda yoxladılar və nəticədə onun qanunlarının dəyişməz təsdiqi sübut olundu.

Qaydalardan istisnalar əsasında ümumi irsiyyət nəzəriyyəsinin yeni vəziyyəti sürətlə inkişaf edirdi. 1906-cı ildə ingilis U. Betson «genetika» terminini (lat. «geneticos»-mənşəyinə aid olan, yaxud «geneo»- törəmək, yaxud «genos»- cins, doğulma, mənşəyi) təklif etmişdir. 1909-cu ildə daniyalı V.İohansen «gen», «genotip» və «fenotip» terminlərini təklif etmişdir. Bundan sonra genetika mərhələlərlə inkişaf etmişdir. Bir mərhələ digərinə əsaslanır.

I mərhələ –1900-1912-ci illəri əhatə etmişdir. Artıq 1900-cü ildən başlayaraq belə bir sual meydana çıxmışdır: gen nədir və o hüceyrədə harada yerləşir? Hələ XIX əsrin axırında A.Veysman təsəvvür edirdi ki, mühakimə üçün əsas götürdüyü «rüşeyim plazması» xromosomun materialını təşkil etməlidir. 1903-cü ildə alman bioloqu T.Boveri və Kolumbiya Universitetinin tələbəsi U. Setton amerika sitoloqu E.Vilsonun laboratoriyasında işləyən zaman biri-birindən asılı olmadan təklif etmişlər ki, cinsiyyət hüceyrələrinin yetişməsi zamanı, həmçinin mayalanma zamanı xromosomların ümumi məlum olan davranışı, irsiyyət vahidlərinin parçalanma xarakterini izah etməyə imkan verir, daha doğrusu onların fikrinə görə genlər xromosomlarda yerləşməlidir.

Genetikanın tarixinin bu başlanğıc mərhələsi üçün xarakterik olan Mendel qanunlarının doğruluğunu müxtəlif obyektlərdə təsdiq edən işlərlə yanaşı, elə bu illərdə genetik tədqiqat işlərində bir sıra yeni olan çox mühüm istiqamətlər meydana çıxdı ki, bunlar da yalnız sonrakı dövrlərdə özünün

təsdiqini tapmışdır. Bu, birinci növbədə hüceyrə nüvəsində olan xromosomlar, mitoz və meyoz haqqındakı genetik məlumatların sintezi idi. Artıq 1902-ci ildə, daha doğrusu tezliklə Mendel qanunlarının təkrar kəşfindən sonra iki alim — T.Boveri və V.Setton ABŞ-da eyni vaxtda meyoz zamanı xromosomların davranışındakı paralellizmə və mayalanma zamanı Mendel qanunlarına görə irsi xüsusiyyətlərin nəslə ötürülməsinə diqqət yetirmişlər. Bu isə öz növbəsində irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinin yaradılmasında mühüm rol oynadı. İkincisi, genetikanın inkişafının elə bu başlanğıc mərhələsində aydınlaşdırıldı ki, baxmayaraq ki, o zaman öyrənilmiş müxtəlif orqanizmlərin əlamətlərinin əksəriyyəti Mendel qanunlarına tam uyğun olaraq nəsildən nəslə ötürülürdüsə də, onda kənara çıxmalar da baş verirdi. Belə ki, ingilis genetikləri Betson və R. Pannet 1906-cı ildə ətirli tütün bitkisi ilə apardıqları təcrübələr zamanı əlamətlərin irsiliyində ilişik hadisəsini müşahidə etmişlər. Lakin başqa bir ingilis genetikisi L.Donkaster elə həmin ildə kərvənk qarışması kəpənəyi ilə apardığı təcrübədə cinsiyyətlə ilişikli irsiliyi kəşf etmişdir. Çarpazlaşdırılan formaların əlamətlərinin bu və ya digər halda irsiyyətli ötürülməsi demək olar ki, Mendelin qanunlarında tələb olunduğu kimi baş vermir. Mendelizm irsiyyətinin gedişindən kənarlaşmanın bu hər iki tipinin misalları sonralar sürətlə toplanmağa başladı və yalnız sonralar aydın oldu ki, burada mendelizmə qarşı heç bir fikir yoxdur. Belə ki, buradakı əks fikirlilik irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsi ilə aradan qaldırılır. Bu nəzəriyyə göstərdi ki, əlamətlərin irsiliyinin Mendel tərəfindən müəyyən edilmiş qaydada necədirsə, eləcə də əlamətlərin ilişikli irsiliyi və cinsiyyətlə ilişikli irsiyyət bu və ya digər ümumi qanunauyğunluğun təzahürlülüyü verilir. Belə bir qanunauyğunluq cinsiyyət hüceyrələrinin və sporların yetişməsi zamanı xromosomların paylanması idarə edir. Üçüncüsü, qəflətdən meydana çıxan və dəyişkənliyin davamlı nəslə ötürülməsi — mutasiya öyrənilməyə başlandı. Bu işdə De.Frizin və Rusiyada S.İ.Korjinskiyin böyük xidməti olmuşdur. Nəhayət, məhz bu genetikanın inkişafının başlanğıc mərhələsində belə bir gənc elmin məlumatlarının təkamül təlimi probleminin həllinə doğru ilk cəhdlər meydana çıxdı.

Bu cür üç cəhd o zaman İngiltərədə Betson, De.Friz və ya Lotsi Hollandiyada darvinizmin bir sıra əsas vəziyyətlərini genetik məlumatlardan istifadə edərək yoxlamaq sahəsində göstərmişlər. Elə o zaman bu cəhədlərin əsassızlığını rus bitki fizioloqu K.A.Timiryazev ciddi tənqid etmişdir. K.A.Timiryazev ilk dəfə olaraq göstərdi ki, mendelizm nəinki darvinizmə əksdir, əksinə, o darvinizmi bir çox şübhələrdən xilas edərək onu daha da möhkəmləndirir. Genetikanın tarixinin sonrakı inkişafı prosesində Timiryazevin bu fikri tamamilə sübut olundu, bir sıra eksperimental və nəzəri tədqiqatlarla daha da dərinləşdirildi. Hazırda genetikanın bir sıra bölmələri təkamül təliminin tərkib hissəsinə daxil olmuşdur.

Genetikanın inkişafı tarixinin ikinci mərhələsinin başlıca fərqləndirici əlaməti (təxminən 1912-ci ildən 1925-ci ilə kimi) irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinin yaranması və təsdiq edilməsi olmuşdur. Bu sahədə həlledici rol oynayan Amerika genetikisi T.Morqanın (1861-1945-ci illər), həmçinin onun üç şagirdi A.Stertevant, K.Bridjes və Q.Millerin eksperimental işləri olmuşdur. Onlar tədqiqat işlərini meyvə milçəyi drozofil üzərində aparmışlar. Drozofil milçəyi bir sıra xüsusiyyətlərinə (laboratoriyada saxlanılmasının əlverişli olması, sürətlə çoxalması, yüksək məhsuldarlığı, xromosom sayının azlığı) görə o dövrdən genetik tədqiqatlar üçün əvəzilməz obyektə çevrilmişdir. Sonralar başqa laboratoriyalarda və başqa orqanizmlərdə təsdiq edilmiş Morqanın parlaq işləri göstərdi ki, irsiyyətin əlamətləri-genlər hüceyrə nüvəsinin xromosomlarında yerləşir və irsi əlamətlərin nəslə ötürülməsi, o cümlədən belə nəslə ötürülmələr Mendel qanunları çərçivəsinə sığmır, cinsiyyət hüceyrələrinin yetişməsi və mayalanma zamanı xromosomların taleyi ilə müəyyən olunur. Bu nəticə biri-birindən asılı olmayan — hibridoloji və sitoloji metodlarla aparılmış tədqiqat işlərindən ortaya çıxmışdır. Morqan məktəbinin genetik işləri hüceyrə nüvəsinin komponentlərinin incə quruluşuna xeyli dərindən daxil olmağa imkan verdi. O zaman buna ancaq sitoloji metod imkan verirdi və xromosomlarda genlərin dəqiq yerini göstərməklə xromosom xəritəsi qurmaq olardı (ilk belə bir xəritəni Stertevant drozofilin xromosomlarından biri üçün 1913-cü ildə

tərtib etmişdir). İrsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinə əsasən cinsiyyətin təyin olunmasında xromosom mexanizmi aydınlaşdırıldı və sübut olundu. Bu işdə Morqandan başqa amerika sitoloqu E.Vilsonun da böyük xidməti olmuşdur. Elə o zaman cinsiyyətin genetikası haqqında digər işlər aparılırdı. Bu sahədə alman genetikisi R.Qoldşmidtin işləri xüsusi əhəmiyyətə malik idi.

İrsiyyətin xromosom nəzəriyyəsi biologiyada olduqca böyük nəəliyyət idi. Genetikanın bütün sonrakı inkişafı yalnız bu nəzəriyyə ətrafında getmişdir, o eyni zamanda sitologiya, embriologiya, biokimya, təkamül təlimi kimi bir sıra bioloji elmlərə dərin təsir göstərmişdir və ən nəhayət sonralar müasir molekulyar biologiyanın yaranmasında, həmçinin inkişafında mühüm rol oynamışdır.

Bu mərhələdə kənd təsərrüfatı üçün mühüm olan genetikanın bir sıra istiqamətləri sürətlə inkişaf etdirilirdi. Bura hələ əvvəllər öyrənilməyə başlanmış (xüsusilə İsveç alimi Q.Nilson – Elenin tədqiqatlarını qeyd etmək lazımdır) hibrid qüvvəsi – heterozisin təbiətini aydınlaşdırmağa (amerika genetikləri E.İst və D.Djonsun işləri), mədəni bitkilərin müqayisəli genetikasına (rus genetikisi N.İ.Vavilovun irsiyyətli dəyişkənliyin homoloji sıralar qanunu), meyvə bitkilərinin növlərarası hibridləşməsinin (keçmiş SSRİ alimi İ.V.Miçurinin, ABŞ alimi L.Berbenkinin işləri) görə kəmiyyət əlamətlərinin irsiliyinin qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi aid idi. Bütün bunlar seleksiyanın genetik əsaslarının toxumçuluğun və damazlıq işlərinin işlənilib hazırlanmasında böyük əhəmiyyətə malikdir. Bu dövrdə genetikanın inkişafı keçmiş SSRİ-də də sürətlə getmişdir. İnkilaba qədərki Rusiyada genetika rüşeym halında olduğu halda Sovet hakimiyyəti qurulduqdan sonra sürətlə inkişaf etmişdir. Artıq oktyabr inkilabından sonra üç genetik məktəb yaranmışdır ki, bunlara da görkəmli alimlərdən N.K. Koltsov, Yu.A.Filipçenko və N.İ.Vavilov rəhbərlik edirdilər. Bu alimlərin səyi nəticəsində keçmiş SSRİ-də ümumi və tətbiqi genetik sahəsində geniş tədqiqatlar aparılırdı. Koltsov Moskvada, Filipçenko və Vavilov Leninqradda bir sıra görkəmli biooqları əməkdaşlığa cəlb etmişdir. Gənc genetika elminin nəəliyyətlərindən ruhlanan bu alimlər başa düşürdülər ki, bu

nəzəriyyə, həm də praktika üçün böyük əhəmiyyəti vardır. Qısa bir vaxt ərzində genetikanın bir çox problemləri üzrə məhsuldar elmi işləri səhmana salındı. Genetikanın təbliğatı, universitetlərdə tədris olunması sürətləndi, genetika üzrə orijinal və tərcümə olunan vəsaitlər təşkil olunurdu. Bu qrupların hər birində böyük həvəslə gənclər işləyirdi ki, onların da içərisindən kifayət qədər məşhur sovet genetikləri yetirmişdir. Tezliklə keçmiş SSRİ-nin digər şəhərlərində də genetik laboratoriyalar yarandı və genetikanın nəəliyyətlərindən sovet bitkiçiləri, həmçinin heyvandarları praktiki işlərdə geniş istifadə etdilər.

Genetikanın inkişafının üçüncü mərhələsi (təxminən 1925-ci ildən 1940-ci ilə kimi) birinci növbədə süni mutasiyaların əldə edilməsinin kəşfi kimi yadda qalır. Sıçrayışla baş verən irsiyyətli dəyişkənliklər-mutasiyalar çoxdan məlum idi, onları hələ Darvin də bilirdi. Genetikanın inkişafı ərəfəsində De Friz mutasiyalarla çox məşğul olmuşdur. Sonralar genetiklər mutasiyalara böyük diqqət yetirmişlər, lakin onun başvermə səbəbləri naməlum olaraq qalırdı. Bu mərhələdə Veysmanın dediklərinə və xüsusilə də De Frizin baxışlarına qarşı belə bir fikir geniş yayılmışdır ki, mutasiyalar orqanizmdə xarici təsirlərdən asılı olmadan hansısa təmiz daxili səbəblərin təsiri altında baş verir. Bu səhv konsepsiya təkamülün hərəkətverici qüvvəsinə qarşı idealist münasibətlərin yaranması üçün şərait yaradırdı, mutasiyaların süni yolla alınması işləri təkzib edilirdi.

1925-ci ildə keçmiş SSRİ-də Q.A.Nadson və Q.S.Filippov maya hüceyrələrini radium ilə şüarlandırmaqla süni yolla mutasiya almağın mümkünlüyü haqqında ilk məlumatı verdilər. 1927-ci ildə isə Q.Mellerin təcrübələri ilə, daha doğrusu drozofil milçeyinə rentgen şüaları ilə təsir etməklə eksperimental yolla mutasiyalar almağın mümkünlüyü sübut edildi. Mellerin işləri küllü miqdarda eksperimental tədqiqat işlərinin aparılmasına şərait yaratdı. Rentgen şüaları ilə müxtəlif obyektlərə təsir etməklə onun universal xassəli mutagen olduğu tezliklə sübut edildi. Sonralar ultrabənövşəyi şüaların da mutasiya törətmək qabiliyyətinə malik olması haqqında məlumat meydana çıxdı. Yüksək temperaturun da mutasiya törədiciyi məlum oldu. Tezliklə kimyəvi maddələ-

rin də mutasiya törətməsi haqqında məlumat verildi. İlk kimyəvi mutaqenlər keçmiş SSRİ-də XX əsrin 30-cu illərində V.V.Saxarov, M.E.Lobaşev və S.M.Qərşenzon əməkdaşları ilə birlikdə kəşf edildi. Bir neçə il keçdikdən sonra bu istiqamət geniş sürət aldı. Bu sahədə rus alimi İ.A.Rapoport və ingilis S.Aurbaxın tədqiqatları xüsusi rol oynadı.

Eksperimental mutaqenez sahəsində aparılan tədqiqatlar mutasiya prosesinin qanunauyğunluqlarının dərk olunmasının sürətli proqresinə səbəb oldu. O, həmçinin genin incə quruluşuna aid olan bir sıra məsələlərin aydınlaşdırılmasında mühüm rol oynadı. Rus alimləri tərəfindən aparılan tədqiqatlar içərisində A.S.Serebrovskinin işlərini xüsusi qeyd etmək lazımdır. Onun apardığı tədqiqat işlərindən məlum oldu ki, gen mürəkkəb quruluşa malikdir və bölünəndir. Mutasiyaların süni yolla alınmasının mümkünlüyü genetik nəaliyyətlərdən praktikada istifadə edilməsinin yeni perspektivlərini açdı. Belə ki, müxtəlif ölkələrdə müxtəlif mədəni bitkilər yaratmaq üçün radiasiyanın tətbiq edilməsinə başlandı. Bu sahədə ilk işlər A.A.Sapegin və L.N.Delone tərəfindən aparıldı.

Genetikanın inkişafı tarixinin elə bu üçüncü mərhələsində genetik proseslərin təkamüldə öyrənilməsi istiqaməti meydana gəlmiş və intensiv inkişaf etmişdir. Bu sahədə ən əsas işlər rus alimlərindən S.S.Çetverikova, ingilis genetiklərindən R.Fişerə və Dj. Xoldeynə, həmçinin amerika genetiki S.Rayta məxsus olmuşdur. Genetikanı təkamül təlimi ilə əlaqələndirməyə çalışan antidarvinist xarakterli ilkin mendelistlərdən fərqli olaraq adları çəkilən alimlər bu vaxta gədər genetikada toplanmış zəngin materiala istinad edərək öz işləri ilə inandırıcılıqla göstərdilər ki, genetik məlumatlar darvinizmin bir sıra əsas prinsiplərini təsdiq edir və möhkəmləndirir, təbii seçmənin, dəyişkənliyin müxtəlif tiplərinin, təcridlərin və s. təkamüldə əhəmiyyətinin əlaqəsini aydınlaşdırmağa şərait yaratdı. Təkamülü genetikanın yaranmasında S.S. Çetverikov və onun əməkdaşlarının böyük xidməti olmuşdur. Onlar drozofil milçəyinin bir neçə növü ilə təbii populyasiyaların genetik quruluşunu tədqiq edən ilk eksperimental tədqiqat işləri aparmışlar. N.İ.Vavilov tərəfindən müqayisəli genetika və becərilən bitkilərin təkamü-

lünün öyrənilməsi çox böyük müvəffəqiyyətlə, həmçinin geniş miqyasda davam etdirilirdi. Vavilovun əməkdaşı, istedadlı genetik Q.D.Karpeçenkonun işlərini xüsusi qeyd etmək lazımdır. O eksperimental yolla bitkilərdə yeni növlərin əmələ gəlməsinin yollarından birini təkrar etmişdir.

Genetikanın inkişafının üçüncü mərhələsində keçmiş SSRİ-də genetika böyük yüksəliş yoluna qədəm qoymuşdur. Yuxarıda Rusiya genetiklərinin bu illərdə əldə etdikləri bir sıra mühüm nəticələr haqqında ətraflı bəhs edilmişdir. Onlara, həmçinin B.L.Astaurovun da işlərini daxil etmək lazımdır. O ilk dəfə olaraq tut ipəkqurdu ilə təcrübə apararaq özünün işləyib hazırladığı genetik metodla nəslin cinsiyyətinin tənzimləməyin mümkün olduğunu sübut etmişdir. Bundan başqa M.M.Zavadovskinin onurğalı heyvanlarda cinsiyyət əlamətlərinin inkişafı üzrə işləri, Q.A.Levitskinin sitogenetik işləri də bu mərhələyə təsadüf etmişdir. Sapeginin, K. K.Meysterin, A.R.Jebrakin, N.V.Tsitsinin genetika və bitki seleksiyasının genetik əsasları üzrə işləri, M.F.İvanovun, Serebrovskinin, S.Q.Davidovun, D.A.Kislovskinin ev heyvanlarının genetik əsasları və genetikası üzrə işləri xüsusi əhəmiyyətə malik idi. Meyvə, həmçinin giləmeyvəli bitkilərin hibridləşdirilməsi üzrə Miçurinin işləri müvəffəqiyyətlə davam etdirilirdi. S.Q.Levit, S.N.Davidenkov insan genetikası üzrə tədqiqatların aparılmasının təşkilatçıları idi.

Genetikanın inkişaf tarixinin dördüncü mərhələsinin xarakter xüsusiyyətlərindən (təxminən 1940-cı ildən 1955-ci ilə kimi davam etmişdir) biri fizioloji və biokimyəvi genetika üzrə işlərin davam etdirilməsi olmuşdur. Bu mərhələdə diqqəti cəlb edən məsələlərdən biri genetika üçün yeni olan obyektlər - mikroorqanizm və viruslarla genetik tədqiqatların aparılması olmuşdur. Bu obyektlərlə aparılan tədqiqatlar nəticəsində genetik analizin həlledicilik qabiliyyətinin böyük əhəmiyyəti olmuş və genetik hadisələrin əvvəllər məlum olmayan cəhətlərini açmağa imkan yaranmışdır.

Müxtəlif orqanizmlərin, o cümlədən drozofil milçəyi və xüsusilə neyrospor kif göbələklərinin irsiyyət əlamətlərinin təşəkkülü əsasında duran biokimyəvi proseslərin öyrənilməsi genlərin necə fəaliyyət göstərməsini aşkar etdi, xüsuslə də

amerika genetikləri Dj. Bidl və E. Tetumun işlərinin ümidləşdirilməsinə səbəb oldu. Bu alimlərin fikrinə görə hər bir gen orqanizmdə bir fermentin sintezini müəyyən edir (bu formula: «bir gen – bir ferment» sonralar dəqiqləşdirildi və belə adlanmağa başlandı: «bir gen-bir zülal» yaxud hətta «bir gen- bir polipeptid»).

1944-cü ildə amerika genetiki O.Everi əməkdaşları ilə birlikdə bakteriyalarda genetik transformasiyaların təbiətini üzə çıxarmışlar ki, bunun da çox böyük əhəmiyyəti olmuşdur. Orqanizmin irsiyyət xüsusiyyətlərinin daşıyıcısının xromosomlarda olan dezokisribonuklein turşusu (DNT) olduğunu göstərən bu iş, nuklein turşularının incə kimyəvi quruluşunun, biosintezin yollarını və bioloji funksiyalarının öyrənilməsində mühüm təkan rolunu yerinə yetirdi. Və nəhayət bu iş molekulyar genetika və bütün molekulyar biologiyanın inkişafının başlanmasına səbəb oldu. Bu mərhələnin axırlarında məhz bu istiqamətdə əldə edilmiş ən mühüm nəticələrə 1952-ci ildə amerika genetikləri Dj. Lederberq və M. Zinder tərəfindən transduksiya hadisəsinin kəşf edilməsi, virusların infeksiya elementi elə onların nuklein turşuları olduğu və xüsusilə 1953-cü ildə ingilis fiziki F.Krik və amerika kimyaçı alimi Dj.Uotson tərəfindən DNT molekulunun quruluşunun müəyyən edilməsi aid edilməlidir. Krik və Uotsonun bu işi sonralar molekulyar genetika və molekulyar biologiyanın inkişafında çox mühüm rol oynadı.

İnsanda müxtəlif irsiyyətli xəstəliklərin genetik və sitoloji tədqiqi sahəsində böyük müvəffəqiyyətlər əldə edilmişdir. Biokimyəvi genetikanın progressiv inkişafı sayəsində mümkün olan bu müvəffəqiyyətlər tibbi genetika adlanan yeni bir istiqamətin meydana gəlməsi və möhkəmlənməsinə səbəb oldu. Tibbi genetika insanda irsiyyətli qüsurların profilaktikasını, o cümlədən radiasiya və kimyəvi mutagenlərin təsiri nəticəsində meydana çıxan zərərli mutasiyaların qarşısının alınmasını məqsəd qoymuşdur.

Sonralar təbii populyasiyaların genetikası üzrə işlər inkişaf etdirilirdi. Belə işlər xüsusilə intensiv surətdə keçmiş SSRİ-də N.P. Dubinin əməkdaşları, ABŞ-da F. Dobrjanski və əməkdaşları tərəfindən aparılırdı. Artıq bildirildi ki, 1940-cı illərdə Rapoport keçmiş SSRİ-də, Auerbarx İngiltərədə bir

sıra güclü kimyəvi mutagen birləşmələr kəşf etmişlər. Bu mutagen maddələr əvvəllər məlum olan mutagenlərdən xeyli dərəcədə effektiv idi. Belə güclü kimyəvi mutagen maddələrin kəşf edilməsi kimyəvi mutagenəzin proqresinə təkan verdi.

Bu illərdə radiasiya yolu ilə süni yaradılmış mutasiyalar əsasında ilk yüksək məhsuldar mədəni bitki sortları meydana gəlmişdir. Belə sortlar yaratmaq məqsədilə kimyəvi mutagenlərdən istifadə edilməyə başlandı. Kənd təsərrüfatı praktikasında hibrid qüvvəsindən (heterozis) istifadə etmək üçün genetik metodlar geniş tətbiq edilirdi. Heterozis xüsusilə qarğıdalı və tüt ipəkqurdunda tətbiq edilirdi.

Genetikanın inkişafı tarixinin bu mərhələsində, daha doğrusu ilk illərdə rusiya genetiklərimin tədqiqatları müvəffəqiyyətlə inkişaf edirdi və dünyada əsas aparıcı yerlərdən birini tutmaqda davam edirdi. Lakin 40-cı illərin sonunda keçmiş SSRİ-də T. D. Lisenkonun görüşləri geniş yayılmağa başladı. Mendelin qanunları, irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsi, mutasiyalar haqqında təlim, həmçinin darvinizmin əsas cəhətləri inkar edilməyə başlandı. Lisenko və onun ardıcılarının baxışlarının müvəqqəti populyarlığı xeyli miqdarda vədlərlə izah olunurdu. Onlar tərəfindən verilmiş zəmanətlər kənd təsərrüfatı məhsuldarlığının və həmçinin ev heyvanlarında məhsuldarlığın kəskin dərəcədə yüksəlməsinə əminlik yaradırdı. Lakin praktika bu zəmanətlərin tamamilə əsassız olduğunu göstərdi və ən nəhayət səhv antigenetik konsepsiya kimi tanındı. Lisenko əvvəllər hətta ona tərəfdar olanlara belə müəmmalı göründü. Bu baxışların hökm sürdüyü müddətdə keçmiş SSRİ-də genetik tədqiqatlar dayandırılmışdır, genetika üzrə mütəxəssislərin hazırlanmasına son qoyulmuşdur, həmçinin genetikaya aid ədəbiyyat nəşr olunmurdu.

Lisenko ilə əlaqədar məsələnin mahiyyətini bir qədər də aydınlığı ilə vermək yerinə düşərdi. Belə ki, 30-cu illərin ortalarında genetika ilə əlaqədar mübahisələr yenidən canlanır. Bu zaman T. D. Lisenko tezliklə yeni qüvvə toplayır. Onun baxışlarının mahiyyəti aşağıdakılardan ibarət olmuşdur.

Birincisi, o genin mövcudluğunu inkar edirdi, geni burjua idealist alimlərinin uydurması hesab edirdi. Onun fikrinə görə xromosomların irsiyyətlə heç bir əlaqəsi yoxdur. O, Mendeli inkar edirdi, Mendelin qanunlarını «katolik monaxın uydurması» kimi izah edirdi.

İkincisi, Lisenko qazanılmış əlamətlərin nəsllə ötürülməsi ideyasını şərtsiz olaraq qəbul edirdi və seçmənin təkamüdə rolunu inkar edərək onu «Darvinin səhvi» adlandırırırdı.

Üçüncüsü, Lisenko hesab edirdi ki, bir növ sıçrış nəticəsində birdən-birə başqa növə, məsələn, tozağacı-qızılağaca, yulaf-buğdaya, ququ quşu-ötməquşuya çevrilə bilər.

Lisenko özünün ideyalarını heç vaxt eksperimental yolla yoxlamazdı, ədəbiyyat məlumatları ilə müqayisə etməzdi. O, bildirirdi ki, onun biliyinin əsas mənbəyi İ.V.Miçurin və K.A.Timeryazevin işləri, o cümlədən «marksizm klassiklərinin» ideyaları olmuşdur. Bu «biliklərin» əsasında o kənd təsərrüfatının bütövlükdə sürətlə yaxşılaşmasının reseptini təklif etmişdir. O, hesab edirdi ki, bu reseptlə 2-3 ilə qiymətli bitki növlərini yaratmaq olar, lakin Veysman-Mendel-Morqan qanunlarına əsaslanan metodlarla isə 10-15 il işləmək lazım gələrdi.

Stalin Lisenkonun tərəfini saxlayır, onu müdafiə edirdi. Lisenkonun karyer (mənsəbə çatmaq, böyümə) pilləkəni ilə yüksəlməsi sürətlə gedirdi: 1934-cü ildə Ukrayna EA-nın akademiki, 1935-ci ildə ÜİKTA-nın akademiki, 1938-ci ildə bu akademiyanın prezidenti, 1939-cu ildə SSRİ EA-nın akademiki. 1940-cı ildə N. İ. Vavilovun həbs edilməsindən sonra Lisenko SSRİ EA-nın Genetika İnstitutunun direktoru olmuşdur. 1937-ci ildən 1966-cı ilə kimi Lisenko SSRİ Ali Sovetinin deputatı və Ali Soveti sədrinin müavini olmuşdur. O, Dövlət mükafatı almış, 8 dəfə Lenin ordeni ilə təltif edilmiş və 1945-ci ildə Sosialist Əməyi Qəhrəmanı olmuşdur.

Lisenkonun sağ əli keçmiş vəkil İ.İ.Prezent idi. O, Lisenkonun bioloji nəzəriyyələrinə «ideoloji düzəlişlərlə» izahat verirdi.

1936-cı ilin sonunda və 1939-cu ildə «Marksizm bayrağı altında» jurnalının redaktoru filosof M.B.Mitin tərəfindən təşkil olunmuş kütləvi mübahisələr oldu. Nobel mükafatı laureatı Q. Müller, həmçinin A.R.Jebrak, N.İ.Vavilov və

N.P.Dubinin genetikanı müdafiə edən alimlər idi. Lakin, artıq bu mərhələdə mübahisənin elmi tərəfi nə Lisenkoçuları, nə də onların tərəfini saxlayan keçmiş SSRİ rəhbərlərini maraqlandırmırdı. Axırcı mübahisələrdən sonra tezliklə (1940-cı il) Vavilov həbs olunur və Saratov həbsxanasında həddindən artıq zəiflədiyi üçün vəfat edir.

1939-cu ildə «Pravda» qəzetində N.K.Koltsova qarşı qəzəbli məqalə nəşr olunur. Bundan sonra Koltsovun rəhbərlik etdiyi eksperimental biologiya İnstitutuna (indiki N.K.Koltsov adına REA inikişafın biologiyası İnstitutu) komissiya göndərilir. Bu komissiyaya Lisenko da daxil edilmişdir. Komissiyanın qərarına görə Koltsov direktor vəzifəsindən azad edilir. Bir neçə aydan sonra isə o, infarkt miokard xəstəliyindən vəfat edir. Vavilovun həbs edilməsindən sonra digər genetiklər arasında da həbsətmə dalğası yayılmağa başladı. Həbsxana kameralarında işgəncələr nəticəsində Q.A.Levitski 64 yaşında, Q.D.Karpeçenko 42 yaşında, Q.K.Meyster, həmçinin N.K.Belyayev, S.Q.Levit, İ.İ.Aqol, M.L. Levin və bir çox başqaları həlak olmuşlar.

1948-ci ildə bədbəxt (kədərli) məşhur avqust sessiyası (ÜİKTA) oldu, yəni Lisenkonun şöhrətlənmə dərəcəsinin parlaq dövrü başladı. Bu yığıncığın bütün prosedurası genetiklər üzərində qələbə çalmaq üçün xüsusi hazırlanmış oyun (məzhəkə) idi. Bunu çox gözəl başa düşən bir sıra genetiklər həyatlarını təhlükə qarşısında qoyduqlarını bilərək belə bir qurğuya-sessiyaya gələrək genetikanı müdafiə etmək üçün son sözlərini demişlər. Onların adları aşağıda verilir:

İ.A.Rapoport

P.M.Jukovskiy

M.M.Zavadovskiy

İ.İ.Şmalqauzen

A.R.Jebrak

İ.A.Polyakov

V.S.Nemçinov

Onların bir qismi tab gətirmədi və sessiyanın axırında parçalandılar (sındılar), genetikadan əl çəkdilər. Çünki Lisenko bildirdi ki, yoldaş Stalin onun məruzəsini tam oxumuş və genetikanın darmadağın edilməsini alqışlamışdır.

1948-ci ilin avqust sessiyasından sonra tezliklə ali məktəb və akademiyanın institutlarından işdən azad edilməli genetik alimlərin siyahısı tutuldu. Journallardan genetiklərin məqalələrini cırdılar, digər məqalələrdə «gen», «genetika»,

«xromosom» sözlərini qaraladılar (pozduklar). Bir çox alimlər sürgünə göndərildi.

Genetiklərdən bəziləri, məsələn N.P.Dubinin, M.E.Lobaşev, A.A.Prkofyeva-Belqovskaya öz ixtisaslarını dəyişmək adı ilə, əvvəlki fikirlərindən dönməməklə (genetikadan) toxunulmaz qaldılar. Dubinin bir neçə il ornitoloq, Lobaşev – fizioloq, Prkofyeva-Belqovskaya – mikrobioloq, Rapoport – paleontoloq, və Z.S.Nikoro – kinoteatrda pianoçu işləmişlər.

Lısenkovçuluğun səbəbi nə idi? Nə üçün məhz keçmiş SSRİ-də genetika elminin dağılması baş vermişdir? Bunun bir neçə səbəbi var idi.

1. Başlıcası onu hesab etmək olar ki, irsiyyətin klassik nəzəriyyəsi görünür ki, marksist doqmanın ziddinə idi. Sözün əsl mənasında Yerdə kommunist cənnəti qurmaq lazımdır, onda belə cənnətə kapitalizmin «anadangəlmə ləkələri»: oğrular, fırıldaqçılar, avaralar, pozğunluqlar, sutenyorlar (kapitalist cəmiyyətində: öz aşnası fahişəsinin xərcilə yaşayan kişi), narkomanlar necə daxil ola bilər? Ya onları tərbiyyə etmək və bununla yanaşı onların irsiyyətini «yaxşılaşdırmalı», ya da belə olmasa, onda cənnət qurmaq olmaz. Genetiklər irsiyyəti yaxşılaşdırmağa söz vermişdilər, lakin hətta belə bir vədin verilməsinin Lısenko üçün heç bir mənası yox idi.

2. Kəndçinin elitesının dəhşətli dərəcədə məhv edilməsindən sonra, yeni qolçomaqlıqdan salınma və kollektivləşdirilmə – kəndtəsərrüfatının istehsalının tamamilə dağılmasına səbəb olmuşdur və onun xilas edilməsi ancaq möcüzə ola bilərdi. Genetiklər belə bir möcüzə vəd etmirdi, lakin Lısenko üçün belə bir vəd vermək heç nə idi.

3. J.A.Medvedyevin təsəvvürünə görə Engels kimi Stalin də marksist olmuşdur. Buna görə də rəhbərə (Stalinə) Lısenkonun arzuladığı sadə, təmtəraqsız lamarksist təklifləri yaxın idi.

4. Yalnız keçmiş SSRİ-də həyatın bütün sahələrində, o cümlədən də elm üzərində inzibatçılıq etmək qüvvədə idi.

5. Lısenkonun ciddi bir eksperimental bazası belə yox idi. Onun bütün təsəvvürləri sırası kolxozçular tərəfindən geniş sahələrdə yoxlanılırdı. «Xalqlar atasının» özü tərəfindən hi-

mayə olunan «eksperimentlərin» müvəffəqiyyətsizliyi kütləvi terror şəraitində bir şeyi ifadə edə bilərdi. Buradan da Lisenkonun ünvanına göndərilən hesabatlarda nəticələri kütləvi surətdə saxtalaşdırılırdı.

6. Lisenkonun beynəlxalq səviyyədə dolayı yolla tərəfini saxlayanlar vardı. Proqressiv alimlərin çoxu hesab edirdi ki, Rusiyada qabaqcıl cəmiyyət qurulur, ehtiyat edirdilər ki, açıq tənqidlər sosializmin qurulmasına mane olar. Q.Müller, J.Mono, Dj.Xoldeyn, Prenan, J.Braşe, A.Tessye, Brayn mümkün olan hər şeyi edirdilər ki, «miçurin elmi» kütləvi şəkildə ifşa edilməsin.

Bütün bunlar, Rusiyada genetikanın darma-dağın edildiyi və Lisenkovçuluğun konkret mövcud sosial-tarixi şəraitdə labüd olduğunu izah edirdi.

Stalinin ölümündən sonra, 1953-cü ildə genetikanın tədricən bərpa olunmasına başlandı. Lisenkonu tənqid edən pərakəndə məqalələr çap olunmağa başladı. Belə məqalələrin müəllifləri ilk əvvəl kimyaçılar və fiziklər olmuşdur, sonralar onlara bioloqlar da (V. N.Sukaçev, A.A.Lyubişşev, J.A.Medvedyev, V.S.Kirpiçnikov) qoşulmuşdur.

Həlledici dönüş 1957-ci ildə baş verdi. M.B.Lobaşev Leningrad Universitetində genetikadan mülahizələr oxumağa başlayır, elə bu ildə M.A.Lavrentyev Novosibirskdə SSRİ EA-nın Sibir şöbəsinin strukturu əsasında sitologiya və genetika İnstitutunu yaratmağı qərara alır. 1958-ci ildən Kiyev Universitetində P.K. Şkvarnikov genetikadan mühazirələr oxumağa başlayır. İ.V.Kurçatov özünün supergizli atom enerjisi İnstitutunda (hazırda REA-nın Molekulyar Genetika İnstitutu adlanır) radiobioloji şöbə yaradır. Buna baxmayaraq 1965-ci ilə kimi 1948-ci ildə keçirilmiş ÜİKTA-nın sessiyasını neqativ yolla geri çağırmaq olmazdı, yada salmaq olmazdı ki, LDU-də genetika tədris olunur, Novosibirskdə İnstitut yaradılır, Lobaşev tərəfindən müharibədən sonrakı illərdə genetikadan ilk dərslər hazırlanır. Bütün bunlar yarımgizli şəkildə görülürdü.

Genetikada yeni inqilab XX əsrin 70-ci illərin ortalarında baş vermişdir. 40-cı illərin sonu 50-ci illərin əvvəllərində olduğu kimi o yeni biliklərin sintezi ilə əlaqədar idi. Lakin bu dəfə genetiklər tərəfindən müxtəlif istiqamətlərdə əldə

edilmiş biliklər birləşdirilmişdir, daha doğrusu molekulyar və biokimyəvi genetica, bakteriofaqların genetikası, bakteriya və plazmidlərin genetikası, maya hüceyrələrin genetikası, məməlilərin və drozofilin genetikası sahəsində əldə edilmiş biliklər birləşdirilirdi.

Müxtəlif model obyektlərdə irsiyyət aparatının təşkili haqqında biliklərdən istifadə edərək genlərlə manipulyasiya texnologiyasını işləyib hazırlamaq mümkün oldu ki, bu da bir qədər sonra gen mühəndisliyi adını aldı.

1974-cü ildə K. Marrey və N. Marrey Lyambda faqının restreksiya saytı ilə manipulyasiya etməklə yad DNT-ni özünə birləşdirmək qabiliyyətinə malik olan xromosom yaratdılar. Beləliklə, Lyambda faqı yad DNT-ni klonlaşdırmaq üçün vektor oldu. Tədqiqatçılarda genləri və DNT fermentlərini bir orqanizmdən digərinə köçürmək, həmçinin onları çoxaltmaq üçün qeyri-məhdud dərəcədə imkanlar yarandı.

1975-ci ildə gen mühəndisliyinin üç mühüm metodu təklif olundu:

1. U. Benton, R.Deyvis rekombinant Lyambda faqın DNT-ni nitrosellüloz süzgəcdən keçirə bilən və gələcəkdə DNT klonlaşdırmaq üçün rekombinant faqları üzə çıxarmaq qabiliyyətinə malik nişanın sürətli axtarılması metodu işləyib hazırladılar.

2. M. Qranşteyn və D.Xoqness klonlaşdırılmış genləri yaxud DNT fraqmentlərini daşıyan bakteriya hüceyrələrini təcrid (ayırmaq) etməyə imkan verən bakteriya koloniyaları ilə hibridləşmə metodunu təklif etdilər.

3. E. Sauzern DNT fraqmentlərini aqarlaşdırılmış heldən nitrosellüloz süzgəcə keçirən metod təsvir etdi. Sonra o, bu süzgəcləri radioaktiv DNT ilə hibridləşdirdi və hibridləri avtoradiografiya metodu ilə üzə çıxardı. Bu metod genomda DNT-nin bu və ya digər fraksiyasının olduğunu müəyyən etməyə, genlərin vəziyyətinin xəritəsini tərtib etməyə və yad DNT-ni insersiya etməyə, xromosom dəyişilmələrinin qırılma nöqtəsini və nəhayət genləri klonlaşdırmağa imkan verir.

1978-ci ildə T. Maniatisin qrupu tərəfindən ilk dəfə olaraq genom kitabxanası — bu və ya digər vektora (faqa yaxud plazmidə) qoşulmuş DNT fraqmentlərinin yığılı, konkret

bitki və heyvan növünün bütün genomunun məcmui yaradılmışdır.

1979-cu ildə V.Bender, P.Spirer və D.Xoqness «xromosom yerişi» adlanan metod işləyib hazırlamışlar. Bu metod müəyyən ölçülü (yüz min nukleotid cütləri) DNT fraqmentlərini klonlaşdırmağa imkan verir. Hazırda bu metodun köməyi ilə artıq yüzlərlə genlər klonlaşdırılmışdır. 1985-ci ildə R. Sanki və K. Myillis klonlaşdırmaya başqa yanaşmanı təklif etdilər, daha doğrusu polimeraza zəncir reaksiyaları (PZR) metodunu təklif etdilər. Bu metod zəruri DNT fraqmentini sintez etməyə və sonra onların sürətinin sayını dəfələrlə artırmağa imkan verir. Bu metod bir nüvədə yaxud hətta bir gendə olan DNT-nin miqdarı ilə müqayisədə azlıq təşkil edən DNT-dən biokimyəvi analiz üçün zəruri olan miqdarda artırmağa imkan verir. Bu metod artıq təkcə molekulyar biologiyada deyil, o həmçinin tarixdə, etnoqorafiya və kriminalistikada da geniş istifadə olunur. Belə ki, sarkofaqlarda və mumya örtüyündə, yaxud insanın əcdadlarının sümüklərində çox cüzi miqdarda olan DNT-dən istifadə edərək xeyli DNT əldə etmək olar. Və sonra bu metodla əldə edilmiş DNT-ni analiz etdikdən sonra müasir insanların əcdadlarının miqrasiyası, təkamülü, həmçinin formalaşması haqqında maraqlı nəticələr alınmışdır. Dəlillərdə DNT-nin izlərini toplayaraq və PZR metodundan istifadə edərək müxtəlif cinayət işlərini açmaq olur. Bu metodu tətbiq etməklə sonuncu Rusiya imperatoru II Nikolayın ailəsinin qalıqlarının identifikasiyasını etmək mümkün olmuşdur.

XX əsrin 70-ci illərin sonunda istənilən genomun mütləq dəyişkən lokuslaşan komponentləri-genomun mobil elementlərinin (GME) kəşfi tarixi başa çatır. 40-cı illərin sonunda B.Mak Klinton qarğıdalının Ac-Ds mobil elementləri sistemini kəşf edir və onların yerdəyişməsinin qanunauyğunluqlarını müəyyənləşdirir. 1976-cı ildə drozofil milçəyində mobil elementlər bir qrup rus alimləri - Q.P.Qeorqiyeva və V.A.Qrozdeva, D.Xoqness (ABŞ-da) tərəfindən ayrılmış və klonlaşdırılmışdır. Genomun bu qədər spesifik fraksiyaları haqqında nəzəri biliklərin mövcud olması, GME-nin yerdəyişməsinin mexanizminin başa düşülməsi eukariot or-

qanizmlərdə transformasiya metodunun yaradılmasında həlledici rol oynadı.

70-ci illərin sonundan başlayaraq çox böyük genom layihələrinin həyata keçirilməsinin ilkin şəraiti yarananda vaxt assosiasiya edirdi. Belə ki, hazırda bu və ya digər növün bütün nukleotidlərinin ardıcılığı ilə sonrakı oxunması ilə (sekvenirləmə) bütün genom DNT-nin klonlaşdırma məqsədinə malik sistemi manipulyasiya adlandırılırlar. 1977-ci ildə F.Senger və onun 8 nəfər həmkarı ϕ X 174 faqının DNT-də nukleotidlərin ardıcılığının, onlar tərəfindən işlənib hazırlanmış sekvenirlənmə metodunun tətbiqi nəticəsində tam oxunması haqqında məlumat verdilər. Elə həmin ildə A.Maksam və U.Gilberq nukleotidlərin ardıcılığının müəyyən edilməsinin başqa metodunu təklif edirlər. 90-cı illərdə böyük alimlər qrupu bu metodlardan istifadə edərək 50-dən artıq növün genomunu sekvenirlədilər. 1992-ci ildə alimlər konsorsiumu (avropanın 36 laboratoriyasından 146 adam) **Saccharomyes cerevisiae** mayanın 3-cü xromosomunda nukleotidlərin ardıcılığının sekvenirlənməsi haqqında məlumat verdilər.

1995-ci ildə iki qrup alim ilk bakteriyaların- **Haemophilus influenza** və **Musoplasma genitaliumun** genomunun açılması haqqında məlumat verdilər. 1997-ci ildə **Eschericia coli** bakteriyasının genomu və **S. cerevisiae** mayaların genomu, 1999-cu ilin fevralında **Caenorhabitis eleqans** nematodonun genomu sekvenirləndi. 2000-ci ilin martında 200 nəfər alimdən ibarət qrup drozofilin genomunun açılması haqqında məlumat verdilər. 2000-ci ilin yazında Kembridcən olan ingilis alimləri insanın genomunun əsasən açıldığı haqqında məlumat verdilər. 2001-ci ilin əvvəlində Celera Genomics firmasından olan alimlərin böyük qrupu tərəfindən insanın genomu açıldı.

Prokariotlarda genetik informasiyaların köçürülməsi (transformasiya) hadisəsi kəşf olunan kimi bu hadisəni eukariotlarda da həyata keçirməyə cəhdlər göstərildi.

1995-ci ildə Bazeliyalı isveç alimi V.Qerinq transformasiya hadisəsini təəcüb doğuracaq dərəcədə həyata keçirmişdir. O, drozofil milçəyinə gözü əmələ gətirən mutant hibrid DNT molekulunu köçürmüşdür. Bu cür mutant olan hibrid

DNT molekulu siçanlarda gözün inkişafına nəzarət edən gene malikdir və maya hüceyrə genomundan olan transkripsiya sürətləndiricisinin nəzarəti altında olur. Sistem işə düşmüşdür (fəaliyyət göstərmişdir), yəni drozofil milçəyində də gözlərin formalaşması (əmələ gəlməsi) baş vermişdir, daha doğrusu yalnız gözlərin normal yerləşdiyi yerdə deyil, həmçinin milçəyin müxtəlif orqanlarında 30-a qədər göz əmələ gəlmişdir.

Heyvanların klonlaşdırılmasına həsr olunmuş eksperimentlər cəmiyyətə xüsusi xəbər kimi yayıldı. 40-cı ilin əvvəlində Q. V. Lopaşov tritonun bir sıra hüceyrəsindən, yumurtanın nüvəsiz sitoplazmanın fraqmentlərinə 1-2 blastomer mərhələsində ilk dəfə olaraq nüvə köçürmə əməliyyatını həyata keçirmişdir. Lakin bu iş davam etdirilməmişdir. Bunun birinci səbəbi ikinci dünya müharibəsi, ikincisi isə Rusiyada genetikanın qadağan edilməsi idi. 1962-ci ildə İngilis alimi Con Qyordon qarşısına belə bir məqsəd qoymuşdur: görəsən differensasiya olunmuş hüceyrə ziqotda olan gen yığına malikdirmi? Bu suala cavab vermək üçün çömçəquyruğun bağırsağ hüceyrəsindən nüvəni qurbağanın nüvəsi çıxarılmış yumurta hüceyrəsinə köçürmüşdür. Bunun nəticəsində bu cür hibrid yumurta hüceyrədən normal qurbağa inkişaf etmişdir. Bu onu sübut edir ki, həm somatik, həm də cinsiyyət hüceyrələri keyfiyyətcə identikdir. Əgər bu belədirsə, deməli hər bir nüvə transplantasiyası nəticəsində yeni heyvan, lakin çox sayda nüvə plantasiyası nəticəsində isə (bir heyvandan götürülmüş) çoxlu heyvan, daha doğrusu klonlar almaq olar.

1997-ci ildə Şotlandiyadan olan bir qrup alim başda Ya. Vilmut olmaqla nüvə transplantasiyası metodikasının köməyi ilə dünyada məlum olan Dolli qoyunu əldə etmişlər, 1999-cu ildə ABŞ-dan olan alimlər siçan və inək klonlaşdırmışlar, lakin 2000-ci ilin martında beş klonlaşdırılmış donuz yaradıldı. Bu tədqiqat işlərinin müəlliflərinin fikrinə görə 2005-ci ildən sonra insanı klonlaşdırmaq mümkün olacaq. Belə bir problemin həlli təmizliyi ilə texniki cəhətdən genetiklərdən asılıdır və o, şübhəsiz ki, həll oluna bilər, əgər bəşəriyyət bunu zəruri hesab edərsə əlbəttə.

Beləliklə, bir əsr ərzində, yəni 1900-cü ildə Mendel qanunları dərk edildikdən sonra genetika irsiyyətin diskretliyi

haqqındakı təsəvvürlərdən genetik manipulyasiya metodları ilə yeni orqanizmlərin yaradılmasına qədər insan iradəsi altında böyük bir yol keçmişdir.

MÜASİR GENETİKLƏR Q.MENDEL HAQQINDA

Qreqor İoqann Mendel (1822-1884) Brono şəhərində Çexiya katolik kilsədə kişi manastrının başçısı idi. «Bitki hibridləri üzərində təcrübələr» adlı məşhur əsərini 1866-cı ildə «Bryono təbiəti sınaqlar cəmiyyətinin küllüyatı» jurnalında 1865-ci ilin 8 fevral və 8 mart aylarında Cəmiyyətin iclaslarındakı məruzələrindən sonra çap etdirmişdir. Şübhə yoxdur ki, bu iş yeni elmin əsasını qoydu. O vaxtdan etibarən bu məqalə ətrafında müzakirələr gedirdi. Müzakirə olunan suallar aşağıdakılar idi:

1. Müasirləri tərəfindən Mendelin işləri diqqəti cəlb etmişdirmi, yaxud 1900-cü ilə kimi naməlum qalmışdır?

2. Mendel qanunlarını təkrar kəşf edən alimlər özlərinin şəxsi təcrübələrinə qədər onun işlərini oxumuşdurlarmı?

3. Mendel başa düşmüşdü mü ki, o kəşf etmişdir?

4. Mendelin təcrübələrinin nəticələri nəzəri gözlənilənlər üçün yaxşı qənaətbəxşliyi həddindən artıq deyildir ki?

5. Mendelin işlərində qanunlar haqqında onun özünün dürüst ifadəsi varmı yaxud da əldə etdiyi empirik nəticələrin vijdanlı təsviri vardı?

Müzakirə olunan sualların cavabları belə idi:

1. Adətən Hesab edilir ki, Mendelin işləri onun müasirlərinə məlum deyildi, belə ki, 1866-cı ildən 1900-cü ilə kimi heç yerdə müzakirə edilməmişdi. Lakin məlumdur ki, Bryono təbiəti sınaqlar cəmiyyəti Avropanın və Amerikanın 133 elmi cəmiyyətləri və akademiyləri ilə nəşr etdiklərini mübadilə edirdilər. Bundan başqa Mendel jurnaldan 40 nüsxə ottisk almış və onları bioloqlara göndərmişdir. Lakin bu da kömək etməmişdir F. Q. Dobrajanski 1964-cü ildə (XX əsrin ortalarında məşhur botaniklərdən biri) məşhur botanik olmuş atasının kitabxanasına əl gəzdirən zaman Mendelin məqaləsinin ayrıca buraxılış (ottisk) nüsxəsini tapmışdır. Onun səhifələrinin qatı belə açılmamışdır. Daha bir ottisk qoşma məktubla görkəmli botanik K. Negeliyə ünvanlandı-

rılmışdı. Negeli özü də bitkilərin hibridləşdirilməsi ilə məşğul idi. Negeli bir qədər mülayim tərzdə əxlaqi formada Mendelə izah etmişdir ki, onun nəticələri – bu işin başlanğıcıdır və onları başqa obyektlərdə də yoxlamaq lazımdır.

1867-ci ildə o dövrün əsas botanika jurnalı olan «Flora»- Jurnalın botanika üzrə əsas işlərin siyahısında Mendelin məqaləsinin tam bibliografik məlumatı verilmişdir. «Flora» jurnalında bu bibliografik arayış oxucularda böyük maraq yaratmışdır və Mendelin məqaləsi çap olunan jurnala yüksək tələb irəli sürülürdü. 1872-ci ildə «Flora» jurnalında çap olunan bibliografik xülasədə Q. Mendelin işlərinə istinad müzakirə edilmişdir. Botanika ədəbiyyatın sorğu kitabçasında hibridləşməyə aid müxtəlif işlərə 13 istinad vardı və o cümlədən Mendelin işlərinə də istinad olmuşdur.

Q. Mendelin və prof. K. Neqelinin şəxsi yazışmasından məlum olmuşdur ki, Mendelin məruzəsindən sonra mübahisə yaranmışdır və bu zaman dinləyicilərin fikirləri müxtəlif olmuşdur. Bu mübahisə yerli qəzetlərdə əks olunmuşdur.

Bütövlükdə 1965-ci ildən 1900-cü ilə kimi elmi jurnallarda Mendelin işlərinə 11-12 dəfə istinad edilmişdir. Bütün bunlar onu göstərir ki, Mendelin işləri naməlum qalmamış və həm də unudulmamışdır.

2. Müasir ədəbiyyatda, Mendelin qanunlarını təkrar kəşf edən alimlərin öz tədqiqatlarını aparana qədər Mendelin işlərini oxumalarına şübhə ilə yanaşılır.

3. Kifayət qədər çoxlu tarixçilər Mendelin məqaləsində onun qanunlarının aydın, qısaca və dürüst ifadə tapmadıqları üçün belə bir nəticəyə gəlirlər ki, Mendel özünün yazdıqlarını dərinliyinə qədər dərk etməmişdir. Lakin bu heç də belə deyildir. Professor Mura məktubunda Mendel özünün noxudla apardığı təcrübələrinin nəticələrini təsvir etmişdir və irsiliyin iki əsas prinsipini kəşf etməsi haqqında məlumat verir: parçalanma qanunu və irsilik vahidlərinin asılı olmadan paylanması qanunu, Mendel bunu məktubunda «element» adlandırmışdır.

4. 1936-cı ildə R. Fişer çap etdirdiyi məqaləsində Q. Mendelin şəxsi eksperimentlərinin nəticələrini şübhəyə duçar edir. O, hesab edirdi ki, əldə edilmiş nəticələr «ideal nisbətlərə həddindən artıq yaxındır» (məsələn əks çarpazlaşmanı

öyrənən zaman fenotiplərin nisbəti praktiki olaraq 1:1 nisbətində fərqlənmir) və normal paylanma qanunauyğunluqlarını inkar edir. Faktiki olaraq Fişer Mendeli onda günahlandırır ki, normal paylanma ilə əlaqədar tədqiq olunan qanunauyğunluğu qabaqcadan bilərək, qəsdənmi yaxud bilmədən eksperimental nəticələri uyğunlaşdırmışdır. Müasir dövrdə bəzi genetiklər Fişerin baxışlarını parçalayırlar. Digər genetiklərin fikrinə görə, Fişerin başlıca səhvi post faktum riyazi aparatdan düzgün istifadə edə bilməmişdir.

5. Mendelin işlərində həqiqətən onun tərəfindən adlandırılmış və dürüst ifadə edilmiş 1-ci və 2-ci qanun anlayışları olmamışdır. Belə dürüst ifadələr Mendelin qanunlarını yenidən kəşf edənlər tərəfindən verilmişdir.

Müasir dövrün nəhəng genetiklərindən biri F.Q.Dobrzanskiy hesab edir ki, Mendel elm tarixində faciəli fiqurlardan biri olmuşdur. O, hiss etməlidir ki, onun işi qəbul edilmədi və müvəffəqiyyətsizliyə uğradı. O, ölümündən 16 il sonra işlərinin yenidən kəşf olunacağını görə bilməzdi. Ağılna belə gətirə bilməzdi ki, sonrakı yüzillikdə onun əsasını qoyduğu elm biologiyanın mərkəzi elmlərindən biri olacaqdır. Mendel hələ sağlığında özünün qanunlarının doğruluğunu başqa növlərdə, daha doğrusu K.Neqelinin təklif etdiyi qırğıotu bitkisinde təsdiq etmişdir. Bu isə Mendel üçün fəlakət olmuşdur. O zaman heç kim bilmirdi ki, bu bitkidə cinsiyyət prosesi pozulmuşdur və bu bitki toxumu cinsiyyətli proses getmədən verir. Buna görə də Mendel bu növdə heç bir nəticə ala bilmədi.

Beləliklə, bütün yuxarıda deyilənlərə əsaslanaraq belə bir qısa nəticə çıxarmaq olar ki, məsələ Mendelin işlərinin qəbul edilməsindəki çətinliklərlə yaxud onların qeyri məlum olması ilə əlaqədar deyildi. Sadəcə olaraq 1865-ci ildə biologlar Mendelin qanunlarını dərk etmək üçün 1900-cü ilin biologlarına nisbətən olduqca az hazır idilər. Bu biliklər hələ nə cəmiyyət, nə də elm tərəfindən tələb olunmurdu.

II FƏSİL

İRSİYYƏTİN SİTOLOJİ ƏSASLARI

Canlı orqanizmlərdə gedən bütün bioloji proseslərin, həmçinin irsi informasiyaların sirlərini, hər şeydən əvvəl, hüceyrədə axtarmaq lazımdır. Bütün orqanizmlərin hüceyrələri ümumi quruluşa malik olub, həyat fəaliyyəti proseslərinin ümumiliyini özündə aydın əks etdirir. Hər bir hüceyrə möhkəm bir əlaqədə olan sitoplazma və nüvədən ibarətdir. İstər sitoplazma və istərsə də nüvə xüsusi quruluşu və mürəkkəbliyi ilə səciyyələnir. Onların tərkibinə müəyyən funksiyaları yerinə yetirən külli miqdarda müxtəlif quruluş vahidləri, həmçinin üzvi birləşmələr və qeyri-üzvi maddələr daxildir.

Sitoloji metodlar əsasında irsiyyət və dəyişkənlik hadisələrini öyrənən genetika bölməsi — sitogenetika adlanır. Sitogenetikanın obyekt—xromosomlardır.

TAPŞIRIQ 1

XROMOSOMLAR

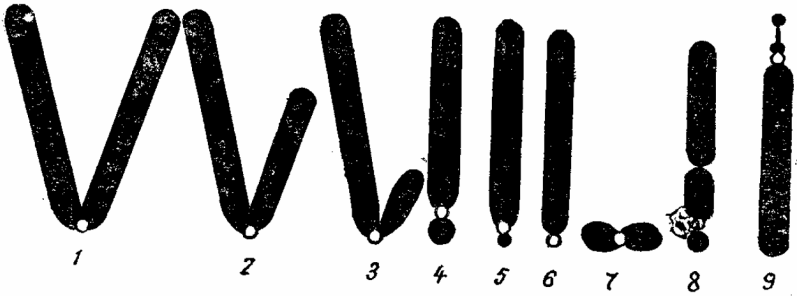
İrsiyyətin daşıyıcıları olan xromosomlar 100 ildən artıqdır ki, öyrənilir. Hüceyrənin bölünməsi prosesində xromosomların hərəkəti 1870-ci ilin sonunda ilk dəfə Strasburger və Fleminq tərəfindən təsvir edilmişdir. Xromosomlar—nüvənin əsas avtopeproduksiya olunan quruluşu olub, dezoksiribonuklein turşusu (DNT), ribonuklein turşusu (RNT), zülallar və s. ilə zəngindir. Xromosomları, əsasən, bölünən hüceyrələrdə görmək mümkündür. Mitozun metafaza və anafaza mərhələlərində xromosomlar xüsusən daha aydın görünür. Bu mərhələlərdə fiksə edilmiş və nüvə rəngləyiciləri ilə rənglənmiş prepa-

ratlarla xromosomların sayını, ölçüsünü, morfoloqiyasını və hərəkətini müəyyən etmək mümkündür.

Hər bir heyvan və bitki növü hüceyrələri üçün xromosomun sayı sabitdir.

Üzvi aləmdə cinsiyyətli çoxalma orqanizmlərin hər biri haploid xromosom dəstinə malik iki qametin birləşməsi nəticəsində əmələ gəlir. Xromosomların haploid sayı n , diploid sayı isə $2n$ ilə işarə edilir. Müxtəlif növlərin fərdlərinin diploid hüceyrələrində xromosomların sayı 2-dən bir neçə yüzə qədər olur. Hüceyrələrdə xromosomların uzunluğu 0,2-dən 50 mk, diametri 0,2-dən 2 mk arasında dəyişir. Metafazada xromosomların forması sentromerlərin (ilkin qurşağ), ikinci qurşaqların və peyklərin yerləşməsindən asılıdır. Hər bir xromosom cütü üçün sentromerlərin vəziyyəti sabitdir, bu əlamətə əsasən də onları fərqləndirmək mümkün olur. Sentromerlərin vəziyyətindən asılı olaraq xromosomlar metasentrik, submetasentrik, akrosentrik və telosentrik formada ola bilər (şəkil 1).

Sentromerlər açıq dairələr şəklində işarə edilmişdir.



Şəkil 1. Metafazada xromosomların müxtəlif tipləri:

1,7—metasentrik (barabərçeyinli); 2—submetasentrik (çeyinlərindən biri nisbətən qısa olan); 3,4,5—akrosentrik (çeyinlərindən biri çox qısa olan); 6—telosentrik (sentromeri çeyininin sonunda olan); 8—ikinci qurşağa malik akrosentrik; 9—peykli.

Bir sıra xromosomlar sabit ölçülü ikinci qurşağa malik olur. Bu ikinci qurşaqlardan bəziləri xromosomun nüvəcik yaradan sahəsi kimi formalaşmışdır. Buna görə də onları nukleolyar, yaxud nüvəcik yaradan zona adlandırırlar.

Müəyyən edilmişdir ki, hər bir nüvədə nüvəciklər yaradan zonaya malik iki xromosom yerləşir. Digər xromosomlarda olan ikinci qurşaq nüvəcik əmələ gətirmir və onların dəqiq funksiyası hələlik müəyyənləşdirilməmişdir. Bir sıra xromosomlarda çiyinlərin sonunda nazik xromatin teli ilə birləşmiş yarımdairəvi şəkildə peyk adlanan çıxıntı aşkar edilmişdir. Belə xromosomlar üçün peyk və xromatin telinin ölçü və forması sabitdir.

Xromosomların quruluşunun submikroskopik tədqiqi zamanı onların DNT-dən, əsas zülallardan (histon) və bir qədər də turş zülallardan ibarət, qalınlığı 4–10 nm olan elementar teldən qurulduğu aşkar edilmişdir. Bağırsaq çöpünün (*E.coli*) yeganə xromosomunda DNT-nin uzunluğu 1 mm-ə yaxın, ali orqanizmlərin xromosomlarında isə bir neçə santimetr olur. Hər bir növdən olan orqanizmdə xromosom üçün DNT-nin miqdarı sabit, RNT-nin və turş zülalların miqdarı isə toxumanın tipindən, həmçinin hüceyrənin funksional vəziyyətindən asılı olaraq dəyişir.

Xromosomların tərkibində mineral komponentlərdən kalium və maqnezium ionları böyük rol oynayır. Bu ionlar xaric edildikdə xromosomlar kövrəkləşir.

Təcrübənin qoyulması

Xromosomların morfolojiyası. Hazırlanmış preparatlarda xromosomları saymalı, 5–10 metafaza lövhəsində xromosomların şəklini çəkməli və həmin şəkillərdə xromosomları saymalı.

Hər bir bitki növü üçün xromosomun sayı sabitdir, lakin bu sabitlik nisbidir. Bu və ya digər bitkinin (məsələn, *tape-tum*) diferensiasiya olunmuş hüceyrələri müxtəlif xromosom dəstinə malikdir. Bundan başqa bir sıra bitki növlərinin (çovdar, qarğıdalı və s.) somatik hüceyrələrində onlar üçün ümumi olan xromosomlardan başqa əlavə adlanan xromosomlar da olur. Bu əlavə xromosomların sayı xeyli miqdarda (məsələn, qarğıdalı bitkisinin somatik hüceyrələrində əlavə xromosomların sayı 1–10-a qədər) dəyişə bilər.

Bitkilərdə ploidliyin (haploid, diploid, triploid, yaxud tetraploid bitkilər) təyin edilməsində xromosomların sayılması-

nın çox böyük rolu vardır (məsələn, qarpız, şəkər çuğunduru və başqa bitkilərdə triploid toxumaların alınmasında). Bundan başqa, xromosomların sayılması yolu ilə uzaq hibridlərdə polisomluğu əldə etmək, həmçinin kariotipi (tam xromosom dəstini) müəyyən etmək mümkündür (*cədvəl 1*).

Cədvəl 1

Əsas mədəni bitki və heyvan növlərində xromosomun sayı

Növ	Hüceyrələrdə xromosomların sayı	
	cinsiy-yət (n)	somatik (2n)
1 - c i c ə d v ə l i n a r d ı		
1	2	3
<i>Tarla bitkiləri</i>		
Təkdənli buğda— <i>Triticum monococcum</i> L.	7	14
Berk buğda — <i>Triricum durum</i> Desf	14	28
Yumşaq buğda — <i>Triticum aestivum</i> L.	21	42
Çovdar — <i>Secala cereale</i> L.	7	14
Əkin vələmiri — <i>Avena sativa</i> L.	21	42
Arpa— <i>Hordeum sativum</i> (H. vulgare, H.distichum L.) Less.	7	14
Qarğıdalı— <i>Zea mays</i> L.	10	20
Darı— <i>Panicum miliaceum</i> L.	18	36
Əkin çəltiyi — <i>Oryza sativa</i> L.	12	24
Qarabaşaq— <i>Fagopyrum sagittatum</i> Gilib.	8	16
Əkin noxudu— <i>Pisum sativum</i> L.	7	14
Yem paxlası — <i>Faba vulgaris</i> Moench	6	12
Adi paxla — <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	11	22
Noxud— <i>Cicer arictinum</i> L.	8	16
Mərcimək — <i>Zens esculenta</i> Moench	7	14
Əkin lərgəsi— <i>Vicia sativa</i> L.	6	12
Günəbaxan — <i>Helianthus annuus</i> L.	17	34
Soya— <i>Glycine hispida</i> Maxim	19	38
Yer fındığı— <i>Arachis Hypogea</i> L.	20	40
Küncüt— <i>Sesamum indicum</i> L.	13	26
Ağ xardal— <i>Sinaps alba</i> L.	16	32
Çətənə— <i>Cannabis sativa</i> L.	10	20
Otvarı pambıq— <i>Gosypium herbaceum</i> L.	13	26
Adi pambıq— <i>Gosypium hirsutum</i> L.	26	52
Şəkər çuğunduru — <i>Beta vul vulgaris</i> L.	9	18
Mədəni kartof— <i>Solanum tuberosum</i> L.	24	48

Tütün— <i>Nicotiana tabacum</i> L.	24	48
Yerarmudu (yerəlməsi) — <i>Helianthus tuberosus</i> L.	51	102
Qırmızı yonca— <i>Trifolium pratense</i> L.	7	14
Sürünən üçyarpaq yonca— <i>Trifolium repens</i> L.	16	32
Əkin qarayoncası — <i>Medicago sativa</i> L.	16	32
Sarı lüpin (acı paxla)— <i>Lupinus Luteus</i> L.	26	52
Çəmən pişikquyruğu— <i>Phleum pratense</i> L.	21	42
<i>Tərəvəz bitkiləri</i>		
Pomidor— <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill	12	24
Qırmızı istiot — <i>Caspicum annuum</i> L.	12	24
Xiyar— <i>Cucumis sativus</i> L.	7	14
Nəhəng qabaq— <i>Cucurbita maxima</i> Duch.	24	48
Süfrə qarpızı— <i>Citrullus vulgaris</i> Schrad	11	22
Şalğam (yemlik şalğam növü) — <i>Brassica campestris</i> L.	10	20
Baş kələm— <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Capitata</i> L.	9	18
Mədəni ağ turp — <i>Raphanus sativus</i> L.	9	18
Adi çuğundur— <i>Beta vulgaris</i> L.	9	18
Soğan— <i>Allium cepa</i> L.	8	16
Yerkökü— <i>Daucus carota</i>	9	18
<i>Meyvə bitkiləri</i>		
Mədəni alma— <i>Malus domestica</i> Borkh.	17	34
Adi armud— <i>Pyrus communis</i> Z.	17	34
Ərik— <i>Armrnica vulgaris</i> Mill.	8	16
Adi albalı— <i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	16	32
Mədəni gavalı— <i>Prunus domestica</i> L. Şaftalı— <i>persica vulgaris</i> Mill	24	48
Meşə çiyələyi— <i>Fragaria vesca</i> L.	8	16
Bağ çiyələyi— <i>Fragaria grandiflora</i> Ehrh.	7	14
Adi moruq— <i>Rubus Edaeus</i> L.	28	56
Rus alçası— <i>Grossularia Recliuata</i> Mill.	7	14
Qırmızı qarağat — <i>Ribes rubrum</i> L.	8	16
Qara qarağat— <i>Ribes nigrum</i>	8	16
<i>Heyvanlar</i>		
Meyvə milçəyi— <i>Drosophila melanogaster</i>	4	8
Ev milçəyi— <i>Musca domestica</i>	6	12
Çəki balığı— <i>Cyprinus carpio</i>	52	104
Çay xanısı— <i>Perca fluviatilis</i>	14	28
Triton— <i>Triturus vulgaris</i>	12	24
Ağac qurbağası— <i>Hyla arborea</i>	12	24
Yaşıl qurbağa— <i>Rana esculenta</i>	13	26

Cəld kərtənkələ— <i>Lacerta agilis</i>	19	38
Göyərçin— <i>Columba Livia</i>	40	80
Ev toyuğu— <i>Gallus gallus</i>	39	78
Adadovşanı— <i>Lepus cuniculus</i>	22	44
Ev siçanı— <i>Mus musculus</i>	20	40
Boz siçovul— <i>Rattus Norvegicus</i>	21	42
Ev iti— <i>Canus familiaris</i>	39	78
Tülkü— <i>Vulpes vulpes</i>	19	38
Ev pişiyi— <i>Felis catus</i>	19	38
İribuynuzlu qaramal— <i>Bostaurus</i>	30	60
Ev keçisi— <i>Capra hircus</i>	30	60
Ev qoyunu— <i>Ovis aries</i>	27	54
Çöl donuzu— <i>Sus scrofa</i>	20	40
Eşşək— <i>Eguus asinus</i>	33	66
At— <i>Eguus caballus</i>	33	66
Şimpanze— <i>Anthropooithecus pan</i>	24	48
İnsan— <i>Homo sapiens</i>	23	46

Material və ləvazimat. 1. Öyrənilən obyektin (soğan, buğda, paxla və s.) kökcüyünün uc hissəsinin eninə kəsiyindən hazırlanmış daimi preparatlar. 2. Mikroskop. 3. Obyektə əksətdirən aparat, yaxud okulyar toru. 4. İmmersiya yağı. 5. Qələm və şəkil üçün albom.

Hər bir bitki növünün somatik hüceyrələrində müəyyən sayda xromosom olur (cədvəl 1).

İşin yerinə yetirilməsi. Adətən, xromosomların sayını hesablamaq üçün öyrənilən bitkinin kökcüyünün eninə kəsiyindən hazırlanmış daimi preparatlardan istifadə edilir. Fiksətmə prosesindən əvvəl kökcüklərə ya zəif temperatur, yaxud da kolxitsinin (bitki mənşəli zəhər) suda məhlulu və yaxud da 8 oksinolin ilə təsir edilməlidir. Xromosomlar bu maddələrin təsiri altında bir qədər qısalır və sitoplazmada əlverişli vəziyyətdə yerləşir. Bu isə xromosomların sayılmasını nisbətən asanlaşdırır. Materialı fiksə etdikdə Navaşin, yaxud Karnua fiksəedicilərindən (hazırlanma üsulu, bax, səh, 32) istifadə olunmalıdır. Kəsikləri Heyden-Hayn hematoksilini, Nyuton gensian bənövşəyisi, yaxud Felkin Şiff reaktivi ilə rəngləmək lazımdır.

Müvafiq bitkinin kökcüklərinin eninə kəsiyindən hazırlanmış daimi preparatları mikroskopun əşya stolunun üzərində yerləşdirilir, kəsiklərə X9 obyektiv və X15 okulyar altında hər bir sıraya diqqətlə baxılır və xromosomların sayıl-

ması üçün əlverişli olan metafaza lövhələri tapılır. Xromosomlar bir-birinin üzərinə düşmədən sərbəst yerləşməlidir. Daha aydın lövhələr dəftərdə və preparatda müvafiq qeydlər aparmaq üçün nişanlanır (məsələn, 2-ci sıra, yuxarıdan 5-ci). Əgər mikroskopda preparat hərəkətdirici stol varsa, onda qeydləri üfüqi və şaquli şkalanın göstəricilərinə əsasən yazmaq olar. Tədqiq olunan bitkinin bir neçə preparatında 5–10 belə lövhə qeyd edilir.

Xromosomların sayılması əməliyyatı (mikrotomda kəşiklər alan zaman bıçaq ilə) zədələnməmiş hüceyrələrdə aparılır. Bu məqsədlə xromosomları saymazdan əvvəl nişanlanmış hüceyrələri X90 immersion obyektivlə preparatı müxtəlif dərəcədə aydınlaşdırmaqla yoxlayırlar. Mikrovinti fırlatmaqla obyektivi elə yerləşdirmək lazımdır ki, bu zaman əvvəlcə sitoplazmanın üst təbəqəsi, sonra xromosomların yuyulmuş konturları və nəhayət, daha çox aydın xromosomlar görünsün. Mikrovintin sonrakı hərəkəti zamanı xromosomlar aydınlığını itirir və yenidən sitoplazma təbəqəsi görünür. Əgər lövhə mikrotomun bıçağı ilə kəsilmişdirsə, onda xromosomlar üst, yaxud alt təbəqədə görünür.

Xromosomları maksimum dərəcə böyüdülmüş vəziyyətdə saymaq əlverişlidir. Bu məqsədlə X90 immersion obyektivdən və X10 okulyardan istifadə edilir. Xromosom sayını hesablamaq üçün onların şəklini dəqiq çəkmək lazımdır. Xromosomların şəklini çəkmək üçün PA–6, PA–4, yaxud başqa şəkilçəkən aparatlardan istifadə etmək məsləhət görülür. Şəkilçəkən aparat metafaza lövhəsinin xəyalını kənarında kağız üzərində əks etdirir. Bu zaman ucu yaxşı yonulmuş qələmi onların konturu ətrafında gəzdirməli və sıra nömrəsi ilə nömrələmək lazımdır. Xromosomlarından birinin şəklini çəkildikdən sonra ikinci xromosomun və beləliklə metafaza lövhəsində olan bütün xromosomların şəklini çəkmək lazımdır. Axırncı sıra rəqəmi tədqiq olunan növün xromosom sayına uyğun gələcəkdir.

Metafaza lövhəsində olan bütün xromosomların konturlarının şəkli çəkildikdən sonra alınan şəkillər preparatla bir daha yoxlanmalıdır. Şəkil çəkən zaman heç bir xromosomun buraxılmadığına əmin olmaq üçün şəkil üzərində onları saymaq lazımdır. Tədqiq olunan bitki və heyvan növündə

xromosom sayını dəqiq müəyyənləşdirmək üçün onları bir neçə (5–10) metafaza lövhəsində saymaq vacibdir.

TAPŞIRIQ 2

Kökcüyün meristem hüceyrələrindən hazırlanmış əzilmiş müvəqqəti preparatlarda xromosomların sayılması. Yem paxlası, soğan, yumşaq buğda, yaxud başqa bitkilərin kökcüklərindən müvəqqəti preparatlar hazırlanır. Hazırlanmış preparatlarda xromosomları saymalı.

Material və ləvazimat. 1. Yem paxlası, soğan, buğda, yaxud başqa bitkinin cüçərdilmiş toxumları. 2. Mikroskop. 3. Obyekti əksətdirən aparat. 4. Asetokarmin, yaxud asetolakmoid. 5. Ülgüc. 6. Əşya şüşəsi. 7. Örtük şüşəsi. 8. 2×5 sm ölçüdə kəsilmiş süzgəc kağızları. 9. Spirt lampası və kibrit. 10. Preparat iynəsi.

İşin izahı. Əzilmiş müvəqqəti preparatlarda xromosomların sayılması üsulu sitologiya, genetika, seleksiya və toxumçuluqda geniş tətbiq olunur. Bu üsulu ən çox şəkər çuğunduru toxumçuluğunda bitkinin poliploidliyinin təyin edilməsində tətbiq edilir. Müvəqqəti preparatlar hazırlamaq üçün asetokarmin, asetolakmoid, asetoorsein, Şiff reaktivləri işlədilir. Xromosomları saymaq üçün cavan kökcüklərin hüceyrələri daha əlverişlidir. Kökcüklər 1–2 sm-dən uzun olmamalıdır. Müvəqqəti preparatları 3–7 mm uzunluqda cavan yarpaqlardan da hazırlamaq olar. Kökcüklər və yarpaqlar qabaqcadan Karnua (3:1) fiksəedici məhlulunda fiksə edilməli və spirtə (70%-li) saxlanılmalıdır. Müvəqqəti preparatlar hazırlamaq üçün rəngləyicilər qabaqcadan hazırlanmalıdır (bax, səh. 56).

İşin yerinə yetirilməsi. 1. Əşya şüşəsi üzərinə bir damcı asetokarmin damızdırılır.

2. Fiksəedilməmiş (təzə) material ilə işləyən zaman ülgüclə kökcüyün uc hissəsindən eninə nazik qat kəsməli (bu zaman epidermislə birlikdə olan birinci kəsiyi atmalı).

3. Alınmış kəsiyi əşya şüşəsinin üstündəki asetokarmin damcısına yerləşdirməli, örtücü şüşə ilə örtməli və spirt lampasının alovunda bir neçə dəfə ehtiyatla qızdırmalı. Asetokarmin buxarlandıqca oraya yenisi əlavə edilməli.

4. Kəsiklər kifayət qədər maserasiya olunduqda (preparat iynəsi ilə örtük şüşəsini sıxdıqda kəsik dağılmağa başlayır) qızdırmanı dayandırmalı. Örtücü şüşəyə toxunmadan süzgəç kağızı ilə artıq mayeni təmizləməli.

5. Qələmlə örtücü şüşəni azca döyəcləyərək ehtiyatla preparatı əzməli və hüceyrələri bərabər miqdarda bir qatda yerləşdirməli. Bunun üçün əşya şüşəsinə kəsiyi yerləşdirməzdən əvvəl bir damcı xloralhidrat məhlulu (bax, səh. 34) damızdırmaq məsləhət görülür. Ötürücü şüşəni döyəclədikdə elə etmək lazımdır ki, o sürüşməsin.

6. Hazırlanmış preparatı mikroskopun əşya stolunda qoy-malı və yaxşı metafaza lövhələrini tapmalı.

7. Obyekti əksətdirən aparat, yaxud okulyar tordan obyektiv X 90 və okulyar X 10 olmaqla seçilmiş metafaza lövhəsindən istifadə etməklə hər bir xromosomun şəklini çəkməli.

8. Hər bir xromosomun konturu kağız üzərinə çəkildikdən sonra şəkli preparatla yoxlamaq və onun dəqiq olduğuna inandıqdan sonra xromosomları saymaq lazımdır. Xromosomların dəqiq sayını təyin etmək üçün onların hər bir preparatda 5–10 metafaza lövhəsində sayılması vacibdir.

9. Əgər preparat qabaqcadan fiksəedilmiş və spirtdə (70%-li) saxlanmış materialdan hazırlanırsa, onda kökcüklər spirtə bilavasitə əşya şüşəsində olan rəngləyici damcısına köçürülür. Sonra isə qızdırılır və əzilir. Yarpaqcıqlar qabaqcadan qatı xlorid turşusu və metil spirti qarışığında (1:1) 5 dəqiqə müddətində maserasiya edilir, su ilə 5 dəqiqə yuyulur, sonra asetokarmin, yaxud asetolakmoid ilə rənglənilir.

Əksər hallarda xromosomları saymaq üçün tədqiq olunan növün 10–15 metafaza lövhəsinin mikrofotosunu çəkir və onlarda xromosomların sayılması əməliyyatını yerinə yetirirlər.

HÜCEYRƏNİN BÖLÜNMƏSİ, MITOZ

İ.D.Çistyakov 1874-cü ildə plaun və qatırquyruğunda sporun inkişafı üzərində müşahidə apararkən ilk dəfə mitozu kəşf etmişdir. 1882-ci ildə isə Flemminq nüvənin bölünərək iki nüvə əmələ gətirdiyini təsvir etmiş və bunu mitoz adlandırmışdır.

Əmələ gələn iki yeni hüceyrənin bir bölünmədən digər bölünməyədək məruz qaldıqları ardıcıl dəyişmələrin cəmi mitotik dövr adlanır. O, interfaza və mitoz (kariokinez) kimi iki əsas dövrdən ibarətdir.

Mitotik iki proses xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Birincisi, molekulyar səviyyədə baş verib, hüceyrəni bölünməyə hazırlayır. Bu zaman DNT və xromosomların ikiləşməsi baş verir. İkincisi, bölünmə dövrü (mitoz) ikiləşmiş xromosomların yeni əmələ gəlmiş qız hüceyrələri arasında paylanır.

Hüceyrə tsikli

Hüceyrə nəzəriyyəsi haqqında fərziyyələrdən birində deyilir—hüceyrənin sayının artması, ana hüceyrənin bölünməsi sayəsində baş verir. Bu fakt hüceyrələrin “öz-özünü” törəməsi və ya onların qeyri-hüceyrəvi “canlı maddədən” əmələ gəlməsini tamamilə inkar edir. Adətən, hüceyrələrin bölünməsi əvvəldən onlarda olan xromosom aparatının reduplikasiyası (ikiləşməsi), DNT-nin sintezi ilə baş verir. Bu prokariot və eukariot hüceyrələr üçün ümumi hal hesab edilir.

Hüceyrələrin mövcud olduğu andan, yəni bölünmədən bölünmə anınadək keçən dövr hüceyrə tsikli adlanır. Hüceyrə tsiklinin davam etmə müddəti müxtəlif hüceyrə tipləri üçün müxtəlifdir. Məsələn, bakteriya hüceyrələrinin stasionar şəraitdə yetişdirilməsi 20–30 dəqiqəyə bərabər olur. Birhüceyrəli eukariot orqanizmlərdə hüceyrənin yaşama müddətində

onun hüceyrə tsiklinin davametmə müddəti uzun çəkir. Məsələn, infuzor tərliyi sutkada 1–2 dəfə bölünə bilər, amöbün cinsiyyətsiz çoxalması zamanı hüceyrə tsiklinin davametmə müddəti 1,5 sutka olub, bu temperatur və ətraf mühit şəraitindən asılıdır.

Çoxhüceyrəli orqanizmlərin hüceyrələrinin bölünmə qabiliyyəti müxtəlifdir. Belə ki, embriogenezin ilkin mərhələsində canlı orqanizmlərin hüceyrələri tez-tez bölünərsə, yaşlı orqanizmdə bu xassələr qismən azalır. Hələqəvi qurdlarda və rotatorilərdə embrional inkişaf başa çatdıqdan sonra hüceyrələr bölünmə qabiliyyətini itirir və orqanizmin böyüməsi (məsələn, askariddə) hüceyrələrin sayının deyil, ölçülərinin artması hesabına baş verir.

Ali onurğalı heyvan orqanizmlərində müxtəlif orqan və toxumaların hüceyrələrinin bölünmə qabiliyyəti eyni deyildir. Burada bölünmə qabiliyyətini tamamilə itirmiş hüceyrələr də olur. Əsasən bura ixtisaslaşmış, diferensiasiya olunmuş hüceyrələr (məsələn, mərkəzi sinir sisteminin hüceyrələri) aiddir. Orqanizmdə həmişə təzələnən toxumalar (müxtəlif epiteli toxumaları, qan, sıx və boş birləşdirici toxumalar) vardır. Bu halda belə toxumalarda bir hissə hüceyrələr vardır ki, onlar həmişə bölünür (məsələn, örtük epiteli toxumasının bazal qatının hüceyrələri, sümük iliyinin və dalağın qanyaradıcı hüceyrələri). Bu zaman işlənmiş, yaxud ölmüş hüceyrələr yeniləri ilə əvəz olunur. Adi şəraitdə çoxalma qabiliyyətini itirmiş bir çox hüceyrələr, orqan və toxumaların reperativ regenerasiya prosesi zamanı bu xassələr yenidən yarana bilər.

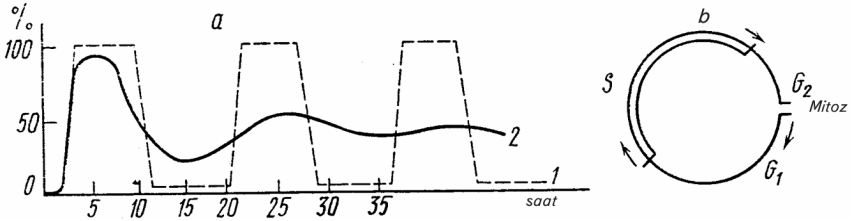
Bölünməyə daxilolma qabiliyyətinə malik olan hüceyrələrə bitki orqanizmlərində də rast gəlinir. Bu müxtəlif orqan və toxumalara başlanğıc verən kambi hüceyrələridir. İntensiv bölünən hüceyrələr, yəni regenerasiya zamanı bölünməyə yenidən başlayan hüceyrələrdir. Bu təbii şəraitdə bölünmə qabiliyyətini itirmiş diferensiasiya olunmuş hüceyrələrdir.

Çoxhüceyrəli heyvan və bitki hüceyrələri birhüceyrəli eukariot orqanizmlərdə olduğu kimi bir sıra hazırlıq prosesləri keçdikdən sonra bölünməyə daxil olur. Hazırlıq proseslərindən ən mühümü DNT-nin sintezidir.

Hüceyrənin bölünməsinin mənası reduplikasiya olunmuş genetik materialın iki, yeni əmələ gəlmiş qız hüceyrə arasında bərabər paylanmasından ibarətdir. Deməli, hüceyrənin bir bölünmə anından, digər bölünmə anınadək DNT-nin sintezi dövrünün olduğunu gözləmək mümkündür. Bu fərziyyə avtoradioqrafik eksperimentlər zamanı təsdiq edilmişdir. Əgər bölünməkdə olan bitki və heyvan hüceyrələrinə qısa müddətə DNT-nin sələfi olan nişanlanmış atom verilərsə, onda belə nişanlanmış atom yalnız eksperiment zamanı DNT-nin sintezi gedən hüceyrələrə qoşulacaqdır. İçərisində həm bölünən, həm də bölünməyən hüceyrələr olan heterogen hüceyrə populyasiyalarda nişanlanmış atom interfaza mərhələsində olan hüceyrələrin yalnız bir qisminə qoşulacaqdır. Bu müşahidə göstərmişdir ki, DNT-nin sintezi, məhz, mərhələləri olan interfazada, DNT-nin sintezi getmədiyi vaxtda baş verir. Nişanlanmış atomların bir sıra interfaza mərhələsində olan hüceyrələrdə olması onu göstərir ki, bu hüceyrələrdə DNT-nin sintezi ya başlamayıb, ya da artıq başa çatmışdır.

Bu fərziyyə belə sübut edilmişdir. Əgər hüceyrələrə impulsu nişanlanmış atom (məsələn, DNT-nin sələfi olan nişanlanmış tritiy, timidin) verib, sonra isə müəyyən fasilələrlə götürülmüş hüceyrələrdə nişanlanmış atomun paylanmasını müşahidə etdikdə aşağıdakı göstərilənləri müəyyən etmək olar. Müəyyən vaxtdan sonra götürülmüş nümunələrdə interfaza mərhələsində olan nişanlanmış atoma malik hüceyrələrə, nişanlanmamış və nişanlanmış atoma malik olmayan, bölünən hüceyrələrə rast gəlinəcəkdir. Nişanlanmış atoma malik olmayan, bölünən hüceyrələr, eksperimentə qədər DNT-nin sintezi başa çatmış hüceyrələrdir. Bir qədər sonra preparatlarda nişanlanmış bölünən hüceyrələrin üzə çıxması başlanır. Bu hüceyrələr, məhz, nişanlanmış atom daxil edilən zamanı DNT-nin sintezi gedən hüceyrələrdir, daha doğrusu, sintetik dövrdə (S-dövr) olan hüceyrələrdir. Bir neçə vaxtdan sonra yenidən nişanlanmış atoma malik olmayan, bölünən hüceyrələr meydana çıxır.

Bu hüceyrələr nişanlanmış atom daxil edilən zaman S-dövrünə daxil olmayan hüceyrələrdir. Nəhayət, yenidən nişanlanmış atoma malik bölünən hüceyrələr meydana çıxır. Bu hüceyrələr isə artıq ikinci dəfə bölünməyə daxil olan hüceyrələrdir. Əgər nişanlanmış atoma malik mitozun rastgəlmə qrafikini qursaq (şəkil 2), onda çoxzirvəli əyri alınır: qonşu zirvələr arasındakı nöqtələr hüceyrənin bir bölünmədən ikinci bölünmə anınadək keçən vaxtı—hüceyrə tsiklinin davametmə müddətini əks etdirəcəkdir. Eksperimentin başladığı vaxtdan ilk nişanlanmış mitozların meydana gəldiyi vaxta qədərki müddət— bu S-dövründən sonrakı interfaza vaxtıdır, daha doğrusu postsintetik dövr, yaxud artıq qəbul edildiyi kimi G_2 - dövr adlandırılırlar.



Şəkil 2. ^3H —timidinin bir dəfə daxil edilməsindən sonrakı müxtəlif vaxtlarda nişanlanmış mitozların miqdarının dəyişilməsi:

a—ideal əyri (1) və siçanın nazik bağırsağının kript hüceyrələrinin hüceyrə tsiklinin öyrənilməsi zamanı alınmış əyri (2). Absis oxu ilə—vaxt, ordinat oxu ilə—nişanlanmış mitozların faizi (Quastlerə görə, 1960);
b—hüceyrə tsiklini və onun ayrı-ayrı fazalarını göstərən dairəşəkilli diaqram.

Məlum olmuşdur ki, S-dövründən əvvəl presintetik dövr G_1 -dövrü, yəni DNT-nin sintezinin başlanmasından əvvəlki dövr baş verir. Nişanlanmış sələfin impulsu daxil edilməsi zamanı meydana gələn nişanlanmış hüceyrələrin faizinə görə hüceyrə tsiklinin davametmə müddətini bilməklə S-dövrünün davametmə müddətini hesablamaq olar. Beləliklə, bütün hüceyrə tsikli dörd vaxt kəsiyindən ibarətdir: həqiqi mitoz (M), presintetik (G_1), sintetik (S) və postsintetik (G_2) dövrlər.

Müəyyən edildiyi kimi, hüceyrə tsiklinin və onun ayrı-ayrı vaxt kəsiklərinin (dövrələrinin) ümumi davametmə müddəti

yalnız müxtəlif orqanizmlərdə deyil, həm də eyni orqanizmin müxtəlif orqanlarının hüceyrələrində də xeyli dərəcədə variasiya (dəyişilmə) edir. Lakin bir orqanın hüceyrələri üçün bu qiymət nisbi sabitliyə malik olur (cədvəl 2).

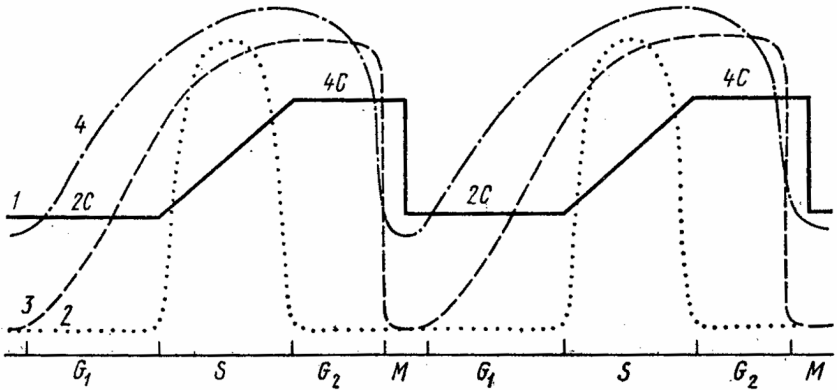
Cədvəl 2

Mitotik tsikl və onun dövrlərinin davam etmə müddəti (saatlarla)

Növ	Mitotik tsikl	Mitoz	G ₁	S	G ₂
Çöl noxudu (20°C)					
əsas kök	15,0	1,2	0,8	7,8	5,2
yan köklər	18,1	1,0	3,7	8,0	5,4
Noxud (22°C)	19,3	2,3	6,7	8,0	2,3
Qarğıdalı					
Sakitlik mərkəzin hüceyrələri	170,0	6,0	135,0	16,0	13,0
kök üsküyünün periferik hüceyrələri	22,5	2,2	6,3	6,7	7,3
Siçan					
nazik bağırsaq epitelisi	18,75	1,0	9,5	7,5	0,75
buyuz təbəqənin epitelisi					
dəri epitelisi	72,0	0,75	—	8,5	4,0
L – hüceyrələr	585,6	3,8	528	39	4,6
(Şiş fibroblosları)	20,0	1,0	9–11	6–7	3,4

Hüceyrə tsiklinin tədqiqinə həsr edilmiş bir sıra tədqiqat işləri hüceyrə tsiklinin ayrı-ayrı fazalarının ardıcılığının universallığını təsdiq etmişdir. Hüceyrə hadisələrinin belə, birmənalı istiqamətləndirilməsi çox güman ki, hüceyrə tsiklinin müəyyən mərhələlərinin hüceyrə tərəfindən keçməsinin təmin edən ayrı-ayrı genlərin funksiyalarının növbələşməsi ilə şərtlənir. Başqa sözlə, hüceyrələrin bölünməyə hazırlanması, spesifik RNT-nin ardıcıl translyasiyası, həmçinin bu RNT-lərin translyasiyasının tənzimlənməsi və spesifik zülalların sintezinin tənzimlənməsi yolu ilə gen səviyyəsində tənzim edilir. Bu nəticələr RNT və zülal sintezinin inhibitorlarının hüceyrə tsiklinin ayrı-ayrı mərhələlərinin keçməsinə təsirini öyrənən zaman əldə edilmişdir. Belə ki, məsələn, DNT-nin replikasiyasının başlanması G₁-dövründə sintez olunmuş zülallarla müəyyən edilir.

Hüceyrə tsiklinin müxtəlif dövrləri hüceyrədə zülalın, DNT və RNT-nin ümumi miqdarının olmasına görə və onların sintez olunma səviyyəsinə (intensivliyinə) görə fərqlənir. G_1 -dövründə hüceyrə nüvəsində DNT-nin miqdarı diploid ($2c$) olur, S-dövründə DNT-nin miqdarı $2c$ -dən $4c$ -yə qədər dəyişir, G_2 -dövründə DNT-nin miqdarı tetraploidə ($4c$) uyğun gəlir. Beləliklə, əgər biz hüceyrələrin bircinsli populyasiyasını öyrəniriksə, onda interfaza mərhələsində olan hüceyrələrdən DNT-nin sadə fotometriyası yolu ilə bu və ya digər hüceyrənin hüceyrə tsiklinin hansı dövründə olduğunu müəyyən etmək olar (şəkil 3).



Şəkil 3. Hüceyrə tsikli müddətində hüceyrələrin sintez səviyyəsinin diaqramı:

1—DNT-nin miqdarı, 2—DNT-nin sintezinin intensivliyi, 3—RNT-nin sintezinin intensivliyi, 4—zülalın sintezinin intensivliyi.

Hüceyrə tsiklinin müxtəlif mərhələlərində hüceyrələrdə RNT-nin miqdarı dəyişilə bilər: intensiv bölünən hüceyrələrdə RNT-nin miqdarı bütün interfaza müddətində, demək olar ki, iki dəfə artır. Bölünmədən sonra qız hüceyrələr G_1 -dövrünə daxil olur. Bu zaman qız hüceyrələrində zülal və RNT-nin miqdarı həcminə və ümumi miqdarına görə başlanğıc valideyn hüceyrələrdə olduğundan iki dəfə az olur. Bu zaman hüceyrələrin böyüməsi başlayır. Hüceyrələrin böyüməsi başlıca olaraq hüceyrə zülalının toplanması hesabına baş verir ki, bu

da nəticədə hüceyrədə RNT-nin miqdarının artması ilə müəyyən olunur. Yada salmaq lazımdır ki, mitozun bütün davametmə müddətində (profazanın sonundan telofazanın orta dövrünədək) hüceyrədə RNT-nin sintezi bütövlükdə yatırdılmış olur. Buna görə də hüceyrədə zülalların və RNT-nin toplanması yeni hüceyrə tsiklinin əvvəlində RNT-nin sintezinin yenidən başlanması ilə əlaqədardır. S-dövründə RNT-nin sintez səviyyəsi, DNT-nin miqdarının artmasına müvafiq olaraq yüksəlir. G_2 - dövrünün ortasında RNT-nin miqdarı demək olar ki, özünün maksimum miqdarına çatır. G_2 -dövrünün sonunda yaxud profazada RNT-nin sintezi mitotik xromosomların kondensasiyası dairəsinə görə kəskin dərəcədə aşağı düşür və mitozun getdiyi dövrdə yenidən tamamilə dayanır.

Mitoz dövründə zülalın sintezi ilkin səviyyə olduğundan 25%-ə qədər aşağı düşür və sonra növbəti dövrlərdə, daha doğrusu, G_2 -dövründə özünün maksimum miqdarına qədər yüksəlir ki, bu da RNT-nin sintezinin ümumi xarakterini təkrar edir.

İnterfazanın ayrı-ayrı dövrləri bir-birindən yalnız DNT, RNT və zülalın sintez olunma fəallığına və ümumi miqdarına görə fərqlənir, onlar həmçinin sintez olunan RNT və zülalların xarakterinə görə də fərqlənir.

Presintetik dövr (G_1) hüceyrələrin böyüməsi və DNT-nin sintezə hazırlanması ilə xarakterizə olunur. Amöb üzərində aparılmış eksperimentlərə əsasən müəyyən edilmişdir ki, hüceyrə tsiklinin getməsi üçün hüceyrə kütləsinin müəyyən həcmdə olması çox zəruridir. Amöb kütləsinin təxminən iki dəfəyə qədər artmasına qədər böyüyür və bundan sonra bölünməyə başlaya bilər. Əgər böyümə dövründə amöbdən sitoplazmanın bir hissəsi kəsilərsə, onda bölünmə ləngiyə bilər. Onun bölünməsi üçün o, hökmən müəyyən ölçüyə qədər böyüməlidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, amöbün bölünməsinin ləngiməsi hər şeydən əvvəl hüceyrənin sitoplazmasında, onun mitotik tsiklin müvafiq dövrlərinə daxil olmasını müəyyən edən xüsusi zülalların kifayət qədər toplanmaması ilə əlaqədardır. Bəzi tədqiqatçılar hesab edir ki, G_1 -dövründə hüceyrələrin böyüməsi bilavasitə sitoplazmanın müəyyən "kritik kütləyə" çatması üçün zəruridir. Bu isə, öz növbəsində, S-dövründə DNT-nin

sintezinin başlanmasını müəyyən edir. Aşkar olmuşdur ki, G_1 -dövründə zülal yaxud RNT-nin sintezinin ləngidilməsi (yatırılması) S-dövrünün başlanmasının qarşısını alır. Bu, DNT-nin replikasiyasının başlanması üçün zəruri olan təşəbbüskar-zülalın (yaxud zülallar) olması haqqında təsəvvür yürütməyə gətirib çıxarır. Güman edilir ki, təşəbbüskar-zülalın sintezi G_1 -dövrünün bütün gedişi boyu baş verir və hüceyrədə onun qatılığı minimumdan çox aşağı olduğu zaman isə sintez dayanır. G_1 -dövrün gedişi müddətində DNT-nin sələfinin (məsələn, nukleotidfosfokinaz) əmələ gəlməsi, həmçinin RNT və zülalın metabolizmi üçün zəruri olan fermentlərin sintezi baş verir. Bu, hüceyrədə RNT və zülal sintezinin yüksəlməsi ilə üst-üstə düşür. Bu zaman energetik mübadilədə iştirak edən fermentlərin fəallığı kəskin dərəcədə yüksəlir. G_1 -dövrünün bütün bu metabolik xüsusiyyətləri onun DNT-nin sintezi üçün hazırlıq mərhələsi olduğunu hesab etməyə əsas verir.

Yuxarıda göstəriləyi kimi, G_1 -dövrünün davametmə müddəti güclü variasiya edə bilər. Bir sıra hallarda DNT-nin sintezi ilkin G_1 dövrü olmadan da başlaya bilər. Bu dəniz kirpisiyə yumurtanın xırdalanması (bölünməsi) mərhələsinin əvvəlində, yəni metafazanın sonunda nişanlanmış atomun nüvəyə qoşulduğu zaman baş verir. Maraqlıdır ki, bu halda xırdalanma (bölünmə) qız hüceyrələrin böyüməsi ilə əlaqədar deyil, əksinə, müəyyən mərhələyə qədər hüceyrələrin ölçüsü azalır. Çox güman ki, hüceyrələrin S-dövrünə daxil olmasını müəyyən edən zülal və RNT-nin sintezi hələ əvvəlki hüceyrə tsiklinin mitozunda baş verir. Miksomitset fizarum plazmodilərində nüvənin bölünməsi və bir sıra şiş hüceyrə xətlərinin, həmçinin bir sıra ibtidailərin bölünməsi zamanı G_1 -dövrü olur.

Hüceyrə tsiklində sintetik dövr əsas rol oynayır. Onun blokada yolu ilə təcrid edilməsi mitotik tsiklin dayanmasına səbəb olur. Hüceyrələr DNT-nin sələfinin, tipinin artığını verməklə S-dövrünü dayandırmaq (ləngitmək) olar. Bu zaman bütün hüceyrələr S-dövründə bloklanır. DNT-nin sintezi baş vermədən hüceyrələrin mitotik bölünməyə daxil olma hadisəsi mümkün deyildir. Meyoz zamanı cinsiyyət hüceyrələrinin yetişməsində ikinci bölünmə istisnalıq təşkil edir, belə ki, iki bölünmə arasında S-dövrü baş vermir. S-döv-

rünün davametmə müddəti DNT-nin replikasiya sürətindən (o, müxtəlif obyektlərdə 0,5–2 mkm/dəq dəyişə bilər), replikonların sayından və ölçüsündən, qoşulmuş replikonların sayından, DNT-nin ümumi miqdarından asılıdır. Belə ki, S-dövrünün ümumi davametmə müddəti dəniz kirpisinin xırdalanma yolu ilə bölünən hüceyrələrində (30 dəqiqəyə yaxın) və elə bu orqanizmin rüşeym hüceyrələrində (bir neçə saat) heyrət doğuracaq dərəcədə fərqlidir. 15 günlük siçovulların embrionunun bağırsağ çöpü hüceyrələrində S-dövrünün davametmə müddəti 7 saata, lakin 15 günlük siçovullarda isə bu 4,5 saata bərabərdir. Bu onunla izah olunur ki, qısa S-dövründə replikasiyaya replikonların böyük əksəriyyəti qoşulur. S-dövrünün davametmə müddəti hər hüceyrədə DNT-nin miqdarından birbaşa asılılığı ali bitkilərdə müşahidə edilir. Lakin həm bitkilərdə və həm də heyvanlarda poliploid hüceyrələrdə S-dövrünün davametmə müddəti diploid hüceyrələrlə müqayisədə dəyişilmir.

S-dövrünün keçməsi üçün hələ G_1 -dövründə başlanmış RNT və zülalların sintezi zəruridir. Hüceyrədə DNT-nin sintezi ilə paralel olaraq sitoplazmada histonların da intensiv sintezi gedir. Bu zaman onların nüvəyə miqrasiyası baş verir və DNT ilə birləşir. S-dövründə artıq G_1 -dövründə mitoz üçün zəruri olan zülalların sintezi prosesində istifadə olunan, rRNT-nin sintezi baş verir.

Postsintetik (G_2) fazanı premitotik faza da adlandırırlar. Bu zaman müəyyən edilmişdir ki, mitoz bölünmənin növbəti mərhələlərinin getməsi üçün onun çox böyük əhəmiyyəti vardır.

G_2 -dövrünün davametmə müddəti interfaza mərhələsinin digər dövrlərinə nisbətən həmişə az çəkir. Bəzi hallarda o, ümumiyyətlə baş verməyə də bilər. Bir sıra zambaqkimilərin mikrosporositlərində S-dövründən o dəqiqə sonra hüceyrə bölünməsi profaza mərhələsi başlanır. Bəzi hallarda hüceyrələr uzun müddət G_2 -dövründə qala bilər. Siçanın qulağında epidermis, cücənin qida borusunun epiteli hüceyrələri və b. - ları belə hüceyrələrdəndir.

G_2 -dövründə hüceyrə RNT-nin və zülalların sintezi davam edir. Elə bu zaman mitozun getməsi üçün zəruri olan mRNT-nin sintezi baş verir. Bundan bir az əvvəl isə hüceyrələrin

bölünməsinə müəyyən edən zülalların sintezində iştirak edən ribosom—RNT-si sintez olunur. Bu “bölünmə zülallarının” sintezi G_2 -dövründə baş verir. Bu zaman sintez edilən zülalların arasında xüsusi mitotik iylərin zülalları—tubulinlər diqqəti cəlb edir. Məlum olmuşdur ki, bəzi hallarda yeni sintez olunmuş tubulinlər növbəti hüceyrə tsiklində də istifadə oluna bilər. Bu dövrdə gələcək G_1 -dövrünün baş verməsi üçün RNT-nin sintezi və növbəti S-dövrünün inisiasiyası üçün zəruri olan zülalların da bir hissəsinin sintezi baş verir. Beləliklə, görünür ki, onun telofaza müddətində ayrı-ayrı fazalarının getməsi üçün zəruri olan makromolekulların sintezi bir qədər qabaqcadan baş verir: G_2 -dövründə mitoz və növbəti G_1 -dövrü üçün makromolekulların, G_1 -dövründə S-dövrü üçün, S-dövründə G_2 və G_1 dövrləri üçün sintezlər və s. baş verir.

Hüceyrə tsikllərinin ardıcılığının belə müntəzəm təkrar olunmasını toxuma kulturasının hüceyrələrinin progressiv böyüməsi zamanı asanlıqla müşahidə etmək olar. Təbii şəraitdə bitki və heyvanların böyüyən toxumalarında həmişə “tsikldən kənar” hüceyrələr olur. Onlar G_1 -dən S-ə, G_2 və sonra M-fazaya müntəzəm sürətdə keçmir. Bu hüceyrələri G_0 -dövrünün hüceyrələri adlandırmaq qəbul edilmişdir. Məhz bu hüceyrələr sakitlik dövrünün, bölünməyən, dayanmış hüceyrələridir. G_0 -dövrünün belə hüceyrələri öz morfoloji xüsusiyyətlərini dəyişdirmədən uzun müddət bəzi toxumalarda yerləşir: onlar bölünmə qabiliyyətini saxlayaraq, kambial, az diferensiasiya etmiş hüceyrələrinə (məsələn, qanyaradıcı toxumalara) çevrilir. Əksər hallarda bölünmə qabiliyyətinin itirilməsi (qısa müddətə olsa da), hüceyrələrin ixtisaslaşması, diferensiasiyası ilə müşayiət edilir. Bu halda diferensiasiyalınmış hüceyrələr tsikldən çıxır, lakin xüsusi şəraitdə onlar yenidən tsiklə daxil ola bilər. Belə ki, məsələn, qaraciyərin hüceyrələrinin əksəriyyəti G_0 -dövründə olur; onlar DNT-nin sintezində iştirak etmir və bölünür. Lakin, əgər qara ciyərin bir hissəsi kənar edilərsə, onda hüceyrələrin çoxu mitoz (G_1 -dövrünə) hazırlaşmağa başlayır, DNT-nin sintezinə daxil olur və mitoz yolla bölünə bilər. Başqa orqanlarda, hüceyrələr hüceyrə

tsiklindən çıxaraq geri dönməyən diferensiasiya olunur və həmişəlik bölünmə qabiliyyətlərini itirir. Belə hal neyronlarda baş verir: neyroblastlar, embrional sinir hüceyrələri, bir neçə hüceyrə bölünməsindən sonra çoxalma qabiliyyətlərini itirir, diferensiasiya olunur və orqanizmlərin həyatının sonunadək bu vəziyyətdə qalır. Başqa hallarda, məsələn, çoxqatlı dəri epitelisində bölünmə və diferensiasiya tsiklindən çıxdıqdan sonra hüceyrələr bir müddət fəaliyyətdə olur, sonra isə məhv olur (örtük epitelisinin buynuzlaşmış hüceyrələri). Əgər, bütövlükdə dəri epitelisi nəzərdən keçirilərsə, onda burada bütün hüceyrə tipləri ilə qarşılaşmaq olar. Epitelin bazal qatında ^3H —timidin nüvəyə daxil olması baş verir, belə ki, bu hüceyrələr daima yenidən yaranma tsiklində olan hüceyrələrdir. Orada, həmçinin, həm nişanlanmış atoma, həm də diferensial vəziyyətə keçən bir neçə hüceyrə də görmək olar. Bunlar sakitlik mərhələsində olub, az diferensiasiya olunmuş hüceyrələrdir. Dərinin epiteli qatının əsas kütləsində isə bölünmədən sonra G_0 -fazasına keçmiş, diferensiasiya olunmuş, həmişəlik bölünmə qabiliyyətini itirmiş, məhv olmuş bazal qatının hüceyrələrinin nəslini təşkil edir. Buna oxşar hala bütün yeniləşən toxumalardan: bağırsağ epitelisində, sümük iliyyində, dalaqda, limfa düyünlərində müşahidə olunur. Bitkilərdə bu cür vəziyyətdə kökün, budaqların böyüyən hüceyrələrində, tumurcuqlarında və s. müşahidə edilə bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, çoxhüceyrəli yetkin orqanizmlərdə hüceyrələrin çox hissəsi G_0 -dövründə olur.

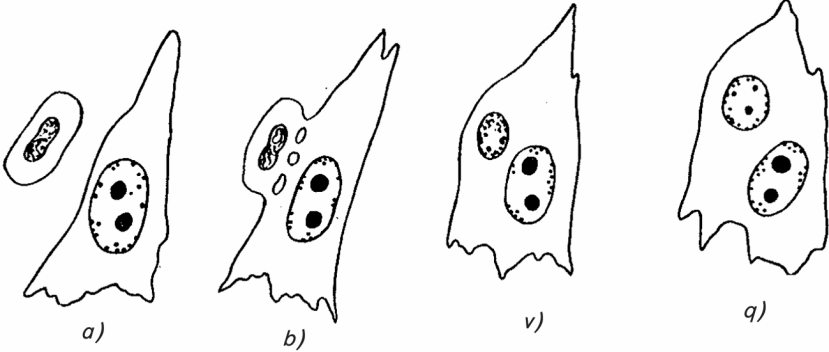
Hüceyrələrin çoxalma qabiliyyətinin öyrənilməsi, sitoloqların köhnə nəticələrini təsdiq etdi — hüceyrənin ixtisaslaşması nə qədər yüksək olarsa, onun bölünmə qabiliyyəti bir o qədər aşağı olar, elə bil ki, hüceyrədə seçicilik var: ya çoxalmaq, ya da diferensiasiya olunma baş verir.

Beləliklə, təbii şəraitdə hüceyrə tsiklinin fazalarının əvəz olunması G_0 -fazaya keçmə kimi qəti surətdə determinə olunmuşdur. Təbii ki, ortaya belə bir sual çıxır, hüceyrənin müxtəlif hallarda olmasını müəyyən edən nədir, hansı amillər hüceyrənin bir fazadan digər fazaya keçməsinə tənzimləyir?

Son zamanlar müxtəlif tip hüceyrə populyasiyaları üçün G_0 -mərhələsinin geri dönmə, daha doğrusu ilkin vəziyyətə qayıtma qabiliyyətinə malik olduğu göstərilmişdir. Əgər

yaşlı qurbağanın G_0 -fazada olan baş beyin sinir hüceyrələrindən nüvə götürülərək yetkin oositə yerləşdirilərsə, onda belə nüvə oosit sitoplazmasının hansısa amillərinin təsiri altında DNT sintez etməyə başlayacaqdır.

Hüceyrə tsiklinin detirminasiyasının öyrənilməsi üçün başqa bir misal kimi heterokarionların açılması üsulundan istifadə edilə bilər (şəkil 4). Bu üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, hüceyrələri fəallıqdan saxlayan bəzi viruslarla təmasda olduqdan sonra qonşu hüceyrələr yapışmağa başlayır, onların sitoplazmaları qarışır və nəticədə ikinüvəli hüceyrələr—dikarionlar (bu üsulla üç, yaxud dörd hüceyrə birləşə bilər, nəticədə tri- və tetrakarionlar yaranır) əmələ gəlir.



Şəkil 4. İnsan fibroblastı ilə toyuğun nüvəli eritrositindən heterokarionun əmələ gəlməsi:

a—iki ayrı hüceyrə, *b*—onların plazmatik membranlarının qovuşması və hüceyrə möhtəviyyatının birləşməsi,
v, q —eritrositin nüvəsinin aktivliyi mərhələləri.

Əgər eksperimentdə müxtəlif xassəli, yaxud müxtəlif mənşəyə malik hüceyrələr istifadə edilərsə, onda onların birləşməsindən sonra müxtəlif nüvəli hüceyrələr, daha doğrusu, heterokarionlar əmələ gəlir. Beləliklə, bu üsuldan istifadə etməklə tamamilə müxtəlif mənşəli canlı hüceyrələrin, məsələn, insan və toyuğun hüceyrəsinin birləşməsini almaq olar.

RNT və DNT-ni intensiv sintez edən insanın şiş hüceyrələrini götürmək olar və onları nüvələri G_0 -dövründə olub, nə RNT, nə də DNT sintez etməyən nüvəli toyuq eritrositlərini birləşdirib heterokarion almaq olar. Təbii şəraitdə nüvəli eritrositlər qan-damarlarının daxilində az vaxt yaşayır və tez məhv olur. Heterokarionda bu cür eritrositin nüvəsi dəyişilməyə başlayır, böyüyür və onda əvvəlcə RNT, sonra isə DNT sintez olunmağa başlayır.

Beləliklə, G_0 -dövründən olan nüvə məcburiyyət qarşısında mitotik tsiklə qoşula bilər. Əgər heterokarionu G_0 -dövründə olan iki hüceyrədən, məsələn, mikrofaq və limfositdən alınsa, onda belə induksiya müşahidə edilmir. Hüceyrələrdən birinin sitoplazması hansısa bir yolla nüvələrdən birinin vəziyyətinin fazasını müəyyən edir. Bu zaman fazaların vaxtına görə daha çox irəli çəkilməyə tərəf induksiya müşahidə olunur. Belə ki, əgər biri interfaza mərhələsindən, lakin digəri bölünən hüceyrə olan iki hüceyrə birləşirsə, onda birinci hüceyrənin nüvəsində vaxtından əvvəl profaza xromatinin kondensasiyası, G_1 və S-dövrələrində olan hüceyrələrin heterokarionunda G_1 -dövründəki hüceyrələrin nüvəsində DNT-nin sintezi induksiya olunur. S və G_2 -fazalarının hüceyrələrindən olan heterokarionda S-fazanın hüceyrələrinin nüvəsində DNT-nin sintezi dayanır. Çox güman ki, dəyişmənin belə bir tipi sitoplazma amillərinin induksiyaedici təsirindən asılıdır. Əgər heterokariondan interfaza mərhələsində olan hüceyrələrdən çoxlu nüvə və 1–2 mitotik fiqur olarsa, onda interfaza hüceyrələrinin nüvələrindən xromosomların kondensasiyası baş verir. Lakin əksinə, mitotik fiqurlardakı xromosomlar dekondensasiya olunmağa və mikro-nüvələr əmələ gəlməyə başlayır.

Heterokarionların süni yolla alınmasının analoji proseslərinə təbii şəraitdə də rast gəlmək olar. Belə ki, məsələn, soyuqdəymə zamanı birləşdirici toxumada iki qonşu hüceyrənin birləşməsi nəticəsində əmələ gələn çoxnüvəli “yad cisim hüceyrələri” meydana çıxır.

Heterokarionların əmələ gəlməsinin somatik hüceyrələr arasında əsil hibridlərin alınması üçün müvəffəqiyyətlə istifadə

oluna bilər. Əgər iki hüceyrədən əmələ gəlmiş heterokariondan hər iki nüvə mitozla daxil olarsa, onda mitotik fiqurların birləşməsi ilə əsil hüceyrə hibridi əmələ gəlir. Hazırda bu üsul genetik molekulyar-bioloji tədqiqatlarda geniş istifadə olunur. Somatik hüceyrələrin hidribləşməsi hüceyrə genotiplərini süni yolla yaratmaq üçün hüceyrə və gen mühəndisliyinin yaranmasına imkan yaradır. Hibrid hüceyrələrini bitki obyektlərindən də almaq olar. Belə ki, vahid bir hüceyrədən bütöv, yəni yetkin bitki yetişdirmək olar.

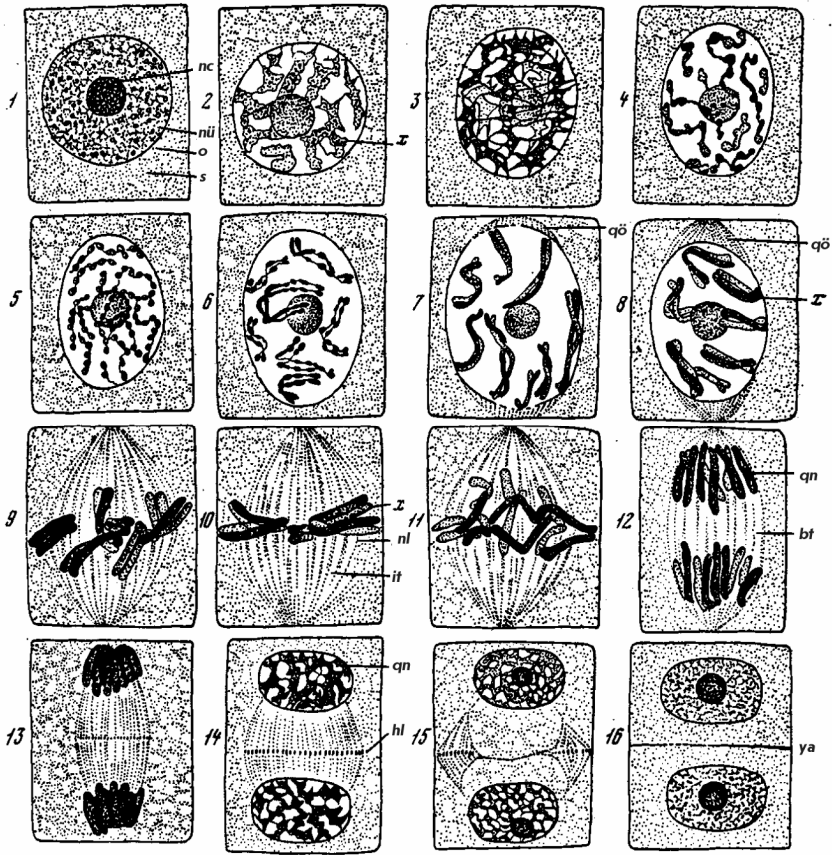
Mitoz prosesi kəmiyyətə bir-birindən fərqlənən bir neçə faza ilə həyata keçir (şəkil 5). Hər bir fazada sonrakı fazaya keçid prosesləri gedir. Bu və ya digər fazanın getməsi üçün əlverişli şərait olmadıqda mitoz prosesi pozulur.

Profazanın başlanğıcı sitoplazmada xüsusi fiziki-kimyəvi dəyişikliklərlə xarakterizə olunur. Bu zaman hüceyrənin möhtəviyyəti günəş şüalarını sındıra biləcək dərəcədə qatılaşır.

Xromosomlar öz aralarında bütün uzunluğunu sıxlaşmış, uzununa burulmuş iki xromatid telindən ibarət formada olur. Artıq bu mərhələdə xromosomlardan çox da böyük olmayan, şəffaf, dairəvi sentromer adlanan sahəni görmək mümkündür. Bu tədricən xromosomun ilkin qurşağına çevrilir və xromosomların qalınlaşması nəticəsində daha aydın seçilir. Profazanın başlanğıcında xromosomlar əvvəlcə bütün nüvə boyu bərabər paylanır, sonra nüvənin kənarlarına çəkilir. Profazanın sonunda nüvənin membranı dağılır, nüvədə olan nüvəciklər də tədricən itir.

Prometafaza nüvə membranının dağılması və hüceyrənin mərkəzində xromosomların ekvatora doğru çəkilməyə başladığı seyrək sahənin əmələ gəlməsi ilə xarakterizə olunur.

Müəyyən edilmişdir ki, xromosomların spirallaşması prosesi metafaza mərhələsinə qədər davam edir. Ekvator iyləri sahəsində xromosomlarla əmələ gələn konfigurasiya ekvatorial lövhə adlanır. Bu zaman metafazanın əsas fərqləndirici xüsusiyyəti sentromerlərin qütblərdən bərabər məsafədə



Şəkil 5. Ali bitkilərdə nüvə və hüceyrənin, mitoz bölünmənin ardıcıl mərhələləri:

nü—nüvə; nc—nüvəcik; np—nüvə pərdəsi; s—sitoplazma;

x—xromosomlar; qö—qütb örtüyü; it—iy telləri;

nl—nüvə lövhəsi; qn—qız nüvə;

bt—birləşdirici tellər; hl—hüceyrə lövhəsi; ya—yeni arakəsmə.

1—sakitlikdə olan nüvə; 2–8—bölünməkdə olan profaza;

9–10—metafazalar; 11–12—anafaza; 13–15—telofazalar; 16—sakitlik dövründə olan qız hüceyrələrinin nüvəsi (Strasburger, Koernicke, 1913).

bir müstəvidə yerləşməsindən ibarətdir. Metafaza lövhəsinin konfigurasiyası hüceyrələrin tipindən asılıdır. Daha xırda xromosomlar lövhənin mərkəzində, iriləri isə kənarında yerləşir. Mitozun bu mərhələsində hər bir xromosom, aralarında uzununa yarıq olan iki maksimum qısalmış xromatiddən ibarət olur. Bu fazada hər bir növ üçün xromosomların sayı müəyyən edilir, həmçinin onların morfoloji strukturu öyrənilir. Deməli, metafaza mərhələsində xromosomlar hər iki qütbədən bərabər məsafədə iy tellərinə perpendikulyar düzəlir, lakin xromosomların sentromerləri ekvatorial müstəvidə yerləşir. Onların çiyinləri isə ondan kənarında qala bilir.

Xromosomların metafazada ekvatorial sahədə yerləşməsi hüceyrənin hər iki qütübünün onların bərabər təsiri ilə izah edilir. Metafaza mərhələsi mitozda sanki pauza hesab edilir. Belə ki, bu mərhələdə mitotik aparat nisbi sakitlik vəziyyətində olur.

Metafazanın davam etmə müddəti müxtəlif hüceyrələrdə dəyişkəndir, lakin müəyyən tip hüceyrələr üçün sabitdir. Xromosomlar metafaza lövhəsində düzülərək sanki aralanmaq üçün ilkin vəziyyətə qaydır. Qız xromosomlar hələ də kinetoxorlarla möhkəm birləşmişdir, lakin onların çiyinləri bir-birindən asanlıqla aralanır.

Anafazada ekvator müstəvisində olan xromosomların hüceyrənin əks qütblərinə çəkilməsi baş verir. Bu zaman iy tellərinin hərəkəti aktiv olduğu halda, xromosomların hərəkəti xeyli dərəcədə passiv olur. Son illərdə elektron mikroskopunun köməyi ilə aparılan tədqiqatların inkişafı və nailiyyəti, elektron kino çəkilişlərinin tətbiqi, həmçinin canlı hüceyrələrin tədqiq olunması metodlarının dəqiq hərəkətmə sürətini və yolunu müəyyənləşdirmək mümkün olmuşdur. Belə ki, onlar dəqiqədə 0,2-dən 5 mkm-dək sürətlə hərəkət edir.

Anafazada xromosomlar qütblərə çəkilən zaman kinetoxorlarla irəliyə doğru hərəkət edir.

Ekzogen və endogen amillərin təsiri nəticəsində kinetoxorlardan məhrum olmuş xromosomların fraqmentləri sitoplazmaya düşərək iy tellərindən aralanır və nəticədə qütblərə çəkilir.

Xromosomların iy telləri vasitəsilə aktiv surətdə qütblərə çəkilməsini belə bir faktla göstərmək olar. Əgər xromotidlərin qırılması nəticəsində alınan fraqmentlər disentrik xromosom əmələ gətirməklə birləşirsə (iki kinetoxorla), onda müxtəlif qütblərdən olan iylərin kinetoxorlarına birləşərək onu əks tərəflərə çəkir. Belə xromosom əvvəlcə qütblərə çəkilmiş iki xromosom qrupları arasında “körpü” əmələ gətirir, lakin tezliklə qırılır.

Qeyd etmək lazımdır ki, xromosomların hərəkəti təkcə iy tellərinin yığılması ilə deyil, bu zaman hüceyrənin özünün uzanması ilə də əlaqədardır. Bununla qütblərarası məsafə artır, nəticədə xromosomların əks qütblərə çəkilməsi baş verir.

Beləliklə, anafazada kinetoxorlara birləşmiş qız xromosomlar bir-birindən ayrılır və əks qütblərə doğru hərəkət edir. Buna görə də anafaza mərhələsində qabaqcadan ikiləşmiş xromosomların hər bir qrupu yeni qız hüceyrələrin nüvəsinə başlanğıc verir.

Ekvatorlarda olan qız xromosom qruplarının qütblərə çəkilməsi başa çatdıqdan sonra telofaza mərhələsi başlanır. Bu mərhələdə yenidən formalaşan nüvənin interfaza quruluşunun bərpası üçün xromonemlərin spirallaşması tədricən açılır. Xromonemlərin spiralsızlaşması prosesi telofazanın başlanğıcında hələ qütblərdə iki kompakt xromosom qrupunun əmələ gəldiyi zaman başlanır. Sonra isə onlar tədricən öz sahələrinin aydınlığını itirir. Bu zaman onların euxromatin sahəsinin tam spirallaşması açılır, lakin heteroxromatin sahə zəif spirallaşmanı saxlamaqla xromosentrlərin formalaşmasında iştirak edir. Eyni zamanda xromosomların spiralsızlaşması ilə yanaşı endoplazmatik şəbəkə maddəsinin xromosomlar ətrafına toplanması nəticəsində yenidən əmələ gələn qız nüvənin xarici qılaflı bərpa olunur. Elə bu vaxt xromosomlar ətrafında əmələ gələn qabarcıqların qarışması ilə nüvənin daxili qılaflı əmələ gəlir. Nüvənin tam bərpa olunması xromosomların spirallaşmasının açılmasının qurtarması və nüvəciyin əmələ gəlməsi ilə başa çatır.

Sitogenez anafazanın sonu, yaxud telofazanın başlanğıcında sitoplazmanın ayrılması ilə baş verir. Heyvan hüceyr-

rələrində ekvatorun qütbündə şırım əmələ gəlir və dərinləşir. Belə bir şırımın əmələ gəlməsi sitoplazmanın üst təbəqəsinin halqavarı sahəsinin yığılması kimi təsəvvür edilir.

Mitozun davametmə müddəti dəyişkəndir. Mayalanmış yumurtahüceyrənin bölünməsi zamanı mitoz daha sürətli keçir: məsələn, drozofilin yumurtahüceyrəsi bölündükdə mitozun davametmə müddəti 9–10 dəqiqə olur. Somatik hüceyrələrdə mitoz prosesinin müddəti bir qədər çoxdur. Belə ki, mitoz at paxlası və noxudun kökcük hüceyrələrində 150–170 dəqiqə, siçanın bağırsaq hüceyrələrində 30 dəqiqə, fibroblastların toxuma kulturasında 23 dəqiqəyə başa çatır.

Mitoz prosesində ayrı-ayrı fazaların davametmə müddəti də eyni olmayıb xeyli dəyişkəndir.

Təcrübənin qoyulması

Müxtəlif orqanizmlərin kariotipləri ilə və hüceyrənin bölünməsi —mitozla tanışlıq, həmçinin xromosomun incə quruluşunun öyrənilməsi.

Material və ləvazimat. Sitoloji preparatlar: paxla (*Vicia faba* L.) kökcüyünün uc hissəsi, eninə kəsiklər: soğan (*Allium fistulosum* L.) kökcüyünün uc hissələrinin hüceyrələrində sitogenez: yumşaq buğda (*Trificum aestivum* L.) kökcüyün uc hissəsinin eninə kəsikləri. Stolüstü lupalar (binokulyar), işıq mikroskopları, əşya və örtücü şüşələr, ucu iti iynələr, asetokarmin, xloralhidrat, süzgəc kağızı, pinset, lanset və damcıladıcı.

TAPŞIRIQ 4

MÜVƏQQƏTİ SİTOLOJİ PREPARATLARIN HAZIRLANMA ÜSULLARI

Asetokarmin, asetolakmoid və asetoorseinin hazırlanması ilə tanışlıq. Asetolakmoidli və asetokarminli müvəqqəti pre-

paratlar hazırlamaq. Müvəqqəti preparatları daimi preparatlara çevirmək.

Material və ləvazimat. 1. Tədqiq olunan bitkinin cücərdilmiş toxumları. 2. Spirt qabı. 3. Əşya və örtücü şüşələri. 4. 3x2 sm ölçüdə kəsilmiş süzgəc kağızları. 5. Lanset. 6. Preparat iynəsi. 7. Kibrit. 8. 45%-li buzlu sirkə turşusu. 9. İçerisində asetolakmoid, yaxud asetokarmin olan, həmçinin tıxaca damcıladıcı yerləşdirilmiş kiçik kolbalar. 10. 96%-li spirt.

İşin yerinə yetirilməsi. Tədqiq olunan material ilə ətraflı tanış olmaq məqsədilə daimi preparatlar hazırlanmazdan əvvəl müvəqqəti preparatlar hazırlamaq məqsədəuyğundur. Bundan başqa, bir çox hallarda bölünən hüceyrələrin öyrənilən ümumi hüceyrələrə olan nisbətini (mitotik aktivliyi) tapmaq, xromosom dəyişmələrini anafaza və metafaza üsulu ilə hesablamaq, bitkilərin kariotipini öyrənmək üçün, həmçinin, dişiciyin ağızcığında tozcuğun cücrəmə xüsusiyyətlərini, sporogenez və qametogenezi, eləcə də başqa prosesləri öyrənmək məqsədilə müvəqqəti preparatlardan istifadə edilməsi çox əlverişlidir. Bu məqsədlə əvvəlcədən tədqiqat üçün hazırlanmış bitkinin quru toxumları termostatda 24–25°C temperaturda Petri kasasında cücərdilir. Cücərtilər lazım olan uzunluğa çatdıqda fiksə edilir. Noxud cücərtiləri 0,8–1,0 sm, soğan 0,6–0,8 sm, paxla 1–1,2 sm, buğda 0,8–0,1 sm, *Crepis capillaris* 0,6–0,8 sm uzunluğa çatdıqda, yəni ilk mitozun normal getdiyi mərhələdə fiksə edilməsi məsləhət görülür. Sitoloji tədqiqatlar üçün çoxlu miqdarda fiksəedici qarışıqlardan istifadə edilir. Fiksəedici məhlulun seçilməsi bilavasitə qarşıya qoyulmuş məqsəddən asılıdır. Bitki toxumları ilə işlədikdə fiksə üçün Karnua məhlulundan istifadə edilir. Karnua məhlulunun hazırlanması üçün mütləq spirtlə buzlu sirkə turşusunun 3:1 nisbətli qarışığından (məsələn, 120:40 ml) istifadə edilir. Fiksasiya prosesi preparatların hazırlanmasında başlanğıc, eyni zamanda fəvqəladə mərhələdir. Fiksəedici məhlul sürətlə hüceyrənin daxilinə nüfuz edərək hüceyrə strukturunda xüsusi dəyişiklik törətmədən onu öldürməlidir (bölünməni dayandırmalıdır). Fiksəedici məhlul hüceyrənin tərkibində olan maddələri həllolmayan formaya çevirməlidir. Sonra preparatların işlənməsində

(suda yuyulma, spirtdən keçirmə və s.) bunun böyük əhəmiyyəti vardır.

Müvəqqəti preparatları hazırlamaq üçün əksər hallarda asetokarmin, asetolakmoid və asetoorsein rəngləyici məhlullarından istifadə edilir.

Rəngləyici və fiksəedici maddələrin hazırlanması.

Asetokarmin rəngləyicisini hazırlamaq üçün həcmi 200–250 ml olan şüşə kolbaya 55 ml distillə edilmiş su və 45 ml buzlu sirkə turşusu tökülür. Bu kolbaya həmçinin 2–4q quru asetokarmin tozu əlavə edilir və yaxşı qarışdırılır. Bundan sonra qatışıq su hamamında bir saat qaynadılır. Qaynama müddəti başa çatdıqdan sonra məhlul soyudulur və süzülür. Süzülmüş məhlul boğazı hermetik olan damcıladıcı kolbaya tökülür. Belə kolbalarda rəngləyici məhlul xarab olmadan uzun müddət qala bilir.

Sitogenetik tədqiqat işlərində asetokarmin ilə yanaşı asetolakmoid rəngləyicisindən də geniş istifadə edilir. Buna görə də, asetolakmoid rəngləyicisini hazırlamaq üçün həcmi 200–250 ml olan şüşə kolbaya 40 ml distillə edilmiş su və 60 ml buzlu sirkə turşusu töküb su hamamında qaynadırlar. Məhlul qaynamağa başladıqdan sonra oraya 1 q lakmoid əlavə edilir və 5 dəqiqə qaynadılır. Sonra qaynar məhlul süzülür. Süzülmüş asetolakmoid məhlulunda çöküntü olduqda onu yenidən süzmək lazımdır. Belə hazırlanmış asetolakmoid rəngləyicisi uzun müddət qala bilər. İstifadə etmək üçün rəngləyicidən damcıladıcıya, yaxud da ağızına damcıladıcı keçirilmiş penisillin şüşəsinə tökülməsi məsləhət görülür.

Asetoorsein rəngləyicisini hazırlamaq üçün həcmi 150–200 ml olan şüşə kolbaya 45 ml buzlu sirkə turşusu tökərək boğazına şüşə qıf keçirilir və su hamamında qaynayana qədər qızdırılır. Qaynayan buzlu sirkə turşusunun üzərinə 1 q orsein əlavə olunaraq həll edilir və məhlul soyudulur. Sonra onun üzərinə 55 ml distillə suyu əlavə edilir və yaxşıca çalxalayıb süzülür. Yuxarıda göstəriləni kimi, işləmək üçün rəngləyicidən bir qədər damcıladıcı kolbaya tökülür.

Həmin boyayıcıdan damcıladıcı ilə qabaqcadan sınaq şüşəsinə salınmış noxud, soğan, paxla, buğda və yaxud *Grepis Capillaris* kökcüklərinin üzərinə bir neçə damcı (kökcükləri örtənə qədər) damızdırılır. Kökcükləri 10–15

dəqiqə qaynatdıqdan sonra onlar boyayıcı məhluldan çıxarılaraq təmiz əşya şüşəsinə yerləşdirilir. Qabaqcadan hazırlanmış əşya şüşələrinə damcıladıcı ilə bir damcı xloralhidrat məhlulu damızdırılır. Xloralhidrat məhlulundan, müvəqqəti əzilmiş preparat hazırlandıqda hüceyrələrin bir təbəqədə (qatda) bərabər düzülməsi üçün istifadə edilir. Xloralhidrat məhlulu—bu maddənin 5 q tozunu 2 ml distillə edilmiş suda həll etməklə hazırlanır.

Kökcüklərin boyanmış ucunda meristem hüceyrələri sahəsi lansetlə kəsilərək əşya şüşəsi üzərindəki xloralhidrat damcısına yerləşdirilir, sonra örtücü şüşə ilə örtülüb yavaşca əzilir. Əzmə əməliyyatını süzgəc kağızından istifadə etməklə, pinsetin küt-hamar tərəfi ilə yerinə yetirilməlidir. Bunun üçün örtücü şüşənin üzərinə süzgəc kağızı qoyulur və pinsetin küt ucu ilə yavaşca əzilir. Bu zaman örtücü şüşənin altında olan maye süzgəc kağızına hopur. Əməliyyat elə aparılmalıdır ki, örtücü şüşə sınımasın, həmçinin onun altında başqa əşya, maye və hava qabarcıqları qalmasın. Yuxarıda göstərilən əməliyyatlar başa çatdıqdan sonra müvəqqəti preparatlar hazırlanmış olur.

Mitozun fazalarını öyrənmək üçün hər bir tələbə hazırladığı müvəqqəti preparata mikroskopda baxmalı (10x40 böyüdücüsündə) və mitozun bütün fazalarının, eyni zamanda bitki və heyvan hüceyrələrində mitozun xarakter mərhələlərinin, həmçinin müxtəlif orqanizm hüceyrələrinin kariotipinin şəklini çəkməlidir. İş yerinə yetirdikdən sonra tələbə çəkdiyi şəkillərin sonun da obyektin adını qeyd etməklə imzalamalıdır. Hər bir tələbə drozofilin nəhəng xromosomunu öyrənmək üçün preparat hazırlamalı, baxmalı və şəklini çəkməlidir (bax, səh. 197).

Drozofil milçəyinin tüpürcək vəzisində nəhəng xromosomu öyrənmək üçün preparat hazırlama qaydası. Drozofil milçəyinin tüpürcək vəzisində nəhəng xromosomu öyrənmək məqsədilə əzilmiş müvəqqəti preparat hazırlamaq üçün əvvəlcə fizioloji məhlul hazırlamaq lazımdır. Bu məqsədlə 1 l suya 56 q natrium-nitrat əlavə edilir. Nəticədə qatılığı 1 mol olan məhlul alınır. Bundan sonra drozofil milçəyinin sürfəsini əşya şüşəsinin üzərinə qoyub üzərinə 2–3 damla fizioloji məhlul əlavə edilir. Sonra iki preparat iynəsinin

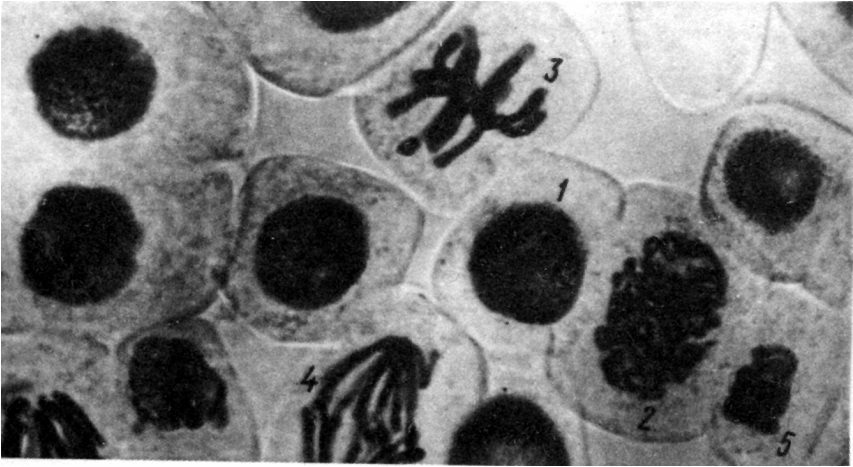
köməyilə iki ədəd tüpürcək vəzini ehtiyatla ayırmaq lazımdır. Preparat iynələrindən biri iti, digəri isə sürfənin bədənini üstədən basmaq üçün küt olmalıdır.

Çıxarılmış tüpürcək vəzilərini xüsusi çuxuru olan əşya şüşəsinə yerləşdirib üzərinə 2–3 damla fiksəedici məhlul tökülür və 2 dəqiqə saxlanılır. Bundan sonra onun üzərinə arseil rəngləyicisi əlavə edərək 6–10 dəqiqə saxlamaq lazımdır. Saxlama müddəti havanın temperaturundan asılıdır. Saxlama müddəti başa çatdıqdan sonra damcıladıcının köməyiylə rəngləyici məhlulu kənar edərək tüpürcək vəzilərini adi əşya şüşəsinin üzərinə keçirərək 45 %-li sirkə turşusu əlavə edilir. Onun üzərini örtücü şüşə ilə örtərək ehtiyatla şəffaf olana qədər əzmək lazımdır.

Beləliklə, əzilmiş müvəqqəti preparat hazır olur. Preparata mikroskop altında baxaraq nəhəng xromosomun fotosəklini çəkib qayçı ilə kəsərək dəftərə yapışdırmaq olar.

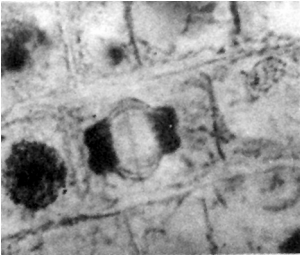
Mitozun fazaları. Soğanın kökcüyünün özünün kəsiyindən hazırlanmış preparata mikroskopla (böyüdülmə 10x40) baxıb mitozun fazaları ilə tanış olurlar (şəkil 6). Bunun üçün mikroskopun stolunu preparatla birlikdə, preparat hərəkətdiricinin köməyiylə, görmə dairəsində tərkibində nüvəcikləri olub torvarı strukturu aydın seçilən nüvəli hüceyrələri əksəriyyət təşkil edənə qədər hərəkət etdirmək lazımdır.

Belə quruluşlu hüceyrələr interfaza mərhələsində olur. Bəzi hüceyrələrdə tünd rənglənmiş xromosomlar görünür—bu mitozun mərhələlərindən hər hansı birində olan hüceyrələrdir. Əgər hüceyrənin mərkəzində yumaqlaşmış xromosomlar yerləşmişsə, nüvənin qılağı və nüvəcikləri görünmürsə, onda belə hüceyrə profazanın son mərhələsini keçirir. Metafaza üçün xarakter formalar bunlardır: hüceyrənin qütblərindən baxdıqda bütün xromosomlar bir müstəvi üzərində (ulduz forması), yan tərəfdən baxdıqda xromosomlar mərkəzdə, lakin bölünmə oxu az və ya çox dərəcədə rombşəkilidir.



Şəkil 6. Paxla kökcüyünün (*Vicia faba*) ucunun eninə kəsiyinin mikroskopdan çəkilmiş fotosəkli:

1—interfaza, 2—profaza; 3—metafaza; 4—anafaza; 5—telofaza.



Şəkil 7. Soğan (*Allium cepa*) kökcüyünün meristem hüceyrələrində sitogenez prosesi.

Anafaza əvvəlki xromatidlərin — indiki halda isə xromosomların qütblərə çəkilməsi ilə xarakterizə olunur.

Hüceyrələrin ekvatorunda iy tellərinin qalıqları görünür. Telofaza mərhələsində olan hüceyrələrin tərkibində hər iki qütbə yenidən əmələ gələn nüvə görünür. Bu nüvələrdə müxtəlif mərhələlərdə formalaşmış xromosomlar qismən seçilir.

Bəzi hüceyrələrdə nüvəciklər və nüvə qılfı bərpa olunur, lakin bəzilərində bu proses hələ baş verməmişdir. Bununla da kariogenez başa çatır.

Yaxşı olardı ki, sitogenezə nümayişetdirici mikroskopla (böyüdülmə 10x40), xüsusi hazırlanmış preparatla baxılsın (şəkil 7).

Bitki hüceyrələrində qılf iy tellərinin qalığı hesabına (fraqmoplastın) hüceyrənin mərkəzindən kənarlarına doğru əmələ gəlir.

Məsələ həllinə nümunələr

M ə s ə l ə 1. Aşağıdakı cədvəldə verilmiş rəqəmlərə əsasən mitotik aktivliyi hesablamaq olar. (Cədvəldəki rəqəmlər M.Babayevin işlərindən götürülmüşdür) (Cədvəl 3).

Cədvəl 3

Fenozanın müxtəlif qatılıqlı məhlullarının *Tr. aestivum* L. toxumalarının köklərində mitotik aktivliyə təsiri

Təcrübənin variantları, %-lə	Öyrənilmişdir		Bölünən hüceyrələr		Ehtimallıq fərqi, td
	kökcük	Hüceyrə	sayı	% ±m	
Kontrol	28	5600	603	10,76±0,41	—
1,0	20	4000	133	3,32±0,28	14,88
0,5	30	6000	262	6,03±0,30	9,46
0,25	28	5600	310	5,53±0,30	10,46

Cədvəldə kontrol variant, fenozanın 1,0, 0,5 və 0,25 %-li məhlulları ilə təsir edilmiş təcrübə variantlarının hər birində 200 hüceyrə qeydə alınması üçün müxtəlif sayda preparat hazırlanmalı (hər kökcükdən bir preparat olmaqla) kökcüklərin sayı (28, 20, 30, 28), hər bir variantda qeydə alınmış ümumi hüceyrələrin (5600, 4000, 6000, 5600) və bölünən hüceyrələrin sayı (603, 133, 262, 310), bölünən hüceyrələrin qeydə alınmış ümumi hüceyrələrə olan nisbəti (%-lə), həmçinin ehtimallıq fərqi göstərilmişdir.

Mitotik fərqi aktivlik bölünən hüceyrələrin sayını, öyrənilmiş bütün hüceyrələrin ümumi sayına olan nisbətini hesablamaqla müəyyən edilir:

$$\text{Mitotik aktivlik} = \frac{\text{bölünən hüceyrələrin sayı}}{\text{hüceyrələrin ümumi sayı}} \cdot 100$$

3-ci cədvəldə kontrol variant üzrə hesablama aşağıdakı kimi hesablanmışdır.

$$\text{Mitotik aktivlik} = \frac{603}{5600} \cdot 100 = 10,76$$

Xətanı hesablamaq üçün $m \sqrt{\frac{\% (100 - \%)}{n}}$ düsturundan istifadə edilir. Burada m —xəta, $\%$ —mitotik aktivlik, 100—cəmin faizlə ifadəsi və n —hesaba alınmış ümumi hüceyrələrin sayı.

Kontrol variant üçün xəta aşağıdakı kimi tapılır:

$$m = \pm \sqrt{\frac{10,76(100 - 10,76)}{5600}} = \pm 0,41$$

Deməli, kontrol variant üçün mitotik aktivlik $10,76 \pm 0,41\%$ -ə bərabər olacaqdır.

Təcrübənin variantlarının kontrol varianta görə ehtimallıq fərqi (t_d) hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$t_d = \frac{M_1}{\sqrt{m_1^2}} \frac{M_2}{m_2^2};$$

burada, t_d —ehtimallıq fərqi, M_1 —kontrol variantın faizi, M_2 —təcrübə variantının faizi; m_1 —kontrol variantının xətası, m_2 —təcrübə variantının xətası.

3-cü cədvəldə ehtimallıq aşağıdakı kimi hesablanır:

$$t_d = \frac{10,76}{\sqrt{0,41^2}} \frac{3,32}{0,28^2} \frac{7,44}{\sqrt{0,1681}} \frac{0,0784}{0,0784} \\ = \frac{7,44}{\sqrt{0,2465}} \frac{7,66}{0,50} = 14,88.$$

Məsələ 2. *Allum fistulocum L.* toxumlarına (cədvəl 4) və *Tr. aestivum L.* toxumlarına (cədvəl 5) süni antioksidant—fenozan turşusunun müxtəlif qatılıqlı məhlulları ilə təsir edərək cücərdilmiş və onların kökcüklərindən hazırlanmış preparatlardan hər birində 200 hüceyrə qeydə alınmışdır.

Cədvəldə verilmiş rəqəmlərə əsasən mitotik aktivliyi, xətanı və ehtimallığı hesablamaq.

***A. fistulosum* L. toxumlarında fenozan turşusunun mitotik aktivliyə təsiri**

Variantlar, %-lə	Öyrənilmişdir		Bölünən hü- ceyrələr		Ehtimallıq fərqi, t_d
	kökcüklər	hüceyrələr	sayı	% $\pm m$	
Kontrol	20	5200	463	?	—
0,01	54	10800	1135	?	?
0,1	24	4800	418	?	?
0,25	44	5800	671	?	?
0,5	27	5400	423	?	?
1,0	16	3200	200	?	?

***Tr. aestivum* L toxumlarında fenozan turşusunun mitotik aktivliyə təsiri**

Variantlar, %-lə	Öyrənilmişdir		Bölünən hüceyrələr		Ehtimallıq fərqi, t_d
	kökcüklər	hüceyrələr	sayı	% $\pm m$	
Kontrol	38	7600	523	?	—
0,01	50	10000	723	?	?
0,1	50	10000	647	?	?
0,25	50	10000	653	?	?
0,5	40	8000	609	?	?
0,1	15	3000	218	?	?

Hüceyrədə sərbəst radikal (cütləşməmiş elektrona malik) reaksiyalarının qarşısını ala bilən maddələr antioksidantlar adlanır. Məlumdur ki, hüceyrədə bir çox maddələrin oksidləşməsi yüksək sürətlə reaksiyaya girmək qabiliyyətli sərbəst radikallar tərəfindən baş verir. Deməli, antioksidantlar bu baxımdan antioksidləşdiricilərdir. Antioksidantlar süni və təbii ola bilər (cədvəl 6).

Məsələ 3. *Triticum aestivum* L toxumlarına yüksək sürətli neytronların müxtəlif dozaları ilə təsir edərək cücərdilmiş və onların kökcüklərindən hazırlanmış preparatların hər birində 200 hüceyrə qeydə alınmışdır. Cədvəldə verilmiş rəqəmlərə əsa-

sən mitotik aktivliyi, xətanı və ehtimaldılığını hesablayın (hesablama üsulu, bax, səh. 38), kontrola görə fərqi tapın.

Cədvəl 6

Yüksəksürətli neytronların *T. Aestivum* L. toxumlarında mitotik aktivliyə təsiri

Variantlar, doza Qr*-lə	Öyrənilmişdir		Bölünən hüceyrələr		Ehtimallıq fərqi, t_d
	kökcüklər	hüceyrələr	sayı	% $\pm m$	
Kontrol	38	7600	550	?	?
7,5	58	11600	464	?	?
13,3	48	9600	343	?	?
18,8	45	9000	314	?	?
24,5	36	7000	223	?	?
30,0	46	9200	245	?	?

* Qr (Qrey) Beynəlxalq ölçü vahidi olub, 1 Qr—100 rada bərabərdir.

Suallar

1. Mitoz bölünmənin anafaza mərhələsində əksər xromosomların U-formalı quruluşa malik olmasının səbəbini izah edin.

2. Əgər hüceyrədə nüvə membranı və nüvəciklər olmayıb, ancaq xromosomlar aydın görünərsə, bu mitoz bölünmənin hansı mərhələsidir?

3. Əgər hüceyrələrdə bölünmə oxu aydın görünərsə, lakin bütün xromosomların sentromerləri bir müstəvidə yerləşirsə, bu mitoz bölünmənin hansı mərhələsidir?

4. Xromosomların formalarını sayın və şəklini dəftərinizə çəkib, hissələrini göstərin.

5. Mitoz bölünmənin hansı mərhələsində xromosomların forma və ölçülərinin öyrənilməsi əlverişlidir?

6. Hüceyrə tsikli nədir? Onu izah edib, dəftərinizdə təsvir edin.

7. Hüceyrə tsiklinin hansı mərhələsində DNT-nin replikasiyası baş verir?

8. Əgər xromosomlar orqanizmin xassə və əlamətləri haqqında informasiya daşıyarsa, onda mitoz bölünmə yolu ilə əmələ gəlmiş iki hüceyrədə bu informasiya necə olacaqdır?

9. Mitoz bölünmənin genetik əhəmiyyəti nədən ibarətdir?

Amitoz (yunanca a—inkar, *mitos*—hüceyrə nüvəsinin bölünməsi) hüceyrə nüvəsinin müstəqim bölünməsi deməkdir.

Amitozu ilk dəfə 1841-ci ildə Remak heyvanlarda və 1882-ci ildə Strastburq bitkilərdə təsvir etmişdir.

Amitoz zamanı interfaza nüvəsinin morfoloji vəziyyəti dəyişərək, nüvəcik və nüvə membranı aydın görünür. Xromosomlar üzə çıxmır və nəticədə onların bərabər şəkildə paylanması baş vermir. Axromatik aparat əmələ gəlmədən nüvə iki nisbi bərabər hissəyə bölünür. Bununla da bölünmə başa çatıb ikinüvəli hüceyrə əmələ gələ bilər.

Radioavtoqrafiya tədqiqatçılarının dəlillərinə əsasən hüceyrənin müstəqim bölünməsi həm DNT-nin sintezi dövründə, həm də postsintetik dövrdə baş verməsi müəyyən edilmişdir. Lakin amitoz zamanı DNT-nin artması bölünən nüvələrin hamısında müşahidə edilməmişdir. Bir sıra tədqiqatçıların fikrinə görə amitoz hüceyrə nüvəsinin tam əhəmiyyətli bölünmə üsulu hesab edilə bilməz.

Endomitoz (yunanca *endon*—daxili) zamanı xromosomların reproduksiyasından sonra hüceyrənin bölünməsi baş verir. Buna görə də hüceyrədə xromosomların sayı diploid dəstinə nisbətən on dəfələrlə artır. Endomitoza müxtəlif toxumaların intensiv funksiya daşıyan hüceyrələrində (məsələn, qaraciyərdə) təsadüf edilir.

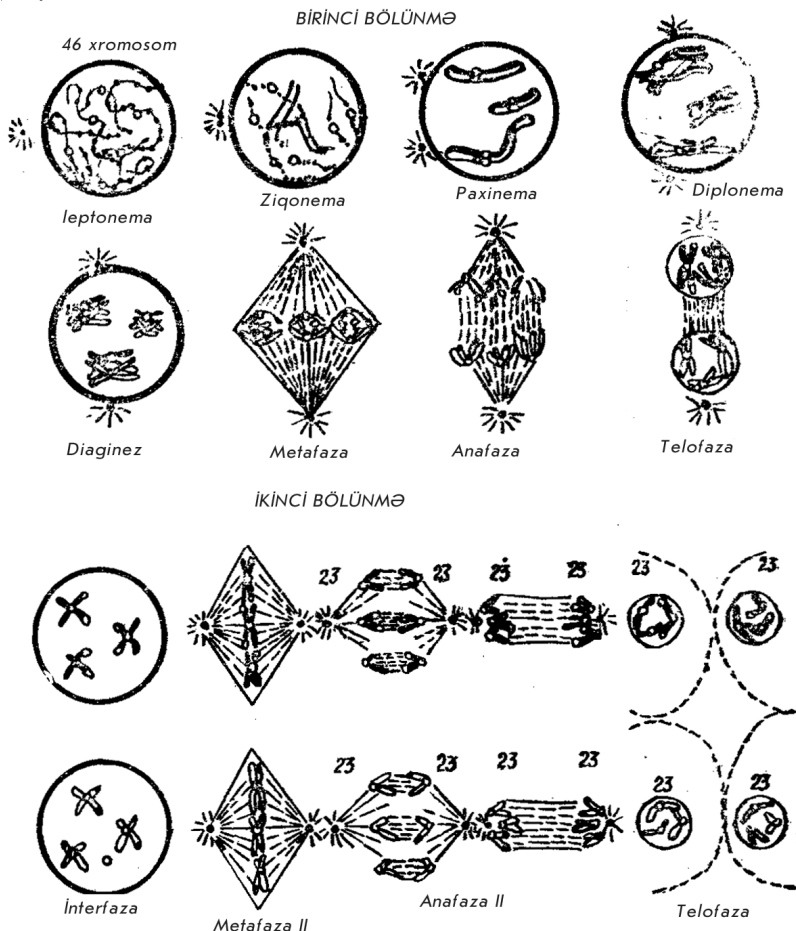
TAPŞIRIQ 5

MEYOZ PROSESİ

Meyoz (yunanca meyozis—azalma) yalnız cinsiyyətli yolla çoxalan bitki və heyvan qamətləri əmələ gətirərək ilkin hüceyrənin xüsusi bölünmə tipi kimi təsəvvür edilir. Bu proses nəticəsində diploid xromosom sayına malik hüceyrənin bölünməsi zamanı xromosomların sayının iki dəfə azalması ilə yeni əmələ gəlmiş hüceyrə haploid vəziyyətə keçir. Bu hər bir növ üçün xromosom sayının nəsillər boyu sabit saxlanması, həmçinin meyoz prosesində xromosomların özünü aparmasında, irsiyyətin əsas qanunlarının mexanizminin müəyyən edilməsində böyük rol oynayır.

Meyoz—nüvənin bir-birinin ardınca baş verən iki dəfə bölünməsindən ibarətdir. Reduksion adlanan birinci bölünmədə xromosomların sayı iki dəfə azalır, ekvasion adlanan ikinci

bölmədə əmələ gəlmiş hüceyrələr arasında xromosomlar bərabər paylanır. Meyoz tsikli xromosomların qanunauyğun dəyişmələrə məruz qaldığı bir sıra ardıcıl fazalardan ibarətdir (şəkil 8).



Şəkil 8. Meyozun əsas faza və mərhələləri (Xaridənə görə).

Meyoz nəticəsində dörd haploid hüceyrə — qametlər (yaxud spollar) əmələ gəlir. Sxemdə üç cüt xromosom təsvir edilmişdir.

Reduksion bölünməyə nüvənin profaza I-dən telofaza I-ədək dəyişilməsi tsikli aiddir. Sonra isə hüceyrənin ikinci bölünməsi arasındakı xüsusi vəziyyəti—interginez başlanır. Bəzi hallarda telofaza I interfaza mərhələsinə keçirmədən birbaşa profaza II-yə keçir.

Profaza I xromosomların bölünməyə hazırlandığı bir neçə ardıcıl mərhələdən ibarətdir. O, nüvənin interfaza vəziyyətindən, daha doğrusu, DNT sintezindən sonra proleptonema mərhələsinə keçməklə baş verir. Bundan sonra leptonema başlanır.

Leptonema. Bu mərhələdə nüvədə xromosomlar boş yumaqcıq formasında toplanmış nazik tellərdən ibarətdir. Elektron mikroskopu ilə müəyyən edilmişdir ki, artıq leptonema mərhələsində hər bir xromosomun iki xromatiddən təşkil olunmuş və homoloji xromosomlar bir-birinə paralel cütlər təşkil edərək düzülmüşdür.

Ziqonema. Ziqonema mərhələsində homoloji xromosomlar bivalentlər əmələ gətirməklə onların konyuqasiyası baş verir. Konyuqasiya bəzi xromosomların uclarından mərkəzə doğru və onların uzununu boyu yayılır. Digərlərində isə əksinə baş verir.

Paxinema. Ziqonema mərhələsində bivalentlər əmələ gəldikdən sonra paxinemada xromosomlar spirallaşaraq qısalır və qalınlaşır. Bir qayda olaraq, bu vaxt sentromerlərlə birləşərək iki xromatiddən ibarət homoloji xromosomların ikili quruluşu aydın seçilir. Beləliklə, bu mərhələdə hər bir bivalent dörd xromatiddən ibarət olur. Paxinemada xromosomların qarşılıqlı burulması, onların çarpazlaşması və homoloji xromosomların xromatidləri arasında eyni sahələrin mübadiləsi (krossinqover) baş verir. Bu mərhələnin sonunda xromosomların sayı iki dəfə azalmış kimi (psevdureduksiya) nəzərə çarpır.

Müəyyən edilmişdir ki, paxinemada DNT-nin sintezi baş verir. Bu mərhələdə krossinqover zamanı mübadilə nöqtələrində bərpaolma proseslərini tələb edən hadisə meydana çıxır ki, bunun da nəticəsində DNT-nin rekombinasion sintezi gədir.

Diplonema. Bu (ikiqat tellər) mərhələdə cüt-cüt konyuqasiyaolunmuş homoloji xromosomlar biri digərini itələməyə

başlayır. İtələmə homoloji xromosomların sentromer olan hissəsindən başlanır və onların uclarına doğru yayılır. Bu zaman bivalentlərin hər birinin iki xromosomdan, hər bir xromosomun da diad adlanan iki xromatiddən ibarət olduğu aydın müşahidə edilir. Bivalent də dörd elementə, yəni hər bir homoloji xromosom iki bacı xromatidə (diada) ayrılmışdır. Ona görə də bu bivalent tetrada adlanır. Diplonemada xromosomlarda spiralların burumları aydın seçilir. Bu zaman iki homoloji xromosomun bir-birinə sarılmasını müşahidə etmək olur. Qeyri-bacı xromatidlərin çarpazlaşması nəticəsində yunan hərfi “x”-ni (xi) xatırladan fiqurlar əmələ gəldiyindən çarpazlaşma yerlərini xiazm adlandırmaq qəbul edilmişdir. Bu mərhələnin gedişi zamanı sanki xromosomların spirali açılır, xiazm xromosomun mərkəzindən onun qurtaracağına doğru çəkilir. Bu hadisə terminalizasiya adlanır. Bunun nəticəsində anafazada xromosomların qütblərə doğru hərəkəti təmin olunur. Profaza I diplonema mərhələsində homoloji xromosomların bir-birini çəkmə qüvvəsi zəiflədiyi halda itələmə qüvvəsi artır.

Nüvənin həcmi tam tutan bivalentlər sfera əmələ gətirməklə nüvə membranı altında yerini dəyişməyə başlayır. Bununla diakinez prosesi başlanır.

Diakinez. Bu mərhələdə xromosomların daha çox qalınlaşması və qısalması baş verir. Homoloji xromosomlar yalnız bir və yaxud bir neçə nöqtədə birləşmiş şəkildə qalır. Bu zaman bivalentlər nüvənin kənarlarında yerləşir. Xromosomları bu mərhələdə saymaq mümkün olur.

Prometafaza I. Xromosomların spirallaşması son həddə çatır. Daha iri burumların əmələ gəlməsi ilə əlaqədar olaraq nüvə membranı tədricən əriyir və itir.

Metafaza I. Xromosomlar ekvator müstəvisində yerləşir. Bu mərhələdə homoloji xromosomlar cütləri elə yerləşir ki, onların sentromerlərindən biri bir qütbə, digəri isə əks qütbə doğru yönəlir. Bütün sentromerlər bir-birini itələyir və xromosomlar qütblərə çəkilməyə başlayır. Xromosomların bəziləri uzun, bəziləri isə qısa olur.

Anafaza I. Bu mərhələdə özlərinin sentromerləri ilə birləşmiş hər bir homoloji xromosomun bacı xromatidləri uyğun qütblərə doğru yönəlir. Öz aralarında terminal xiazm ilə

birdən qısa xromosomlar terminallaşmamış xiazmları olan uzun xromosomlara nisbətən daha sürətlə qütblərə çəkilir.

Telofaza I. Anafaza mərhələsində olan xromosomlar əks qütblərə tam çəkildikdən sonra telofaza I başlanır. Xromosomlar bir müddət kondensasiya (sıxlaşmış) vəziyyətini itirmir və morfoloji əlamətləri saxlayır. Telofaza I-dən sonra isə qısamüddətli interfaza mərhələsi başlanır. Xromosomlar spiral formalarını itirmir, lakin bəzi hallarda meyozun birinci bölünməsindən sonra uzun sürən interfaza mərhələsi başlanır. Bu zaman hüceyrə membranı ilə ayrılmış iki nüvə əmələ gələrək (hüceyrə diadası) xromosomların spiral formasını itirməsi baş verir. Meyozda I və II bölünmə arasında çox qısa sürən interkinez mərhələsi başlanır. İnterkinezdə interfazadan fərqli olaraq DNT-nin sintezi və xromosomların duplikasiyası baş vermir. Lakin RNT, zülal və başqa maddələrin sintezi baş verə bilər.

II Meyoz bölünmə. Bu bölünmə sürətlə gedir. Çox qısa sürən profaza II-dən sonra metafaza II-nin başlanmasını göstərən iy telləri formalaşır. Sentromerlərlə əlaqələnmiş iki ayrılmış xromatiddən ibarət olan xromosomlar bölünmə oxu ekvatoruna cəmlənir. Bu zaman xromatidlər arasında ekvatorial şırım aydın görünür. Metafaza II-də xromosomların sayı somatik hüceyrələrdə olduğundan iki dəfə az olur.

Anafaza II. Meyoz bölünmənin bu mərhələsində əvvəlcədən hər bir xromosomun iki cüt xromatidlərini birləşdirən sentromerlərin aralanması baş verir. Nəticədə xromatidlər əks qütblərə sərbəst çəkilərək dörd nüvə əmələ gətirmək imkanına malik olur. Beləliklə, dörd nüvənin hər birində xromosomlar haploid sayda olur.

Telofaza II. Anafaza II-də qütblərə çəkilmiş xromosomlar spiral formasını itirir, bacı nüvələr və hüceyrə membranı əmələ gəlir.

Nəticədə bir-birinin ardınca baş verən I və II bölünmədən sonra hər birində haploid sayda xromosom olan 4 hüceyrə əmələ gəlir. Meyoz bölünmə başa çatır.

Təcrübənin qoyulması

Meyozun reduksion və ekvazion bölünmələri ilə ümumi tanışlıq.

Material və ləvazimat. Soğan, noxud və yumşaq buğda tozluğundan hazırlanmış sitoloji preparatlar: profaza I—leptonema; profaza I—paxinema; profaza I—diplonema; metafaza I, anafaza I, telofaza I, metafaza II, anafaza II, telofaza II, ana hüceyrənin membranı altında spor tetrada (tozcuq).

Stolüstü lupalar (binokulyar), işıq mikroskopları, əşya və örtücü şüşələr, preparat iynələri, pipetkalar, asetokarmin, süzgəc kağızı pinset və neştər bıçağı.

İşin yerinə yetirilməsi. Meyoz bölünməni öyrənmək üçün daimi preparatlardan istifadə etmək məqsədəuyğundur. Bu məqsədlə çovdar, qarğıdalı, yem paxlası, soğan, buğda və s. biktilərin tozluğunun uzununa kəsiklərindən hazırlanmış preparatlara baxmaq lazımdır. Daimi preparatları hazırlamaq üçün tozluqları onlarda mikrosporogenez baş verən zaman, daha doğrusu, çovdar sünbülləmə prosesindən 5–7 gün əvvəl, qarğıdalıda süpürgə cücərməyə başlamazdan 4–8 gün əvvəl, soğanda qönçələmə fazasının əvvəlində fiksə etmək lazımdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, hər bir çiçək qrupunun müxtəlif çiçəklərində meyoza bölünmə eyni vaxtda baş vermir. Məsələn, çovdar sünbülünün orta hissəsindən götürülmüş tozluqda meyoza artıq başa çatmış və mikrospor tetradalar əmələ gəlmiş olur, lakin bu zaman sünbülün yuxarı və aşağı hissəsindəki çiçəklərdə meyoza yenidən başlanır. Bu hissələrdən hazırlanmış preparatlarda birinci meyoza bölünmənin (reduksion bölünmə) profaza və metafaza mərhələlərində olan hüceyrələr görünür. Bunun üçün qabaqcadan müvəqqəti preparatlar hazırlamaq və onlara mikroskop altında baxmaqla həmin çiçək qrupunda mikrosporogenezin baş verdiyinə əmin olmaq lazımdır. Daimi preparat hazırlamaq üçün tozluqlar Navaşin məhlulunda (hazırlamaq üsulu, bax, səh. 77) fiksə etmək, Heyden-Hayn hematoksilin, yaxud Nyuton gensian bənövşəyisi ilə rəngləmək lazımdır. Heyden-Hayn hematoksilini hazırlamaq üçün 1 q hematoksilin 10 ml 96%-li etil spirtində həll edilir, üzərinə 90 ml distillə suyu, həmçinin fenolun, yaxud timolun bir kristal əlavə edilir və konusşəkilli şüşə kolba hava yaxşı daxil olan işıqlı yerdə saxlanılır. Bunun üçün kolbanı ikiqat tənziqlə sarımaq lazımdır. İstifadə etməzdən əvvəl belə məhlul süzülməlidir.

Rəngləyicini qısa müddətdə də hazırlamaq olar. Bu məqsədlə 1 q hematoksilini 100 ml distillə suyunda qaynayan su hamamında həll etmək lazımdır. 30–60 dəqiqədən sonra tam həllolma baş verir. Qaynar məhlul süzülür və soyudulduqdan sonra üzərinə timol kristalı əlavə edilir.

Preparatların aydın alınması üçün rəngləmə prosesində əvvəl hematoksilinin keyfiyyətini yoxlamaq lazımdır. Yaxşı məhlul qırmızı, yaxud qırmızı-qonur rəngdə olmalıdır.

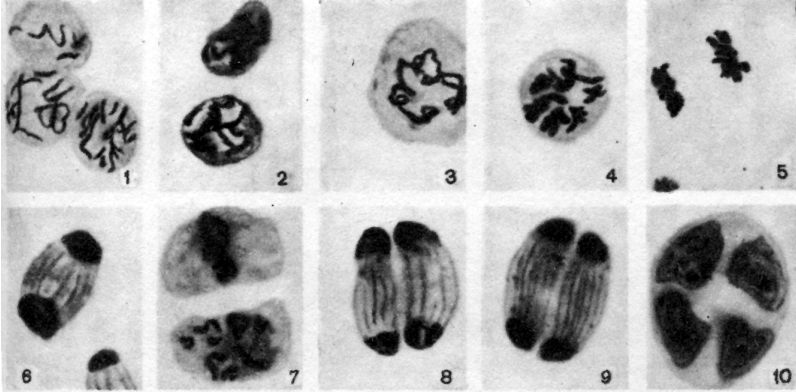
Nyuton gensianı bənövşəyi rəngləyicisini hazırlamaq üçün 1 q gensian bənövşəyi, yaxud kristal bənövşəyi 100 ml distillə edilmiş suda həll edilir. Xromosomları rəngləyən zaman yarımsəffaf qalmaqla onlar bənövşəyi rəngə boyanır. Bundan xromosomları saymaq üçün istifadə etmək əlverişlidir. Bir-birinin üzərinə söykənmiş halda olan uzun xromosomları seçmək çox asan olur.

Meyoz bölünməni müvəqqəti asetokarmin, yaxud asetolakmoid rəngləyiciləri ilə preparatlar hazırlamaqla da öyrənmək mümkündür. Müvəqqəti preparatları yayda bilavasitə canlı materialdan istifadə etməklə hazırlamaq mümkündür. Qışda müvəqqəti preparatlar hazırlamaq üçün qabaqcadan mikrosporogenez fazasında fiksə edilmiş çovdar, qarğıdalı, soğan, buğda və başqa bitkilərin çiçək qruplarından istifadə edilir. Çiçək qrupları Karnua fiksatorunda (3:1) (bax, səh. 32). 2–12 saat müddətində fiksə edilir. Bu müddət başa çatdıqdan sonra fiksə edilmiş çiçək qrupu əvvəlcə spirtdə (70%-li) yuyulur, sonra isə spirtdə (70%-li) saxlanılır. Bu qayda ilə fiksə edilmiş materialdan istənilən vaxt preparat hazırlamaqla meyoz bölünməni müşahidə etmək olar.

Preparat hazırlayan zaman tarlada bitkinin çiçək qrupundan kəsilmiş, yaxud Karnua fiksatorunda fiksə edildikdən sonra ondan pinsetlə 2–3 tozcuq ayırmaq lazımdır. Tozluqları əşya şüşəsi üzərində yerləşdirib şüşə çubuq, yaxud pinsetin küt tərəfi ilə əzməli və bundan sonra tozluqların qabıqlarını əşya şüşəsinin üzərindən xaric etmək lazımdır.

Alınmış əzintinin üzərinə bir damcı asetokarmin, yaxud asetolakmoid damızdırılaraq üzəri örtücü şüşə ilə örtülür. Preparatı spirt lapmasının alovu üzərində qızdırmaqla rəngləmənin yaxşı gətməsinə nail olmaq olar.

Hazırlanmış müvəqqəti preparata mikroskop altında baxıb meyoz bölünmənin müvafiq fazalarını taparaq, onların şəklini çəkirlər. Profaza I-in xromosomlarına xüsusi diqqət yetirmək lazımdır.



Şəkil 9. Soğan (*Al. fistulozum*) tozluğunda meyozun mərhələlərinin mikroşəkilləri:

1-3—profaza I; (1—leptonema, 2—paxinema; 3—diplonema); 4—metafaza I; 5—anafaza I; 6—telofaza I; 7—metafaza II; 8—anafaza II; 9—telofaza II; 10—tozcuq tetradası.

Hər bir tələbə bütün preparatların şəklini çəkməli, onların altında preparatın hansı obyektədən hazırlandığını göstərməklə imzalamaq lazımdır.

Meyozun fazaları və mərhələləri. Meyoz bölünmənin mərhələləri və ayrı-ayrı fazaları ilə tanış olmaq üçün soğanın tozluğundan hazırlanmış müvəqqəti preparatlara mikroskop altında (böyüdücü 10×90) baxmaq lazımdır. Çoxlu müvəqqəti preparatlar hazırlamaqla onlarda meyozun bütün mərhələlərini müşahidə etmək mümkündür. Bu zaman tozcuğun ana hüceyrəsi daxilində dörd hüceyrə, daha doğrusu, spor tetradalar əmələ gəlir. Meyozun mərhələlərinin şəklini çəkmək lazımdır (şəkil 9).

Hazırlanmış preparatlarda birinci olaraq profaza I-ə baxılır və şəkilləri çəkilir. Nüvədə nazik tellər—xromosomlar çox aydın görünür. Onlar tor kimi sarınır, nüvəciklər görünür. Bu leptonema mərhələsidir. Sonrakı preparatda bivalentlər əmələ gətirmiş daha qalın xromosom telləri, daha

doğrusu, konyuqasiyaolunmuş cüt homoloji xromosomlar görünür. Onlar nüvəni tam əhatə edir, buna görə yumaq əmələ gətirməklə bir-birinin üzərinə keçir. Bu mərhələ paxinema adlandırılır.

Bundan sonra bir-birini konyuqasiyaetmiş homoloji xromosomlar, əksinə, biri-digərini itələməyə başlayır. İtələmə homoloji xromosomların sentromer yerləşən hissəsindən başlayır. Bu zaman qeyri-bacı xromatidlərin çarpazlaşmasından yunan hərfi X-ni xatırladan fiqurlar əmələ gəlir. Bunlar diplo-nema adlanan mərhələdə müşahidə edilir.

Sonrakı silsilə metafaza I-ə aiddir. Əgər preparatı müşahidə etdikdə bir görüş dairəsində birini qütb, digərini yan tərəfdən olmaqla iki metafaza I görmək mümkün olursa, bu çox yaxşı preparat hesab olunur. Yan tərəfdən sentromerləri bir müstəvidə yerləşən bölünmə oxları və xromosomlar görünür. Qütb tərəfdən bivalentlərə baxmaq və onların sayını qeydə almaq mümkündür. Onların sayı hər zaman haploid, daha doğrusu, diploid xromosom sayına malik başlanğıc hüceyrədə olduğundan iki dəfə az olur.

Qabaqcadan hazırlanmış növbəti preparatda homoloji xromosomların qütblərə çəkilməsi ilə xarakterizə olan yandan görünüşü anafaza I-də aydın görünür. Telofaza I-də hüceyrə daxilində ilkin hüceyrədə olduğuna nisbətən ölçüsünə görə xeyli dərəcədə kiçik olan iki nüvə müşahidə edilir.

Preparata mikroskop altında baxdıqda bir hüceyrə daxilində iki bölünmə oxu aydın görünən metafaza II nəzəri cəlb edir. Bölünmə oxları müxtəlif obyektlərdə bir, yaxud müxtəlif müstəvilərdə ola bilər. Bu halda bölünmə oxunun biri yan tərəfdən göründüyü halda, digəri görünmür, lakin xromosom lövhəsi (metafaza lövhəsi) görünür. Xromosomlar haploid sayda olur. Hər bir xromosom bir müstəvi üzərində yerləşən sentromerlərlə birləşmiş iki bacı xromatidlərdən təşkil olunmuşdur.

Sonrakı fazada, yəni anafaza II-də xromosomların yalnız yarı hissəsi qütblərə çəkilir, daha doğrusu, sentromerlər olan sahələrə bölündükdən sonra xromatidlər xromosomları əmələ gətirir və qütblərə çəkilir.

Telofaza II aydın seçilən sonrakı preparatda bir hüceyrə daxilində dörd nüvə əmələ gəlmiş müşahidə edilir. Sitokine-

zdən sonra hələ də membranı saxlamış olan əvvəlki ana hüceyrədə dörd ədəd yeni hüceyrə—spor yerləşir. Bunlar isə “tozcuq tetradları” adlanır. Qeyd etmək lazımdır ki, birləpəli bitkilərdə bütün spollar bir müstəvi üzərində yerləşdiyi halda, ikiləpəli bitkilərdə həmin spollardan üçü bir müstəvidə, lakin biri başqa müstəvidə yerləşir. Beləliklə də, mitoz bölünmədən fərqli olaraq meyoz bölünmə nəticəsində diploid xromosom sayına malik bir hüceyrədən haploid xromosom sayına malik dörd hüceyrə əmələ gəlir ki, bunun da təkamül prosesində çox mühüm rolu vardır.

Suallar və məsələlər

1. Meyoz bölünmənin üç mühüm funksiyası hansılardır?
2. Meyoz bölümünün hansı mərhələsində DNT-nin sintezi baş verir?
3. Homoloji xromosomların konyuqasiyası nə vaxt və harada baş verir? Homoloji xromosomların bir-birini itələmə qüvvəsi necə başa düşülməlidir?
4. Uşağa ata və ana xətti ilə nənənin 23 xromosomunun ötürülməsi nə dərəcədə ehtimallıdır?
5. Xiazm və krossinqoveri necə izah etmək olar?
6. Meyozun birinci bölünməsi ikinci bölünmədən nə ilə fərqlənir?
7. Qadın anadan iki, atadan bir qeyri-normal xromosom almışdır. Əgər onlar qeyri-homoloji xromosomlar olarsa və ya həmin qeyri-normal xromosomlardan bir cütü (ata və ananın) homoloq təşkil edərsə, bütün bu qeyri-normal xromosomların bir yumurta hüceyrəsinə düşməsi ehtimalı nə dərəcədədir?
8. Mitoz bölünmə ilə meyoz bölünməni fərqləndirən əsas xüsusiyyətlər hansılardır?
9. İlkin hüceyrədə 14 xromosom olduğu halda reduksion bölünmənin anafazasında hər qütbə neçə xromosom çəkilir? Hər bir qütbədə neçə xromatid var?
10. Meyozun profaza mərhələsində bir hüceyrənin istənilən iki xromosomu arasında konyuqasiya gedə bilərmi?
11. Meyoz bölünmə nəticəsində bir hüceyrədən dörd identik hüceyrə əmələ gəlir ifadəsini işlətmək olarmı? Səbəbini izah edin.
12. Reduksion bölünmənin hansı fazasında homoloji xromosomların sahələri arasında mübadilə gedə bilər? Bu prosesin sitoloji təsvirini verməli.
13. Meyoz bölünmənin genetik və təkamül nöqtəyi-nəzərdən əhəmiyyəti nədən ibarətdir?

III FƏSİL

CİNSİYYƏTLİ ÇOXALMANIN BİOLOGİYASI

Heyvanlar və bitkilər cinsiyyətli yolla, xüsusi ixtisaslaşmış cinsiyyət hüceyrələri ilə yumurtahüceyrənin spermatozoidlərlə mayalanması vasitəsilə çoxala bilir. Bu orqanizmlər eyni zamanda somatik hüceyrələr qrupu ilə, yəni vegetativ yolla da çoxalır. Çoxhüceyrəli heyvan və bitki orqanizmləri ilə yanaşı bir sıra ibtidai orqanizmlər də cinsiyyətli yolla çoxalır. Heyvanlarda somatik hüceyrələr kimi cinsiyyət hüceyrələri də embrional hüceyrələrdən inkişaf edir. Ontogenezdə ayrılmış rüşeym hüceyrələri (bunlardan cinsiyyət vəziləri və cinsiyyət hüceyrələri inkişaf edir) rüşeym yolu adlanır.

TAPŞIRIQ 6

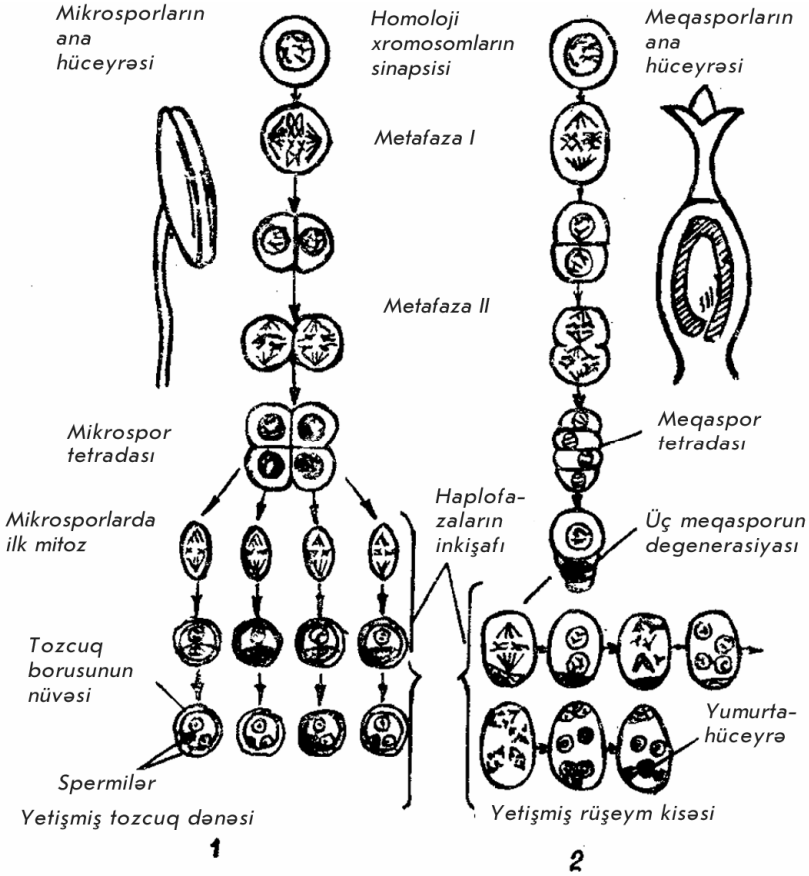
BİTKİLƏRDƏ SPOROGENEZ VƏ QAMETOGENEZ

Bitkilərdə cinsiyyət hüceyrələrinin formalaşması prosesi iki mərhələdə gedir: 1) sporogenez—haploid hüceyrələrin—sporların əmələ gəlməsi ilə başa çatır; 2) xüsusi qametogenez mərhələsində yetişmiş qametrlər əmələ gəlir.

Bitkilərdə mikrospor, yaxud tozcuq dənəciyinin əmələgəlmə prosesi mikrosporogenez, meqaspor (yaxud makrospor) əmələgəlmə prosesi isə meqasporogenez və yaxud da makrosporogenez adlanır. Bitkilərdə qametogenez prosesi prinsip etibarilə heyvanlardakına oxşar olub, lakin bir sıra fərqlərlə baş verir. Bitkilərdə rüşeym yolu, daha doğrusu, cinsiyyət hüceyrənin qabaqcadan ayrılması da olmur.

Mikrosporogenez və mikroqametogenez. Mikrosporogenez və mikroqametogenezlə ümumi şəkildə örtülütoxumlu

(buğda, soğan, noxud, arpa və s.) bitkilərlə tanış olaq. Cavan tozluğun subepidermal toxumalarında arxesor adlanan bir hüceyrə meyozun bütün fazalarını keçdikdən sonra tozcuğun ana hüceyrəsinə çevrilir.



Şəkil 10. Çiçəkli bitkilərdə tozcuq dənəsi və rüşeym kisəsinin əmələ gəlməsi: 1—erkək hüceyrələrin (mikrosporogenez) yetişməsi; 2—dişi hüceyrələrin (makrosporogenez) yetişməsi.

Meyozun iki bölünməsindən sonra dörd haploid mikrospor əmələ gəlir (şəkil 10). Onlar dörd-dörd yerləşir və spor tetradaları adlanırlar. Tetradalar yetişdikdə ayrı-ayrı mikrosporlara

ayrılır. Bununla da mikrosporogenez başa çatır. Hər iki halda meyoza yolla dörd haploid hüceyrə (tetrad) əmələ gəlir, bunlardan da tozcuq dənəsi və rüşeym kisəsi inkişaf edir.

Birnüvəli mikrosporlar əmələ gəlməsinin ardınca mikroqamotogenez başlanır. Mikrosporların birinci mitoz bölünməsindən sonra vegetativ və generativ hüceyrələr əmələ gəlir. Sonralar vegetativ hüceyrə və onun nüvəsi bölünmədən qalır. Onda ehtiyat qida maddələri toplanır. Bu ehtiyat qida maddələri generativ hüceyrənin bölünməsinə və dişiciyin sütuncuğundan tozcuq borusunun uzununa böyüməsinə sərf olunur.

Cüzi miqdarda sitoplazmaya malik generativ hüceyrə bir çox bitkilərdə, taxıllarda, mürəkkəbçiçəklilərdə və s. çiçəkləməyə 1–3 gün qalmış tozcuq dənəsi yenidən bölünür. Başqa bitkilərdə generativ hüceyrənin bölünməsi və spermlər əmələ gətirməsi tozcuq borusunda gedir. Nəticədə iki ədəd erkək cinsiyyət hüceyrəsi əmələ gəlir. Heyvanlarda əmələ gələn spermatozoidlərdən fərqli olaraq bu hüceyrələr hərəkət etmir və sperm adlanır. Spermlər girdə, ovalşəkili və qurdabənzər formalarda ola bilər.

Ayrı-ayrı bitkilərin tozcuğunda tozcuq dənələrinin miqdarı müxtəlif (buğda bitkisiyə 800-dən 1200-ə qədər, çovdarda 3000-ə yaxın və s.) ola bilər.

Təcrübənin qoyulması

Mikrosporun əmələgəlmə tipləri ilə ümumi tanışlıq. Çovdar, noxud, buğda, arpa, qarğıdalı, yem paxlası, soğan və s. bitkilərdə mikrosporogenez və mikroqamotogenezin əsas mərhələlərinə mikroskop altında baxmalı və şəkillərini çəkməli. Bu məqsədlə istifadə ediləcək bitkilər həm birləpəlilər, həm ikiləpəlilər sinfindən seçilməlidir.

Material və ləvazimat. Mikrosporogenez və mikroqamotogenez vəziyyətində olan tozluqların uzununa kəsiyindən hazırlanmış müvəqqəti və daimi preparatlar.

Mikroskop, obyektivi əksətdirən aparat, okulyar tor, əşya və örtücü şüşələr, fiksəedici məhlullar, rəngləyicilər.

İşin yerinə yerilməsi. Mikrosporogenez və mikroqametogenezi öyrənmək üçün çovdar, qarğıdalı, buğda, noxud, yem paxlası, soğan və başqa bitkilərin tozluğundan adi sitoloji üsuldən istifadə edərək daimi preparatlar hazırlanır. Bu məqsədlə fikse əməliyyatından qabaq müvəqqəti preparatlar hazırlamaqla istifadə ediləcək bitkinin çiçək qrupunda mikrosporogenez, yaxud mikroqametogenezin getdiyini yoxlamaq lazımdır. Hazırlanmış müvəqqəti preparatlarda mikroskop altında mikrosporogenez və mikroqametogenezin getdiyinə əmin olduqdan sonra daimi preparatlar hazırlamaq üçün materialı fikse etmək olar. Taxıllar fəsiləsindən olan bitkilərdə mikrosporogenez sünbülləmədən 3–7 gün əvvəl, mikroqametogenez isə sünbülləmədən 2–5 gün sonra gedir. Preparatları hazırlamaq üçün tozluqların uzununa kəsiklərindən istifadə etmək məsləhət görülür. Kəsikləri rəngləmək üçün Heyden-Hayn (hazırlama üsulu, bax, səh. 54), yaxud Delafild və ya da Felgen hematoksilindən istifadə edilir.

Delafild hematoksilin hazırlanma üsulu. 1 q hematoksilin 6 ml mütləq spirtlə həll edilir və bu məhluldan 100 ml ammonium-alüminium zəyi $(H_4)_2O_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 6H_2O$ doymuş sulu məhlul damcı-damcı əlavə edilir. Qatışıq konusşəkili kolbaya tökülür, ikiqat tənziflə örtülür və bir həftə işıqlı havada saxlanılır. Bundan sonra məhlulə 25 ml təmiz kimyəvi qliserin və 25 ml metil spirti əlavə edilir. 4 saat keçdikdən sonra məhlul süzülür. Məhlul işıqlı və havası yaxşı olan mühitdə 2 aya yetişir, istifadə üçün yararlı olur. Məhlulu qızdırmaqla yetişmə müddətini sürətləndirmək olar. Bunun üçün kolbanı 30–36° C temperaturda qızdırmaq lazımdır. Belə hazırlanmış məhlul qaranlıqda saxlanmaqla uzun müddət istifadə edilə bilər. İstifadə etməzdən əvvəl məhlul distillə edilmiş suda 3–5 dəfə durulaşdırılır. Daimi preparatların rəngləmə müddəti rəngləyicinin qatılığından asılı olaraq 5–20 dəqiqə və bir qədər çox olur. Delafild hematoksilinindən embrioloji preparatların rənglənməsi üçün istifadə edilməsi daha məqsədəuyğundur. Nüvə, xromosomlar, hüceyrə membranı və spermlər açıq göy rəngə boyanır. Tozcuq boruları daha açıq rəngə boyandığı halda, sitoplazma, demək olar ki, heç rənglənmir. Sitoplazmanı

rəngləmək üçün eozinin ya 1%-li sulu, yaxud da 1%-li spirtli məhlulundan istifadə edilir.

Delafild hematoksilinindən progressiv rəngləyici kimi istifadə edilir. Kəsikləri rəngləyicidə vaxtından artıq saxlamaq olmaz. Rənglənmənin dərəcəsinə diqqətlə nəzarət edilməlidir. Rənglənəcək obyektin xoşa gələn açıq-göy rəng alması üçün kəsiklərin yuyulduğu bir stəkan suya rəngləmədən sonra 2–3 damcı naşatır spirti əlavə edilir. Rənglənməmiş kəsiklər sirkə turşusu ilə turşulaşdırılmış spirtə ehtiyatla yuyulur.

Hazırlanmış daimi preparatlara mikroskop altında diqqətlə baxıb mikrosporogenezin mərhələlərinin şəklini çəkmək lazımdır. Bundan sonra mikroqametogenez mərhələsində tozcuqlardan hazırlanmış daimi preparatlara mikroskop altında baxmalı və şəkli çəkilməlidir. Bu zaman istifadə olunan bitkiyə xas olan tozcuqların quruluş və ölçülərinə, məsələrin sayına və quruluşuna, vegetativ və generativ hüceyrələrə, həmçinin spermi hüceyrələrinə xüsusi diqqət yetirilməlidir.

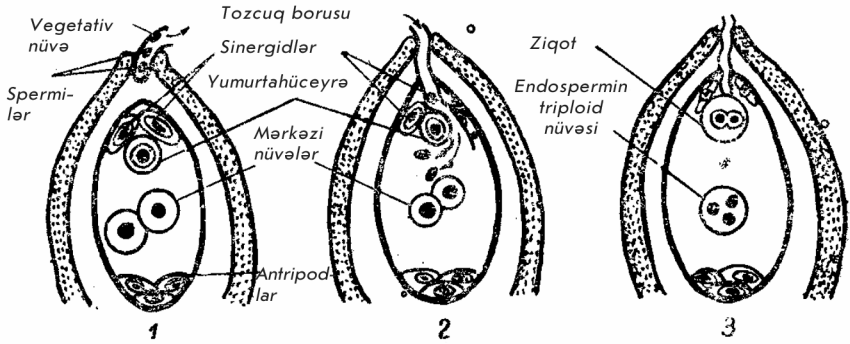
Mikrosporogenez və mikroqametogenezi müvəqqəti preparatlar hazırlamaqla öyrənmək mümkündür. Bu məqsədlə ya canlı materialdan, yaxud da Karnua fiksatoru ilə fiksə edilmiş və ya spirtə (70%-li) saxlanmış çiçək qruplarından istifadə edilir. Bu preparatların hazırlanma texnikası meyoz bölünməni öyrənmək məqsədilə tətbiq olunan texnika ilə eynilik təşkil edir.

TAPŞIRIQ 7

MEQASPOROGENEZ VƏ MEQAQAMETOGENEZ

İşin izahı. Cavan yumurtacığın subpidermal nutaluss təbəqəsində arxosporial hüceyrə, əksər hallarda isə ancaq bir hüceyrə ayrılır. Örtülütoxumlu bitkilərdə arxeosporların iki—biri hüceyrəli və ikihüceyrəli tipi müəyyən edilmişdir. Arxeospor hüceyrəsi meqaspor ana hüceyrəsinə çevrilməklə böyüyür (şəkil 11).

Meyozun iki bölünməsindən sonra meqaspor ana hüceyrədən, dörd meqasporadan ibarət tetrada əmələ gətirir.



Şəkil 11. Çiçəkli bitkilərdə ikiqat mayalanmanı göstərən sxem.

1—tozcuq borusunun rüşeym kisəsinə daxil olması; 2—tozcuq borusunun möhtəviyyatının rüşeym kisəsinə tökülməsi; 3—rüşeym kisəsi mayalanmadan sonra.

Tetradada meqasporların yerləşməsi ya xətti, ya da T-şəkilli olur. Tetradaların hər biri haploid xromosom yığına malikdir. Lakin tetradalardan yalnız biri öz inkişafını davam etdirir, Qalan üçü isə degenerasiyaya (inkişafına monosporluluq tipi) uğrayır. Bu hüceyrələr heyvanlarda yumurtahüceyrə yetişən zaman əmələ gələn yönəldici cismciklərin taleyini xatırladır.

Sonrakı mərhələdə meqaqametogenez baş verir. Müəyyən funksiya yerinə yetirmək üçün qalmış meqaspor böyüməkdə davam edir. Bundan sonra onun nüvəsi bir sıra mitoz bölünməyə məruz qalır. Bu zaman hüceyrənin özü bölünmür, o rüşeym kisəsini əmələ gətirir.

Müxtəlif bitkilərdə mitozun sayı birdən üçə qədər olur. Örtülütoxumlu bitkilərin təxminən 70%-ində üç ardıcıl mitoz bölünmə baş verir və nəticədə səkkiz eyni tip nüvə əmələ gəlir. Bu bölünmələr zamanı nüvələr qütblərdə yerləşir, onlardan dördü mikropilin (spermlərin daxil olduğu yer) yaxınlığında yerləşdiyi halda, qalan dördü isə rüşeym kisəsinin xalazal adlanan əks tərəfində yerləşir (şəkil 11). Sonralar bu nüvələr xeyli miqdarda sitoplazması olan müstəqil hüceyrələrə çevrilir.

Mikropilin yaxınlığında yerləşmiş dörd hüceyrədən üç—yumurtahüceyrəni və sinergid adlanan ikihüceyrə yu-

murta aparatını əmələ gətirir. Sinergid hüceyrələri özlərinin quruluşuna və ölçüsünə görə eyni tipli olur. Onlar əksər hallarda armudvarı, yaxud dartılmış formada olur. Sinergidlərdə nüvə hüceyrənin yuxarı, sitoplazmanın toplandığı hissədə, vakuol isə aşağı hissədə yerləşir. Bu aparat mayalanma zamanı tozcuq borusunun rüşeym kisəsinə daxil olmasında böyük rol oynayır. Dördüncü nüvə rüşeym kisəsinin mərkəzinə doğru çəkilərək xalazalar tərəfdən çəkilmiş bir nüvə ilə birləşir. Mərkəzi hissədə birləşmiş iki haploid nüvədən bir diploid—ikinci nüvə, yaxud mərkəzi, rüşeym kisəsinin nüvəsini əmələ gətirir. Rüşeym kisəsinin xalazal tərəfində qalmış üç nüvə hüceyrələr şəklində formalaşır və antipodlar adlanır. Antipod hüceyrələri bir, iki və çoxnüvəli ola bilər. Endomitoz nəticəsində antipod nüvəsi yüksək poliploidli xromosom sayına malik olub nəhəng ölçülüdür. Əksər hallarda onda politen xromosomlar olur. Bunların formalaşması bərk buğdada daha yaxşı öyrənilmişdir. Antipodlar rüşeym kisəsinin qida aparatı, daha doğrusu, “həzmedici” hüceyrələridir. Sinergidlər kimi antipodlar da ziqotanın inkişafı zamanı köməkçi rolunu ifa edir və tezliklə parçalanır.

Beləliklə, üç mitoz bölünmədən sonra rüşeym kisəsində 8 eyni cür haploid nüvə əmələ gəlir və bunlardan yalnız biri yumurtahüceyrə əmələ gətirir.

Bir meqasporadan səkkiz nüvəli rüşeym kisəsinin əmələ gəlməsi sxemi olduqca tipikdir. Lakin bu proses müxtəlif bitki qruplarında müxtəlif yolla gedir. İnkişaf prosesinə sərf olunan makrosporların sayından asılı olaraq rüşeym kisələri üç qrupa bölünür: 1) birsporlu—monosporik; 2) ikisporlu—bisporik; 3) dördsporlu—tetrasporik. Yuxarıda haqqında bəhs edilmiş rüşeym kisəsinin inkişaf tipi—monosporik tipə aiddir.

Bitki və heyvanlarda cinsiyyət hüceyrələrinin yetişmə prosesinin müqayisə edilməsi, bitki və heyvanların filogen - ezdə aralanması (divergensiya) hüceyrə yaranmanın meydana gəlməsinin ilk mərhələsində baş verdiyinə baxmayaraq, demək olar ki, onların tam paralelliyini göstərir. Bu, bitkilər və heyvanlar aləmində bir sıra uyğunlaşma mexanizmlərinin eyni tipli prinsip əsasında qurulduğunu subut edir.

Təcrübənin qoyulması

İşin izahı. Buğda, qarğıdalı, noxud və başqa bitkilərdə rüşeym kisəsinin formalaşmasının əsas mərhələlərinə və meqasporogeneza mikroskop altında baxmaq və şəklini çəkmək.

Material və ləvazimat. Rüşeym kisəsinin formalaşmasının müxtəlif mərhələləri və meqasporogenezi əks etdirən daimi preparatlar, mikroskop, obyektivi əksətdirən aparat, okulyar tor, qələm, əşya və örtücü şüşələr, fiksəedici və rəngləyici məhlullar.

İşin yerinə yetirilməsi: meqasporogenez və meqaqametogenez prosesini öyrənmək üçün, adətən, daimi preparatlardan istifadə edilir. Meqasporogenez əksər hallarda mikrosporogenezlə bir vaxtda baş verir. Buna görə də müvafiq preparatlar hazırlamaq üçün dişicikləri, mikrosporogenezi keçirən tozluqları da eyni vaxtda fiksə etmək lazımdır.

Rüşeym kisəsinin inkaşafını öyrənmək üçün qönçə, çiçəklənmədən əvvəl, çiçəkləmə mərhələsində olan çiçəklərin dişiciklərini fiksə etmək əlverişlidir. Buğda bitkisinde rüşeym kisəsinin formalaşması sünbülləmə prosesindən 1–3 gün əvvəl başlayır, sünbülləmədən 1–3 gün sonra isə başa çatır. Rüşeym kisəsi çiçəkləmədən 2–3 gün əvvəl yetişir. Arpa bitkisinde rüşeym kisəsinin formalaşması sünbülləmə prosesi-nədək, noxud bitkisinde isə qönçə mərhələsində başa çatır.

Hazırlanmış daimi preparatalara mikroskop altında diqqətlə baxıb meqasporogenezin mərhələlərinin şəklini çəkmək lazımdır. Bundan sonra digər preparatlara baxmaqla birnüvəli, ikinüvəli, dördnüvəli, səkkiznüvəli rüşeym kisələrinin, həmçinin buğda və digər taxıl bitkilərinin, eyni zamanda noxud və başqa paxlalı bitkilərin formalaşmış rüşeym kütləsinin də şəkli çəkilməlidir.

Preparatlara mikroskop altında baxmaqla şəkillər çəkərkə yumurtahüceyrə, qütb nüvələri və antipod hüceyrələrinin yerləşmələrinə, həmçinin onların quruluşuna diqqət yetirmək lazımdır.

ÖRTÜLÜTOXUMLU BİTKİLƏRDƏ MAYALANMA

Bitkilərdə mayalanma-tozlanma, tozcuq borusunun inkişafı və cinsiyyət hüceyrələrin möhtəviyyatının qarışması kimi çoxcəhətli fizioloji prosesdir. Bütün bu mərhələlər bir-birilə əlaqəli və qarşılıqlıdır. Bu prosədə cinsiyyət hüceyrələrinin nüvələrinin ayrılması həlledici əhəmiyyətə malikdir.

Mayalanma prosesi döənən xassəli deyil. Bir dəfə mayalanmış yumurtahüceyrə təkrar mayalana bilməz. Erkək və dişi cinsiyyət hüceyrələrinin möhtəviyyatının qarışması (sinqamiya) və karioqamiya mayalanma prosesinin mahiyyətini əks etdirir.

Bitkilərdə mayalanma prosesi heyvanların mayalanma prosesinə oxşar olub, özünəməxsus xüsusiyyətlərə malikdir.

Tozcuq borusu rüşeym kisəsinin mikropilisinə qədər inkişaf edərək uzanır və yumurta aparatı—yumurtahüceyrə və sinergidlərlə təmasda olur. tozcuq borusunun uc hissəsinin sinergidlərlə təmasda olduğu vaxt tozcuq borusu partlayır və bu zaman sinergidlər dağılır. Son zamanlar mayalanma prosesində sinergidlərin nə kimi mühüm rol oynadığına xüsusi diqqət verilir. Məlum olmuşdur ki, sinergidlər xemotropik xassəyə malik olduğu üçün tozcuq borusunun rüşeym kisəsinə və yumurta aparatına cəlb olunmasında xüsusi rol oynayır. Belə ki, sinergidlər tozcuq borusunun membranının şişməsi və həll olmasını təmin edən sitaza və pektaza fermentlərini ifraz edir. Tozcuq borusu ilə hərəkət edən iki generativ nüvə—spermilər tozcuq borusu qırıldıqdan sonra onun möhtəviyyatı ilə birlikdə rüşeym kisəsinin daxilinə düşür. Rüşeym kisəsinin daxilinə düşmüş bu iki spermilərdən biri yumurtahüceyrənin haploid xromosom sayı nüvəsi ilə birləşir. Sperm nüvəsinin yumurtahüceyrənin nüvəsi ilə birləşməsi bitkilərdə, əsasən, mayalanma hesab edilir. Mayalanmış yumurtahüceyrədə—ziqotda xromosomların diploid sayı bərpa olunur. Ziqotdan toxumun rüşeymi inkişaf edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, heyvanlarda olduğu kimi bitkilərdə də spermilərin rüşeym kisəsinə daxil olmasından əvvəl

dişi nüvə müxtəlif inkişaf mərhələlərində ola bilər. Karioqamiya isə yalnız meyoza prosesi sona çatdıqdan sonra baş verir.

Örtülütəxumlu bitkilərdə toxumda rüşeymdən başqa əlavə embrional orqan olan endosperm də inkişaf edir. Endosperm rüşeymin bilavasitə ehtiyat qida deposu rolunu oynayır. Endospermin inkişafının başlanması ikinci mayalanma ilə təmin olunur. Tozcuq borusunda olan ikinci sperm rüşeym kisəsinə düşərək onda olan mərkəzi diploid nüvə ilə birləşir. Bu zaman ananın iki dəst eyni cür və bir dəst atanın xromosomlarından ibarət üçqat xromosom sayına malik triploid hüceyrə əmələ gəlir. Spermərdən birinin yumurta-hüceyrə ilə, digərinin isə mərkəzi hüceyrənin nüvəsi ilə birləşməsinə ikiqat mayalanma deyilir. Örtülütəxumlu bitkilərdə ikiqat mayalanma hadisəsini 1898-ci ildə rus alimi sitoloq-embrioloq S.Q.Navaşin kəşf etmişdir. S.Q.Navaşin ikiqat mayalanma prosesində spermərin struktur quruluşunu öyrənən zaman onların telofaza vəziyyətində olduğunu müşahidə etmişdir.

Təcrübənin qoyulması

Buğda, qarğıdalı, noxud və digər bitkilərdən ikiqat mayalanma zamanı hazırlanmış daimi preparatlarda, rüşeym kisələrinə mikroskop altında baxmaq və şəklini çəkmək lazımdır.

Material və ləvazimat. Buğda, qarğıdalı, noxud və digər bitkilərdə ikiqat mayalanmanı əks etdirən daimi preparatlar. Mikroskop, obyektivi əks etdirən aparat, okulyar tor, şəkil albomu, qələm, əşya və örtücü şüşələr.

İşin yerinə yetirilməsi. Örtülütəxumlu bitkilərdə mayalanma prosesini, adətən, daimi preparatlar hazırlamaqla öyrənmək əlverişlidir. Tozlanmada müəyyən vaxt keçdikdən sonra dişicikləri Modilevski, yaxud Navaşin fiksəedici məhlullarında fiksə etmək lazımdır.

Navaşin fiksəediciyini hazırlamaq üçün 10:4:1 nisbətində xrom turşusu, formalin (45%-li) və sirkə turşusunun qatışıqından istifadə edilir. Bu məhlulda obyektin fiksə olunma müddəti 2–3 gündən 24 günə qədər davam edir.

Modilevski fiksədicisini hazırlamaq üçün 9:2:2:2 nisbətində xrom turşusu, formalin (40%-li), turş ikili xrom, kalium və sirkə turşusunun qatışıqından istifadə edilir. Bu cür hazırlanmış qatışıqda obyektin fiksə olunma müddəti 24 günə qədər davam edir.

Sulu fiksədicilər yumurtalığın hüceyrələrinə yavaş daxil olduğu üçün qabaqcadan buğda, qarğıdalı, noxud bitkilərinin dişiciklərini 1–2 dəqiqəliyə sirkə alkoqoluna (3:1 Karnua fiksədicisi) salmaq lazımdır. Sonradan daimi preparatların hazırlanması prosesində ümumi sitoloji metodlardan istifadə edilir. Dişiciyi mikrotomda kəsən zaman elə etmək lazımdır ki, bıçağın ülgücü meyvə yarpaqcıqlarının bitişmə yerinə paralel olsun. Mayalanma prosesinin əvvəlində preparatları rəngləmək üçün Y.S.Modilevski fuksin metilən göyü rəngləyicisindən istifadə edilir. Bu zaman böyüməkdə olan tozcuq borusu tünd qırmızı, spermlər tünd-zanbaq, yumurtalıq hüceyrələrinin, o cümlədən, rüşeym kisəsinin qalan nüvələri göy rəngə boyanır, lakin sitoplazma mavi rəngin müxtəlif çalarlığında boyanır. Tozcuq borusu rüşeym kisəsinə daxil olduqdan və möhtəviyyatını ona boşaltdıqdan sonra sinergidlər açıq çəhrayı rəngə boyanır.

Suallar və məsələlər

1. Dörd xromosoma malik spermatoqoni mərhələsindən başlayaraq spermatogenezin sxeminin şəklini çəkməklə ayrı-ayrı mərhələləri təsvir edin.

2. Ooqoniya mərhələsindən başlayaraq yetişmiş yumurtanın əmələgəlməsinə qədər oogenezin sxeminin şəklini çəkməklə təsvir edin.

3. Əgər orqanizm 2,4,46 xromosoma malik olarsa, onda neçə sort yumurta alına bilər?

4. Drozofil (*Dr. melanogaster*) 4-ü anadan və 4-ü atadan olmaqla 4 cüt xromosoma malikdir. Dişinin qametləri ananın bütün xromosomlarını daşıyacağını gözləmək olarmı?

5. Əgər bir cüt xromosoma malik erkəyin hazırladığı 100 spermatozoidin belə dişinin hazırladığı 100 yumurtanı mayalayarsa, onda ziqotlarda ata və ananın xromosomlarından nə qədər kombinasiyalar meydana gələ bilər?

6. Yumurtahüceyrə ananın somatik hüceyrələrinə nisbətən nə qədər xromosom sayına malik ola bilər? Səbəbini izah etməli.

7. Mikrosporogenez və qametogenez proseslərinin bioloji mahiyyəti nədən ibarətdir?

8. Generativ hüceyrənin vegetativ hüceyrədən əsas fərqi nədən ibarətdir?

9. Yumurtahüceyrə necə inkişaf edir və hansı hissələrdən təşkil olunur?

10. Örtülütoxumlu bitkilərdə rüşeym kisəsinin bütün tiplərini təsvir etməli.

11. İlkin hüceyrədə bir cüt xromosom olduqda tozluqda neçə sort tozcuq əmələ gələ bilər? Əgər dörd cüt xromosom olarsa?

12. İkiqat mayalanmanın mahiyyəti nədən ibarətdir?

IV FƏSİL

DROZOFİLİN BİOLOGİYASI, İNKİŞAFI, YETİŞDİRİLMƏSİ

DROZOFİL GENETİK TƏDQIQAT OBYEKTİ KİMİ

Laboratoriya şəratində tələbələrin əlamətlərin irsiliyi qanunlarını praktik olaraq öyrənməsi üçün drozofil milçəkləri çox əlverişli obyekt hesab edilir. Odur ki, drozofil milçəyi ilə təcrübələr qoymazdan əvvəl onların biologiyası və genetik xüsusiyyətləri ilə tanışlıq sonrakı işi asanlaşdırmağa bilər.

Genetikanın inkişaf tarixi meyvə milçəyinin—drozofilin (*Dr. melanoqaster*) tədqiqat obyektini kimi istifadə olunması ilə bilavasitə əlaqədardır. Bu, xüsusən genetikanın məhəng daşı hesab edilən irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinə aid olub, bunun əsasında da müasir molekulyar genetik və ümumiyyətlə, molekulyar biologiyanın bir çox sahələri inkişaf etməkdədir.

Drozofil milçəyi cəmiyyətimizin bir sıra nəzəri və praktiki əhəmiyyəti olan biliklərə yiyələnməsində əvəzsiz tədqiqat obyektinə olmuşdur. Onun genetikası haqqında elmi jurnallarda minlərlə məqalə nəşr olunmuşdur. Genetik məsələlər ilk dəfə drozofil milçəyində açılmış, sübut olunmuş və yoxlanılmışdır.

1922-ci ildə ilk dəfə olaraq drozofilin bir neçə xətti Morqan məktəbinin professoru German Meller tərəfindən Rusiyaya gətirilmişdir.

Meyvə milçəyi—drozofil laboratoriyası praktikasına ilk dəfə 1901-ci ildə heyvan genetikası üzrə mütəxəssis Amerika genetikisi Kestl tərəfindən daxil edilmişdir. O, öz əməkdaşları ilə birlikdə heyvanın nəsilvermə qabiliyyətinə və müxtəlif əlamətlərin dəyişməsinə inbridinqin uzunmüddətli təsirini

drozofil milçəyi üzərində öyrənmişdir. Amerika genetikisi Lütts ilk dəfə olaraq irsiyyət qanunlarını öyrənməkdə drozofilin rolunu göstərmişdir. O, 1906-cı ildə drozofilin qanadlarının damarlanmasının bəzi xüsusiyyətlərinin irsi müəyyən edildiyini sübut etdi. Bu zaman Amerika tədqiqatçısı Stivens drozofilin kariotipini təsvir edərək, həmçinin xromosomların heteromorf cütünü aşkar etdi. Həmin xromosomların da cinsiyyət xromosomları olduğu gələcəkdə müəyyən edildi.

1909-cü ildə irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinin müəllifi Tomas Gent Morqan bir neçə drozofil xəttini Lütstdən almışdır. Morqanın laboratoriyasında onun yaxın əməkdaşları Bridges, Stertevant və Mellerin iştirakı ilə drozofil milçəyi tədqiq olunaraq, onun normadan kənarlanan formalarının axtarışına başlandı. Laboratoriyada əvvəllər drozofilin 14 mutant, 1914-cü ilə kimi isə 168 mutant xətti müəyyən edildi. Bu mutantlardan ən maraqlısı cinsiyyətlə ilişikli olan “gözləri ağ” anormal forma idi. 1916-cı ildə Bridges ağgöz dişi fərdlərdə bu əlamətin qeyri-adi irsiliyini aşkar etdi, yəni həmin əlamətin dişi fərdlərdə cinsiyyət xromosomu ilə irsilyi fikri söyləndi. Bu məsələ sonradan Bridges tərəfindən sitoloji analizlə təsdiq olundu. Cinsiyyətlə ilişikli irsiliyin kəşf edilməsi ilə drozofildə irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinin həyata keçirilməsinə başlandı.

Genetikada əsas fundamental kəşflər drozofilin tədqiqi ilə əlaqədardır. Drozofildə ilk dəfə xromosomun gen xəritəsi tərtib edilmiş, ilişikli qrupların miqdarı və ölçüləri, homoloji xromosomların miqdarı müəyyən edilmişdir: cinsiyyətin təyininin xromosom mexanizmi, xromosom çarpazlaşmalarının bütün qanunauyğunluqları təfsilatı ilə öyrənilmişdir: təcrübələrlə xromosom sahələrinin bilavasitə mübadiləsi və ondan irəli gələn nəticələr nümayiş etdirilmişdir. Xromosomların ilk sitoloji xəritəsi də drozofildə tərtib edilmişdir. 1925–1927-ci illərdə Rusiya və Amerika alimləri tərəfindən drozofildə genlərin sabitliyi və onların xarici mühitdən asılı olmaması fikri inkar edilmişdir. Bu milçəklərdə ilk dəfə olaraq genlərin pleyotrop təsiri, vəziyyət effekti, spontan, radiasion və kimyəvi mutagenəzin qanunauyğunluqları işlənilib hazırlanmış, genlərin bölünməsi və onun mürəkkəb quruluşlu problemi də tədqiq edilmişdir. 1933-cü ildə drozofilin

tüpürçək vəzində aşkar edilmiş politen (nəhəng) xromosomlar populyasiyanın sitogenetikasının və xromosomların funksiyasının öyrənilməsinə qüvvətli təkan oldu.

Drozofilin populyasiyasının genetikasının tədqiqi təkamülün mexanizmini öyrənməkdə həm nəzəri, həm də böyük praktiki material verdi. Hazırda genetikanın mürəkkəb sahələrindən olan davranışın genetikası drozofil üzərində aparılan eksperimentlər nəticəsində xeyli irəliləmişdir.

Müasir dövrdə ayrı-ayrı xromosom sahələrinin incə quruluşunun analizi, populyasiyada genetik polimorfizmin öyrənilməsində izozim analiz, ontogenezin mexanizminin dərk olunması üçün fermentativ aktivliyin tədqiqi, biokimyəvi və sitoloji səviyyədə ayrı-ayrı genlərin incə quruluşunun öyrənilməsi kimi məsələlərin həllində drozofil milçəyi qiymətli obyektidir.

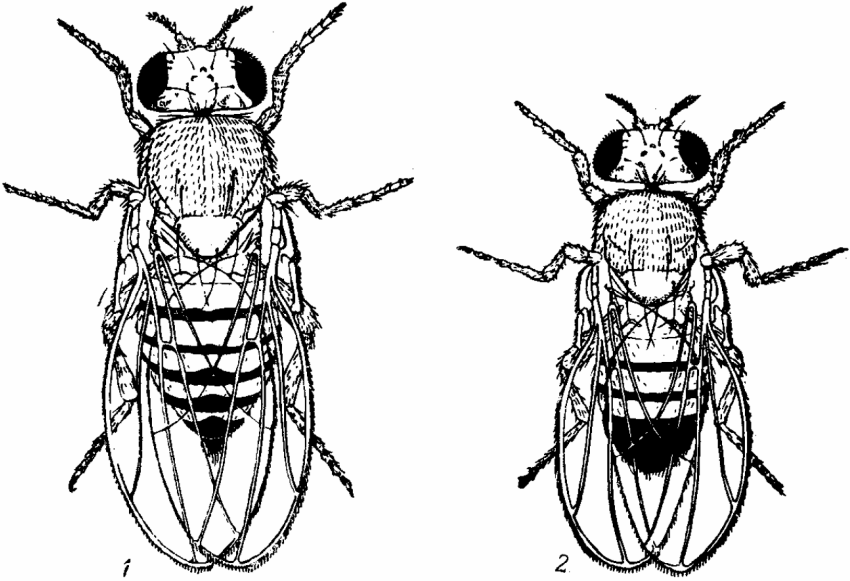
DROZOFİL MİLÇƏYİNİN BİOLOGİYASI

Drozofil milçəyi nəzəri tədqiqat aparmaq üçün çox əlverişli laboratoriya obyektidir. O, çox asanlıqla çoxaldılır, qısa inkişaf dövrüyyəsinə malikdir, çoxlu nəsil verir, yaxşı gözə çarpan morfoloji əlamətlərə malikdir. Çoxlu miqdarda spontan və induksion mutantlarının mövcudluğu və xromosomlarının miqdarının azlığı onun tələbələrə bir sıra laboratoriya məşğələləri aparmağa imkan verir.

Drozofil kiçik, boz rəngli milçək olub, bədəninin uzunluğu 3 mm-ə qədər, gözləri isə açıq qırmızıdır. Normal inkişaf etmiş bir cüt qanadı olub, bədəninə nisbətən uzundur. Meyvə şirəsi ilə qidalanır. Laboratoriyalarda onu xüsusi qidalı mühitdə yetişdirirlər (bax, səh. 67).

Drozofil milçəyinin yumurtasının uzunluğu 0,5 mm olub, iki çıxıntıya malikdir. Bu çıxıntılarla o, qidanın səthinə yapışır. Dişi fərdlər mayalandıqdan bir qədər sonra yumurtalar qoyur. Əlverişli şəraitdə hər bir dişi milçək gün ərzində 50-dən 80-ə qədər, 3–4 gün ərzində isə 200-dən artıq yumurta qoyur.

Laboratoriya şəraitində mayalanmadan 20–24 saat sonra yumurtadan sürfə çıxır.



Şəkil 12. Drozofil milçəyi:
1—dişi; 2—erkək.

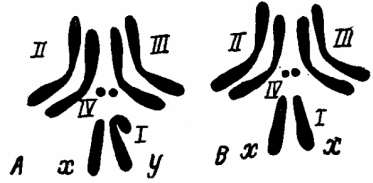
Sürfənin inkişafı 3 mərhələdən ibarətdir. Birinci və ikinci mərhələlər qabıq dəyişmə (linka) ilə qurtarır. Üçüncü—puplama mərhələsi yumurtadan çıxandan, təxminən 4 gündən sonra başlanır.

Pupdan yenicə çıxmış cavan milçəklərin uzun sarımtıl bədənə, demək olar ki, piqmentdən məhrum olur, qısa qanadları bədənə sıx söykənir. Dişi fərdlər 18 saatdan sonra mayalanmağa qabil olur. Dişi fərdlər ikinci gündən başlayaraq ömürlərinin sonuna qədər yumurta qoyur.

Dişi drozofil erkəklərdən ölçüsünə və bir sıra morfoloji əlamətlərinə görə fərqlənir (şəkil 12).

Dişi milçəklər, adətən, erkəklərdən bir qədər iri, qarıncıq hissəsinin qurtaracağı iti, erkəklərinki isə dairəvi olur. Dişilərdə qarıncığın son buğumu erkəklərdəkinə nisbətən zəif piqmentlidir. Bundan əlavə erkəklərdə cinsiyyət daraqcığı adlanan orqan olur. Bu daraqcıq ön ətrafların birinci buğumunda yerləşib, bir sıra möhkəm xitin pulcuqlardan (qar-

maqcıqlardan) ibarətdir. Bu əlamətlər ancaq binokulyar lupa altında yaxşı müəyyən edilir. Odur ki, praktiki məşğələlərdə cinsiyyətlər onların bədəninin formasına və qarıncığının piqmentliyinə əsasən müəyyən edilir.



Şəkil 13. Drozofilin diploid xromosom yığılı:

A—erkək, B—dişi; I, II, III və IV cüt homoloji xromosomlar.

Drozofilin somatik hüceyrələrində 4 cüt xromosom olur. Birinci cüt cinsiyyət xromosomları adlanır. Dişi fərdlərdə onlar

cüt akrosentrik XX—xromosomlardan, erkək fərdlərdə bir X—xromosomdan və bir submetasentrik Y—xromosomdan ibarətdir. İkinci və üçüncü cütlər iri metasentrik autosom xromosomlardan və nəhayət, dördüncü cüt kiçik (formasına görə dəni xatırladır) mikroxromosomdan ibarətdir (şəkil 13).

Drozofildə xromosomların funksional morfoloqiyasını öyrənmək üçün onların tüpürcək vəzilərində yerləşən nəhəng politen xromosomları çox əlverişli obyektidir (bax, səh. 197).

DROZOFİL MİLÇƏYİ İLƏ TƏCRÜBƏ QOYAN ZAMAN LAZIM OLAN ƏŞYALAR VƏ LƏVAZİMATLAR

1. Hündürlüyü 5–7 sm, diametri 2,5–3 sm, divarı nisbətən qalın şüşədən ibarət olan sınaq şüşələri. Bəzən bu məqsədlə mayonez və xama bankalarından (bərnilərindən) də istifadə edilir. uu

2. Kiçik ağızlı pinsetlər (maqqaşlar) və yumşaq fırçalar (quş lələyindən də istifadə etmək olar).

3. Ölçüsü 5×10 sm olan ağ-süd rəngli şüşə lövhələr. Belə şüşələr işığa verilmiş fotolövhələr və ya möhkəm ağ kağız vərəqələrlə də əvəz oluna bilər.

4. Binokulyar lupa və ya müxtəlif konstruksiyalı, azı 4 dəfə böyüdən kiçik stolüstü lupalar.

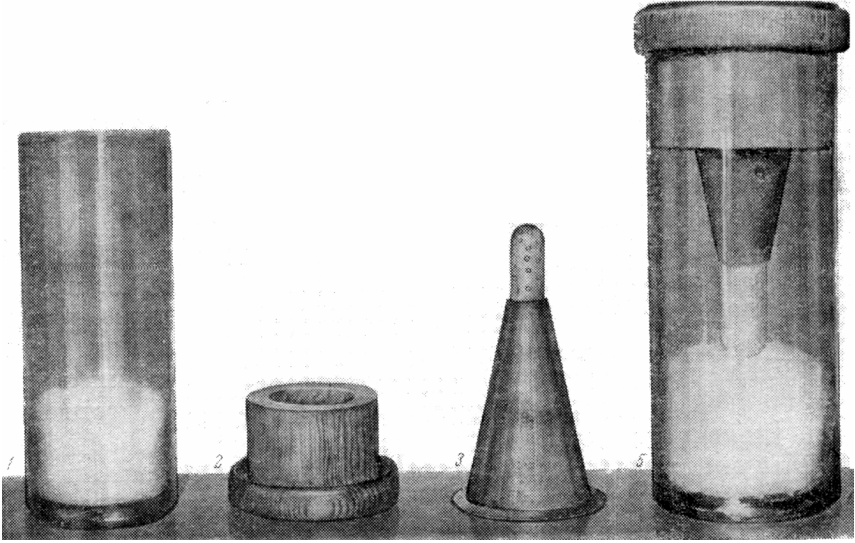
5. Saat şüşəsi və ya Petri kasasının bir hissəsi.

6. Efir üçün damcı qabı, efirlə birlikdə.

7. Efrizator və ya yatırıcı (morilka). Adi halda drozofil yetişdirilən stəkanların ağızına ağac tıxaclar taxmaqla istifa-

də edilə bilər. Belə tıxacların daxili hissəsində çöküntü düzəldilir və ora efir tökmək üçün pambıq qoyulur (şəkil 14).

8. İşlənmiş drozofilləri atmaq üçün qab. Bundan ötrü 0,5 l həcmində bərnildəndən istifadə edilir. Həmin bərniyə 1/4 həcmində işlənmiş spirt və ya neft tökülür. Ağzı şüşə lövhə ilə (Petri kasası) örtülür.



Şəkil 14. Morilka (drozofili yatırmaq üçün).

9. Stəkanların ağzına tıxac düzəltmək üçün pambıq.

10. Qidalı mühit hazırlamaq üçün qazan və qaz plitəsi.

11. Menzurka, tərəzi, şüşə, karandaş, etikətlər və tuş. Diametri 5–6 sm olan rezin halqalar.

12. Termostat. (İçərisində elektrik lampaları qoyulmuş taxta qutu və şkafdan da istifadə etmək olar. Elektrik lampalarının sayını artırıb azaltmaqla orada temperaturu tənzim etmək olar).

13. Təcrübə qoyulmuş milçəkləri saxlamaq üçün taxta qutu: eni 10–15 sm, uzunluğu 25–30 sm, hündürlüyü 6–8 sm (20...30 ədəd).

QİDALI MÜHİT VƏ ONUN HAZIRLANMASI

Drozofil üçün qidalı mühitin əsas tərkibi maya və şəkərdən ibarətdir. Qidalı mühitə, adətən, aqar-aqar əlavə edilir ki, bu da ona möhkəmlik, elastiklik verir. Aqar-aqar açıq rəngli, şəffaf olub, kimyəvi qarışıqlardan yaxşı təmizlənə bilər. Aşağıda (50 sınaq şüşəlik) ən çox yayılmış və qəbul olunmuş tərkibdə hazırlanan bir neçə qida mühiti verilir.

I. Su —300 ml
kişmiş —150 q
aqar-aqar — 6q

II. Su —500 ml
maya —30 q
kişmiş —25 q
manna yarması —18 q
şəkər —8q
aqar-aqar —5q

III. Su —350 ml
maya —40 q
manna yarması 13 q
şəkər —13 q
aqar-aqar —5q

IV. Su —400 ml
kartof —200 q
kişmiş —150 q
aqar-aqar—4q

Laboratoriyamızda aşağıdakı tərkibdə qidalı mühit hazırlanır və belə qidalı mühitdə drozofil milçəkləri daha yaxşı inkişaf edir.

1. Su —500 ml
2. Kişmiş —20 q
3. Manna yarması —23 q
4. Aqar-aqar — 8 q
5. Maya — 8 q

Laboratoriyada yuxarıda göstərilən tərkibdə qidalı mühit hazırlamaq üçün 500 ml adi su alüminium qazana tökülür və suyun səviyyəsi qazanda xüsusi qeyd edilir. Kişmiş təmiz

yuyulur, maya ilə birlikdə suya əlavə edilir. Qazanda kişmiş 60 dəqiqə qaynadıqdan sonra, oradan çıxarılır və həvəngdəstədə tam horra halına düşənə qədər əzilir. Bu müddət ərzində aqar-aqar bir qabda isladılır. (Kişmiş əzilən müddətdə qazan alovdan götürülür). Əzilmiş kişmiş qazana tökülür və qazanda belə qarışıqın daha 60 dəqiqə qaynadılması davam etdirilir. Sonra qazana isladılmış aqar-aqar əlavə edib yenə 30 dəqiqə qaynadılır. Bundan sonra qidalı mühitə (qazana) manna töküüb 30 dəqiqə qaynadılır. Artıq yem hazırdır. Hazır qidalı mühit soyumaq üçün saxlanılır. Onun temperaturu 50–60°C-yə çatdıqda stəkanlara (1–1,5 sm hündürlükdə) tökülür. Qida töküləcək stəkanlar əvvəlcədən təmiz yuyulur və sterilizə edilir, təmiz tənziqlə örtülür, otaq temperaturu dərəcəsinə çatana qədər soyudulur. Belə qida mühiti təcrübə qoymaq üçün istifadə edilə bilər. Səliqəli və təmiz hazırlanmış qida stəkanlarda ağzı pəmdiq tıxacla bağlanaraq soyuducuda 3–4 sütka saxlanıla bilər. Tıxac düzəldilmiş pambıq hər dəfə istifadədən əvvəl sterilizə edilərsə, bir neçə dəfə istifadə oluna bilər.

Milçəklər stəkanlardakı qidalı mühitə salınmamışdan əvvəl qidanın üzərinə bir az təzə maya məhlulu səpilir. Bu məqsədlə distillə edilmiş təzə mayanın qatı məhlulu (qaymaq kimi) hazırlanır. Yumşaq fırça ilə ondan bir damla qida mühiti üzərinə tökülür, quruyana qədər gözlənilir. Artıq qidalı mühit istifadə üçün hazır olur.

Hazırlanmış qidalı mühit çox bərk və həm də çox duru olmamalıdır. Çox bərk qidalı mühitə cavan süfrələr daxil ola bilmir və məhv olur. Həmçinin çox duru qidalı mühitə qoyulmuş yumurtalar orada batır məhv olur.

Drozofil milçəklərin uzun müddət (xüsusən əsas fondu) saxlamaq üçün aşağıdakı tərkibdə hazırlanmış qaydada maya əlavə olunur. Belə qidalı mühitdə milçəklərin yeni qidalı mühitə keçirilməsi 2 aya qədər davam edə bilər.

Su — 200 ml
Kişmiş — 20 q
Qarğıdalı unu — 15 q
Aqar-aqar — 1,5 q

Əsas xəttin milçəkləri zəif olarsa, belə qidalı mühitə 5–15 q kişmiş əlavə etmək olar.

Qidalı mühitdə kif əmələ gəlməsin deyə oraya nipagin (metil efir-oksibenzoy turşusu) və ya propion turşusu əlavə edilir. 1000 ml qidalı mühitə 10 %-li 5 ml nipagin və ya 5 ml propion turşusu tökülür.

Qidalı mühitə mikroorqanizmlər düşüb onu tutqunlaşdırdıqda oraya antibiotik sterptomitsin —100 mkq/ml tetrasiklin —30 mkq/ml və ya penisillin —100 mkq /ml əlavə edilir.

Hazırlanmış qidalı mühitə müxtəlif məqsədlər üçün milçəkləri salmazdan əvvəl drozofilin normal və mutant formaları ilə tanış olmaq lazımdır.

DROZOFİL MİLÇƏKLƏRİNİN NARKOZ EDİLMƏSİ

Milçəklərin analizi və sayılması, mayalanmamış dişi (virgin) milçəkləri çarpazlaşdırmaq məqsədilə seçilməsi tutqun ağ şüşə lövhə üzərində (bəzən lupa altında) aparılır. Bunun üçün milçəklərin yatırdılması (narkoz verilməsi) tələb olunur. Milçəklərin yatırdılması xüsusi yatırdıcıda—efirizatorla efirizatorla aparılır. Xüsusi efirizator olmadıqda, milçəklər onlar yetişdirilən stəkanlarda yatırdılır.

Milçəklər yatırdılan zaman içərisində uçan milçəklər olan stəkan sol ələ alınır və sağ əlin kiçik barmağı ilə stəkana vurmaqla milçəklər stəkanın dib hissəsinə endirilir. Bu zaman stəkanın ağızından pambıq tıxac çıxarılır və efirizatorla stəkanın ağızı tutulur. Bu əməliyyat elə edilməlidir ki, efirizator altda, içərisində milçək olan stəkan isə üst hissədə qalsın. Yüngülcə stəkani silkələməklə bütün milçəklər stəkandan efirizatora keçirilir və efirizatorun ağızı bir damla efir tökülmüş pambıq olan ağac tıxacla qapanır. Bütün milçəklər yatdıqdan sonra onlar ehtiyatla efirizatorundan tutqun ağ rəngli şüşə lövhə üzərinə tökülür, lupadan və yumşaq fırçadan (bəzən preparat iynəsindən) istifadə edilərək tezliklə sayılır və analiz edilir. Milçəklər narkozlaşmış vəziyyətdə 5 dəqiqəyə qədər yatır. Əgər yatmanı davam etdirmək lazım gələrsə, milçəklər böyük saat şüşəsi ilə örtülür və bu şüşə altına efirdə isladılmış pambıq tampon qoyulur. Əgər həmin milçəklər növbəti çoxalmaya lazım olarsa, onda onlar qidalı mühiti olan təmiz stəkanlara keçirilir. Stəkana salınmış yatmış milçəklər qidalı mühit olan stəkanın təmiz divarına keçir-

rilir. Milçəklər ayılana qədər stəkan yanı üstə saxlanılır. Onlar efirizator da çox saxlanıldıqda efirin yüksək dozası təsirindən ölür. Odur ki, milçəklər hərəkətdən qalan kimi efirizator dan çıxarılmalıdır.

Efirin təsirindən ölmüş milçəklərin qanadları yana və yuxarı aralanıb asılır, ətraflar uzanaraq (dartılaraq) hərəkətsiz olur. Çalışmaq lazımdır ki, pambıqdan stəkanın dibinə efir düşməsin. Belə olduqda milçəklər o dəqiqə ölür.

DROZOFİLLƏ TƏCRÜBƏLƏRİN QOYULUŞU VƏ TƏCRÜBƏ ŞƏRAİTİ

Drozofil milçəkləri ilə təcrübə qoymaq üçün onlar düzgün seçilməlidir. Mayalanmadan sonra dişi milçəklərin cinsiyyət orqanlarında həyat qabiliyyətinə malik spermalar bir neçə sutka (2,3 həftə) saxlanılır. Deməli, mövcud andan hər bir mayalanmış dişi milçəyin toxum qəbuledicisində əvvəlki kopulyasiyadan müəyyən qədər sperma ola bilər. Odur ki, çarpazlaşdırma aparmaq üçün mayalanmamış dişi (vergin) milçəklər onlar pupdan çıxdıqdan 10–12 saat müddətində seçilir, erkəklərdən ayrılır və çarpazlaşdırma üçün istifadə edilir.

Tələbələr tərəfindən təcrübə qoyularkən hər bir qidalı mühit olan stəkana 2–3 dişi və 3–5 erkək salınır. 24–25°C temperaturu olan termostata qoyulur. Stəkana bundan çox milçək salınması məsləhət görülmür. Əks təqdirdə alınan nəsil də milçəklər xırda və ömrü qısa olur.

Dişi milçəklər pupdan çıxdıqdan 1,5–2 gün sonra yumurta qoyur, əlverişli şəraitdə yumurta qoyuluşu onların ömrünün axırına kimi davam edir. Təcrübələrimizdə normal xətdən olan milçəklərin 1000–1250-yə qədər yumurta qoyumu müəyyən edilmişdir. Əlverişli saxlama şəraitində Bridces tərəfindən drozofil milçəyindən 2000-dən artıq yumurta alınmışdır.

Maya göbələyi yaxşı inkişaf etmiş mühitdə milçəklər daha çox yumurta qoyur. Qidalı mühitə maya əlavə edildikdən 24–36 saat sonra yumurta qoyuluşu optimal olur. Qidalı mühit köhnəldikcə və qıçırma prosesi artdıqca yumurta qoyuluşu azalır. Odur ki, qidalı mühitlə stəkanları uzun müd-

dət saxlamaq məsləhət görülmür. Onları maya əlavə etmədən 2–3 gün saxlamaq olar. Hazır qidalı mühit soyuducuda uzun müddət (ağzı pambıq tıxacla örtülmüş halda) saxlanıla bilər.

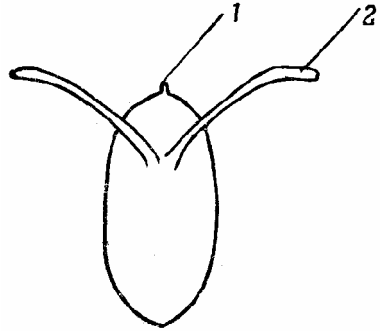
DROZOFİLİN İNKİŞAFI

Drozofilin yumurtası (şəkil 15) bir qədər uzunsov olub, təxminən 0,5 mm uzunluqdadır. Onlar təmiz qidalı mühitdə yaxşı görünür. Yumurtalar milçəklər tərəfindən stəkanda olan qidalı mühitin kənarına, rütubəti az olan hissələrə qoyulur.

Başqa həşəratlarda olduğu kimi, drozofilin yumurtası da xaricdən iki qatla qorunur. Yumurtanın ön hissəsində yerləşən kiçik əmziyin ucunda dəlik—rüşeymə müvafiq olaraq yumurtanın qarın (ventral) və bel (dorsal) tərəfləri ayırd edilir. Yumurtanın ön hissəsində yerləşən kiçik əmziyin ucunda dəlik—mikropile yerləşir. Həmin dəlikdən spermatozoid yumurtaya daxil olur. Yumurtanın ön tərəfindən bel səthindən önə və yanlara doğru iki çıxıntı filamentlər yumurtanı duru qidalı mühitə batmaqdan qoruyur.

Yumurtanın mayalanması balalıq yolunun yuxarı hissəsində baş verir. Əgər mayalanmış yumurtanın xaricə qoyulması əlverişsiz şərait üzündən ləngiyərsə, onda yumurtanın ilkin inkişaf mərhələsi dişi fərdin cinsiyyət yolunda gedir və qidalı mühitə sürfələr qoyulur, normal şəraitdə isə embrional inkişaf ana orqanizmdən kənarında 25–26°C temperaturda, 20–22 saat davam edir.

Sürfələrin yumurtadan çıxması və postembrional inkişafın başlanğıcı qidalanma ilə əlaqədardır. Bol qida milçəklərin iri olmasını və yüksək həyatiliyini təmin edir. Sürfələr çıx-



Şəkil 15. Drozofilin yumurtası (bel tərəfdən görünüşü):
1—mikropile; 2—filament.

dığı ilk vaxtlar qidalı mühitin səthində yerləşir, sonra qidanın dərinliyinə daxil olur və orada puplama mərhələsinə qədər qalır. Puplama qabağı sürfələr qidanı tərk edir, qidalanmadan qalır və bir müddət stəkanın divarında cəld sürünür. Sonra hərəkətdən qalır, uzununa xeyli qısalır və pupa xas olan çəlləkvari forma alır. Qida mühitində artıq rütubət olduğundan əksər sürfələr stəkanın divarında puplaşır. Əgər qida kifayət qədər bərk olarsa, demək olar ki, bütün sürfələr qidanın səthində puplaşır.

Puplama zamanı sürfələrin daxili orqanlarının inkişafında yeni mərhələ—metamorfoz inkişaf başlayır. Sürfənin bütün daxili orqanları (sinir sistemi və cinsiyyət vəzilərindən başqa) dağılır, yeni orqanlar öz başlanğıcını imaginal lövhə adlanan embrional toxumadan götürüb, yetkin orqanizmə xas formada inkişaf etməyə başlayır. Hələ sürfənin ilkin inkişaf mərhələsində imaginal lövhə əmələ gəlir. Onlardan bəzilərinin sürfə yumurtadan çıxmamışdan əvvəl əmələ gəldiyi ehtimal olunur. İmaginal lövhə başlanğıcı çox kiçik olduğundan bədən boşluğunda onu tapmaq çətinlik törədir. Sürfə inkişaf etdikcə imaginal lövhə də böyüyür. Puplama qabağı onlar tamamilə formalaşır və onlardan bəziləri (məsələn, gözün imaginal lövhəsi) definitiv orqana xas olan bəzi xüsusiyyətlərə malik olur. Yüksək böyüdücü mikroskop altında gözün imaginal lövhəsində ayrı-ayrı fasetlər aydın görünür. Belə imaginal lövhələrdən milçəyin bütün orqanları—ətraflar, qanadlar, antenalar, cinsiyyət aparatı və s. inkişaf edir.

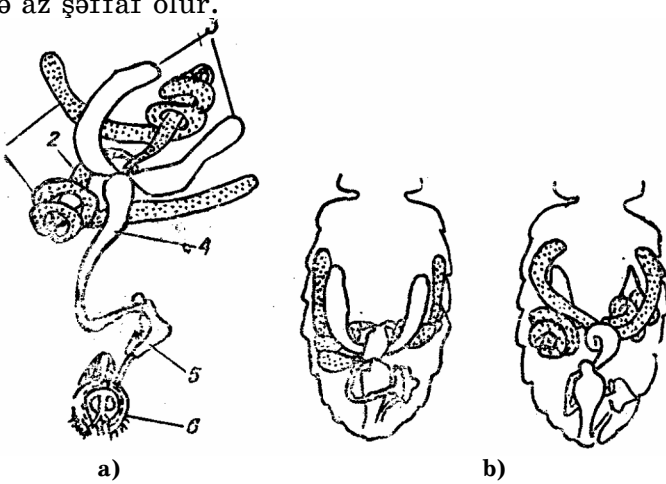
Beləliklə, drozofilin pup inkişaf mərhələsində bir tərəfdən sürfənin orqan və toxumalarının dağılması (histoliz), digər tərəfdən isə imaginal lövhədən yetkin milçəyin definitiv orqanlarının inkişafı (histogenez) baş verir. Drozofilin pup inkişaf mərhələsi 4 gün davam edir.

Pupdan çıxmış cavan milçəklər nisbətən uzunsov: qanadları qısa, bədənə sıx yapışmış, qılıçqlar zəif olur. Onlar belə vəziyyətdə yetkin formalardan yaxşı fərqlənir.

Sürfələrin digər xüsusiyyətlərindən biri də onların erkən sürfə mərhələdə cinsiyyətə görə fərqlənməsidir. Erkək və dişi sürfələrin qanadlarının qeyri-bərabər inkişafı sayəsində onlar yumurtadan çıxma anından başlayaraq bir-birindən fərqlənir, uyğun yaşlarında erkək qonadalar (toxumluqlar)

dişi qonadalardan (yumurtalıqlardan) bir neçə dəfə iri olur. Canlı sürfələrə binokulyar lupanın iri böyüdücüsündə üstdən baxdıqda qonadalar asanlıqla görünür. Toxumluqlar üçüncü və dördüncü arxa buğumlar arasında yerləşir və keçən işıqda iki aydın oval dairə şəklində, şəffaf xitin təbəqə altında yaxşı görünür (şəkil 16).

Bu yolla pupun da cinsiyyətini müəyyən etmək olar. Lakin bu iş puplamanın birinci sutkası ərzində daha asan olur. Pupun cinsiyyətini sonrakı yaşlarda təyin etmək çətinləşir. Belə ki, pupun xitin təbəqəsi yaş artdıqca sıxlaşır, tutqunlaşır və az şəffaf olur.

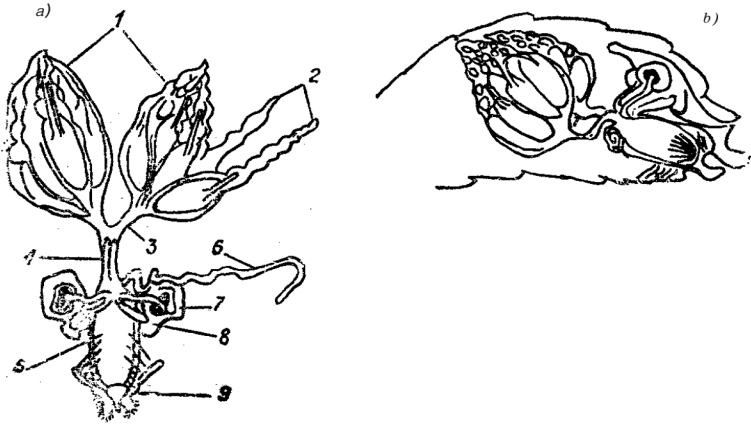


Şəkil 16. Erkək drozofilin cinsiyyət sistemi (A. Millərə görə, 1950)
a—ümumi görünüşü; *1*—toxumluqlar; *2*—toxum kisələri; *3*—cinsiyyət vəziləri; *4*—toxum çıxarıcı kanal; *5*—eyyakulyator əzələsi; *6*—xarici genitali; *b*—qarın boşluğunda cinsiyyət sisteminin yerləşməsi (bel və qarın tərəfdən görünüşü).

Başqa həşəratlarda olduğu kimi drozofildə də ilkin cinsiyyət hüceyrələr xətti ziqot nüvəsinin təxminən səkkizinci dəfə bölünməsindən sonra, blastoderma əmələ gəldikdə ayrılır. İnvaginasiya zamanı ilkin cinsiyyət hüceyrələri rüşeymin boşluğuna daxil olur, iki qrupa ayrılır, mezodermal təbəqə ilə örtülərək qonadaları əmələ gətirir və sürfənin piy

təbəqəsində 5–6 buğum hüdudunda sferik şəffaf cisimcik kimi müşahidə olunur (şəkil 17).

Cavan sürfələrin qonadalarında ilkin cinsiyyət hüceyrələri aktiv bölünür və miqdarı artır. Onların əksəriyyəti gələcək diferensiasiya yoluna qədəm qoyur, lakin bəziləri poliferasiya olunma aktivliyini saxlayır və onların diferensiasiyası imaqo mərhələsində başa çatır.



Şəkil 17. Dişi drozofilin cinsiyyət sistemi (A. Millərə görə, 1950):

a—ümumi görünüşü; 1—yumurtalıqlar; 2—yumurta boruları; 3—cüt yumurta axarları; 4—tək yumurta axarı; 5—vagina; 6—tək qarın sperama qəbuledici; 7—spermatek; 8—cinsiyyət vəziləri; 9—xarici gentalilər;

b—qarın boşluğunda cinsiyyət sisteminin yerləşməsi.

Bu hüceyrələrin 4 dəfə bölünməsindən sonra qonial mitoz başa çatan kimi DNT-nin premeyotik reduplikasiyası baş verir. Bu müddətdən başlayaraq oositlərin və spermatositlərin inkişafı xeyli fərqlənir.

Drozofil milçəyinin inkişafı, qeyd edildiyi kimi, bir çox mərhələlərdən keçir. Bu zaman drozofildə qametogenезin ayrı-ayrı inkişaf mərhələlərinin aşkar edilməsinin böyük əhəmiyyəti vardır. Bu mərhələlər avtoradioqrafiya üsulu ilə müəyyən edilmişdir.

Cinsiyyət hüceyrələrinin inkişaf müddəti müxtəlif amillərdən, hər şeydən əvvəl, milçəyin inkişaf etdiyi temperatur

və qida şəraitindən çox asılıdır. Bu prosesə milçəyin fizioloji vəziyyəti və yaşı böyük təsir göstərə bilər. Ümumiyyətlə, yeni çıxış sürfələrin qonadalarında ancaq qonilər olur, yetişmiş qametlər 1–2 günlük imaqoda müşahidə olunur. Qametogenezin ümumi müddəti, demək olar ki, yumurtadan imaqoya qədər inkişaf müddətinə uyğun gəlir və 8–10 gün təşkil edir.

Kaufman və Qey təcrübələrində 86 saatlıq sürfənin (III yaşında) toxumluğunda erkən ilkin spermatositlərə, puplamanın başlanğıcında (88 saatda) yetişmiş—bölünməyə hazır spermatositlərə, erkən puplar (122 saatda) ikinci dərəcəli spermatositlərlə, bir sutkadan sonra puplarda (146 saatdan) erkən spermatidlərə rast gəlinir. Yenicə pupdan çıxdan sonra ancaq 12 saatdan sonra toxumluq kisəsindən tək-tək spermatozoidlər meydana çıxır, 36 saatdan sonra onlar kütləvi olur. Beləliklə, spermatositlərin inkişaf müddəti təxminən 700 saat, spermatogenez isə 60 saata qədər davam edir.

DNT-nin predmeyotik sintezi sürfə inkişafının 20-ci saatında müəyyən edilmişdir.

Beləliklə, spermatidlərdə DNT-nin sintez dövründə spermatozoidlərin tam yetişməsinə qədər 10–11 gün tələb olunur. Bu müddətdə spermatidlərin inkişafına 4 gün, spermatozoidlərinə 5 gün, 1–2 gün spermlərin yetişməsinə və eyyakulyasiyaya qədər onların saxlanılmasına sərf olunur.

Dişi fərdlərin sürfə inkişaf mərhələsində qonadlarında ancaq oöqonilərin çoxalması baş verir. Onların sonrakı diferensiasiyası pupların qonadalarında gedir. 24–28 saatlıq pupların yumurta boruları ayrıldıqdan sonra oradan ilkin oositləri meydana çıxır. Yenicə pupdan çıxmış dişilərin yumurtalığında kiçik böyümə dövründə olan oositlər olur. Yumurtaların yetişməsi daha 1–2 gün davam etdiyindən ovogenezin müddəti 5–6 gün hesab edilir. Drozofildə ovogenez imaqo mərhələsində də davam edir.

Dişi milçəklərin mayalanmasından 2–3 həftə sonra onların toxum qəbuledicisində spermalar saxlanılır. Hər bir milçəyin bir dəfə mayalanmasından 600-ə qədər nəsil almaq olur.

Drozofilin erkək və dişiləri pupdan çıxandan sonra 2-ci gün cinsiyyət yetişkənliyinə çatır, maksimal cinsiyyət aktivliyi və dövlülük 4–6-cı günlər üçün xarakterikdir.

Drozofilin erkəklərində reproduktiv dövr 20–50 gün, dişilərdə 30–80 gün davam edir. Bu müddətdə erkəklər 7000–14000 nəsil, dişilər isə 10 dəfəyə qədər mayalanıb, 1000–3000 nəsil verir. Dişilər hər gün 50–70 yumurta qoyur.

TƏCRÜBƏNİN QOYULUŞUNDA UĞURSUZLUQ VƏ ONUN ƏSAS SƏBƏBLƏRİ

Drozofil milçəkləri ilə təcrübə qoyduqda baş verən uğursuzluq adi haldır. Onu aradan qaldırmaq üçün aşağıdakı səbəbləri nəzərə almaq lazımdır:

1. Çarpazlaşma üçün mayalanmamış dişilərin götürülməməsi və ya səhvən xətlərin düzgün seçilməməsi, həmçinin xətlərin genotipinin (homo və heteroziqotluluğunun) nəzərə alınmaması.

2. Stəkanların üzərinə etikətlər yapışdırılarkən stəkan və ya etikətlərin səhv salınması.

3. Qidalı mühitin üzərinə maya səpildikdə orada kütləvi olaraq kif göbələklərinin meydana çıxması sürfələri inkişafdan qoyur.

4. Qida mühiti çox artıq hazırlandıqda (a qar-a qar çox götürüldükdə) cavan sürfələr qidanın dərinliyinə daxil ola bilmir və məhv olur.

5. Qidalı mühit həddindən artıq duru hazırlandıqda (a qar-a qar az miqdar götürüldükdə) qidada su çox olduğundan yumurtalar batır.

6. Qidalı mühitdə maya artıq (qidalı mühitin səthində ağ qalan maya qatı olur) və ya qidalı mühit köhnə olduqda dişilər milçəklərin sterillik ehtimalı vardır.

7. Milçəklər qüvvəli narkoz aldıqda ayılmayıb ölür. Əgər bu səbəblərin hər hansı birindən təcrübədə uğursuzluq olarsa, çarpazlaşdırma yenidən təmiz qidalı mühitdə qoyulmalıdır.

Laboratoriya şəratində drozofilin zərərvericilərindən biri də kiçik, təxminən drozofilin yumurtası boyda gənələrdir.

Onlar bəzən mühitdə külli miqdarda çoxalaraq, milçəkləri qı-
ra bilir. Odur ki, bunun qarşısını almaq üçün əvvəldən təd-
birlər görülməlidir. Gənələrə qarşı mübarizə aparmaq üçün
ilk növbədə, drozofil yetişdirilən stəkanlar təmiz saxlanılma-
lıdır. Xüsusən təkrar istifadə olunan pambıq tıxaclar həmin
gənələri və mikroorqanizmləri daşıya bilər. Odur ki, stəkan-
lar və pambıq tıxaclar hər dəfə təcrübə qoyulmazdan əvvəl
sterilizə olunmalıdır. Vaxtaşırı drozofil yetişdirilən termos-
tatların dezinfeksiyası faydalıdır. Həmçinin şüşə, fırça, iynə
və s. əşyaların istifadə olunmadan əvvəl spirtlə silinməsi
məsləhətdir. Hər bir tələbənin qoyduğu təcrübələrin müvəf-
fəqiyyəti onun işinin təmiz, səliqəli və diqqətli aparılmasından
asılıdır.

DROZOFİLİN MUTANT FORMALARI İLƏ TANIŞLIQ

Material və ləvazimatlar. Kafedranın drozofil laborato-
riyasında olan normal və mutant xətlərdən olan milçəklər.

Hər tələbəyə (bəzən iki tələbəyə) binokulyar lupa və ya
stolüstü əl lupaları, nazik pinset, fırça (quşun iri lələkləri-
ndən də istifadə etmək olar), efirizator (morilka), efir, tut-
qun-ağ rəngli şüşə lövhələr, pambıq, istifadə olunmuş
milçəkləri atmaq üçün içərisində işlənmiş spirt olan ağzı
qapalı banka və ya Petri kasası, qeydiyyat aparmaq və şəkil
çəkmək üçün albom, rəngli karandaşlar verilir.

İşin yerinə yetirilməsi. Normal və mutant milçəklərə
baxmaq üçün onları efirlə morilkada yatırtmaq lazımdır
(bax, səh 7).

Cədvəl 7

**Praktiki məşğələlər, kurs və diplom işlərinin yerinə yetirilməsi üçün
məsləhət görülən drozofilin mutant formaları**

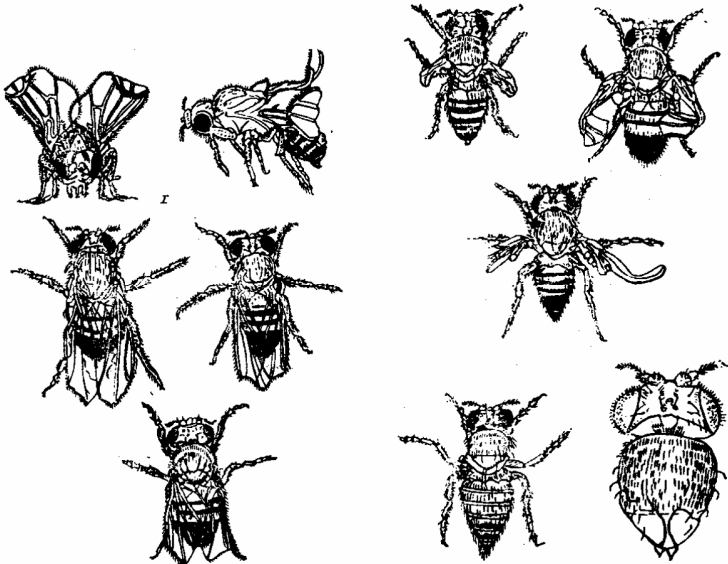
Mutant formalar	Genin işarə- si	İrsili- yin xarak- teri	Genin yerləşməsi		Fenotip	Hansı tədqiqat üçün istifadə olunmağa məsləhət görlür
			xro- mo- som	lokus		

7 - c i c ə d v ə l i n a r d ı

1	2	3	4	5	6	
<i>ebony</i> (eboni)	e	resesiv	III	70,7	bədəni qara rəngli	mono- və dihibrid çarpazlaşma üçün
<i>vestigial</i> (vestijəl)	vg	“—”	II	67,0	qanadları inkişaf etməmiş	həmçinin
<i>brawn</i> (braun)	bw	“—”	II	104,5	gözləri qonur rəngli	mono- və dihibrid çarpazlaşdırma, həmçinin komplementarlıq da
<i>scarlet</i> (skarlet)	st	“—”	III	44,0	gözləri açıq qırmızı,	həmçinin
<i>blacr</i> (blək)	b	“—”	II	48,5	bədəni qara rəngli,	həmçinin
<i>cinnabar</i> (sinna- bar)	cn	“—”	II	57,5	gözləri açıq qırmızı rəngli	mono- və dihidrid çarpazlaşdırma, komplementarlıq
<i>curved</i> (kurved)	c	“—”	II	75,5	qanadları aralanıb yuxarı doğru əyilir	monohidrid çarpazlaşdırma
<i>Lobe</i> (lobe)	L	dominant	II	72		
<i>Bar</i> (bar)	B	“—”	I	57	gözləri qabarıq kiçilmiş	həmçinin
<i>white</i> (vayt)	w	resesiv	I	1,5 0	uzunsov gözlər ağ gözlər	cinsiyyətlə ilişikli irsilik
<i>yellow</i> (yellow)	y	“—”	I			həmçinin
<i>cut</i> (kət)	ct	“—”	I	20	bədəni sarı rəngli	həmçinin
<i>vermillion</i> (vermillion)	v	“—”	I	33	qanadlarının ucu kəsik	“—”
<i>yellow-cut-vermillion</i> (yellow-kət-vermillion)	yctv	“—”	I	0-20- 33	gözləri açıq qırmızı	“—”
<i>blacr-vertigial</i> (blək-vestijəl)	bvg	“—”	II	48,5- 67,0	bədəni sarı, qanadlarının ucu qırıq, gözləri açıq	autosom xromosomda

<i>blacr-cinnabar-vestigial</i> (blək-sinnabar-vestijəl)	<i>bcnvgr</i>	“—”	II	48,6-57,5-67	qırmızı bədəni qara, qanadları inkiaşf etm- əmiş bədəni qara, gözləri açıq- qırmızı, qanadlar inkiaşaf etm- əmiş	krossinqover “—”
---	---------------	-----	----	--------------	--	---------------------

Milçəklər yatdıqdan sonra tutqun-ağ şüşə lövhə üzərinə tökülür. Sonra milçəklərə bel tərəfi yuxarı vəziyyətdə lupa altında baxılır. İlk dəfə vəhşi (normal) forma—normal xətdən olan milçəklərlə tanış olunur. Sonra mutant xətlərlə tanışlıq başlanır.



Şəkil 18. Drozofilin müxtəlif mutant formaları:

I—qanadları yuxarıya çevrilmiş mutant (öndən və yandan görünüşü);
II—qanadların ucu müxtəlif formada kəsik mutantlar; III—müxtəlif
formada qanadları olan mutantlar; IV—qanadsız mutant;
V—çəngəl qılıçlı mutant.

TAPŞIRIQ 9

1. Yuxarıda təsvir etdiyimiz əlamətlərə görə (səh. 66) erkək və diş milçəkləri fərqləndirməli. Erkək və dişlərin qarın hissəsinin şəklini albomda çəkməli.

2. Bir neçə mutant formaya normal forma ilə müqayisəli baxmalı və onların fərqli əlamətlərini təsvir etməli. Məsələn, *vestigial* mutantına baxarkən qanadını normal fərdin qanadları ilə müqayisə etməli və hər iki xətti albomda çəkməli. Şəkil altında bu mutasiyaya səbəb olan genin hansı xromosomda və hansı lokusda yerləşdiyini yazmalı.

3. Digər mutant formalardan *white*, *ebony*, *bar*, *yellow* və başqalarını normal xətt ilə müqayisə edib, albomda yerləşdiyi xromosomları və lokusları qeyd etməli.

4. Drozofillə çarpazlaşdırma apardıqda istifadə olan işarələri öyrənməli.

Praktiki məşğələlərdə tələbələrin ən çox istifadə edəcəyi mutant formaları universitetimizin genetika və darvinizm kafedrasında yetişdirilir (cədvəl 7). Təcrübi məşğələlərdə müxtəlif mutant formalar narkoz edilib yatırıldı və sonra lupa altında təfəsilatı ilə normal milçəklərlə müqayisəli öyrənilir (şəkil 18).

Drozofil milçəklərinin 1500-dən artıq mutant formaları məlumdur. Bu mutantlar ayrı-ayrı ölkələrin genetika laboratoriyalarında yetişdirilir və müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilir.