

ARİF İSMAYLOV, MƏCNUN BABAYEV,
MƏCİD MƏCİDOV, SEVİL NAĞİYEVA

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.*

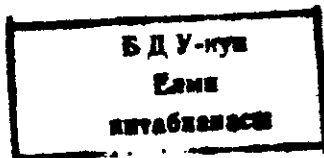
“MAARİF” NƏŞRİYYATI

BAKİ — 2002

Rəyçilər: *prof. E.M.Axundova,*
prof. R.İ.Xəlilov.

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

57
+ K34



**A.S.İsmaylov, M.Ş.Babayev,
M.M.Məcidov, S.M.Nağıyeva.**

Genetikadan praktikum. "Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti". Bakı, "Maarif" nəşriyyatı, 2002. 256 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.

İ $\frac{1903020000 - 79}{M 652 - 2002}$

© "Maarif" nəşriyyatı, 1986.

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 nəslə 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.İohannsen 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” dərslərində 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 əlaqəli irsilik, əlaqəli 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.

I 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 Flemming tərəfindən təsvir edilmişdir. Xromosomlar—nüvənin əsas avtoproduksiya 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 preparatlarla xromosomların sayının ölçüsünü, morfolojiyasını 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 μm ; diametri 0,2-dən 2 μm 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 dairelər şəklində işarə edilmişdir.



Şəkil 1. Metafazada xromosomların müxtəlif tipləri:

1,7—metasentrik (bərabərçiyinli); 2—submetasentrik (çiyinlərindən biri nisbətən qısa olan); 3,4,5—akrosentrik (çiyinlərindən biri çox qısa olan); 6—telosentrik (sentromeri çiyinin 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 yarım dairəvi 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. Bağırsağ 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 kalsium və maqnezium ionları böyük rol oynayır. Bu ionlar xaric edildikdə xromosomlar kövrəkləşir.

Təcrübənin qoyulması

Xromosomların morfoloqiyası. 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, tapetum) diferensiasiya olunmuş hüceyrələri müxtəlif xromosom dəstinə malikdir. Bundan başqa bir sıra bitki növlərinin (çovdar, qarğıdalı və s.) somatik hüceyrələrindən onlar üçün ümumi olan xromosomlardan başqa əlavə adlanan xromosomlar da olur. Bu əlavə xromosomların sayı keyfi 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 | |
|---|---------------------------------|--------------|
| | cinsiyet (n) | somatik (2n) |
| 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. <i>vulgare</i> , <i>H. distichum</i> 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 |
| Ötvarı 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 |
| Tütүн— <i>Nicotiana tabacum</i> L. | 24 | 48 |

| | | |
|---|----|-----|
| Yerarmudu (yeralması) —Helianthus tuberosus L. | 51 | 102 |
| Qırmızı yonca—Trifolium pratense L. | 7 | 14 |
| Sürünən üçyarpaq yonca—Trifolium repens L. | 16 | 32 |
| Əkin qarayoncası — Medicago sativa L. | 16 | 32 |
| Sarı lüpin (acı paxla)—Lupinus Luteus L. | 26 | 52 |
| Çəmən pişikquyruğu—Phleum pratense L. | 21 | 42 |
| <i>Tərəvəz bitkiləri</i> | | |
| Pomidor—Lycopersicum esculentum Mill | 12 | 24 |
| Qırmızı istiot —Caspicum annuum L. | 12 | 24 |
| Xiyar—Cucumis sativus L. | 7 | 14 |
| Nəhəng qabaq—Cucurbita maxima Duch. | 24 | 48 |
| Süfrə qarpızı—Citrullus vulgaris Schrad | 11 | 22 |
| Şalğam (yemlik şalğam növü) —Brassica campestris L. | 10 | 20 |
| Baş kələm—Brassica oleracea var. Capitata L. | 9 | 18 |
| Mədəni ağ turp —Raphanus sativus L. | 9 | 18 |
| Adi çuğundur—Beta vulgaris L. | 9 | 18 |
| Soğan—Allium cepa L. | 8 | 16 |
| Yerkökü—Daucus carota | 9 | 18 |
| <i>Meyvə bitkiləri</i> | | |
| Mədəni alma—Malus domestica Borkh. | 17 | 34 |
| Adi armud—Pyrus communis Z. | 17 | 34 |
| Ərik—Armrnica vulgaris Mill. | 8 | 16 |
| Adi albalı—Cerasus vulgaris Mill. | 16 | 32 |
| Mədəni gavalı—Prunus domestica L. Şaftalı—persica vulgaris Mill | 24 | 48 |
| Meşə çiyələyi—Fragaria vesca L. | 8 | 16 |
| Bağ çiyələyi—Fragaria grandiflora Ehrh. | 7 | 14 |
| Adi moruq—Rubus Edaeus L. | 28 | 56 |
| Rus alçası—Grossularia Recliuata Mill. | 7 | 14 |
| Qırmızı qarağat —Ribes rubrum L. | 8 | 16 |
| Qara qarağat—Ribes nigrum | 8 | 16 |
| <i>Heyvanlar</i> | | |
| Meyvə milçəyi—Drosophila melanogaster | 4 | 8 |
| Ev milçəyi—Musca domestica | 6 | 12 |
| Çəki balığı—Cyprinus carpio | 52 | 104 |
| Çay xanısı— Perca fluviatilis | 14 | 28 |
| Triton—Triturus vulgaris | 12 | 24 |
| Ağac qurbağası—Hyla arborea | 12 | 24 |
| Yaşıl qurbağa—Rana esculenta | 13 | 26 |
| Cəld kərtənkələ—Lacerta agilis | 19 | 38 |

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

Material və ləvazimat. 1. Öyrənilən obyektin (soğan, buğda, paxla və s.) kökcüyünün uc hissəsinin eninə kəsiyindən hazırlanmış daimi preparatlar. 2. Mikroskop. 3. Obyekti 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. Fiksəetmə 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 işə 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 sayılması 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 hərəkətədirici stol vardırsa, 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 kəsiklər 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 aparata 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 çəkdikdən sonra ikinci xromosomun və beləliklə metafaza lövhəsində olan bütün xromosomların şəklini çəkmək lazımdır. Axırınıcı 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 cüerdilmiş toxumları. 2. Mikroskop. 3. Obyekti əksətdirən aparat. 4. Asetokarmin, yaxud asetolakmoid. 5. Ülgüç. 6. Əşya şüşəsi. 7. Örtük şüşəsi. 8. 2×5 sm ölçüdə kəsilmiş süzgəç 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 toxumçuluğundan 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 spirtdə (70%-li) saxlanılmalıdır. Müvəqqəti preparatlar hazırlamaq üçün rəngləyicilər qabaqcadan hazırlanmalıdır (bax, səh. 32).

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 damcısını 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 şüşəsinə sıxdıqda kəsik dağılmağa başlayır) qızdırmanı dayandırmalı. Örtücü şüşəyə toxunmadan süzgeç kağızı ilə artıq mayeni təmizləmeli.

5. Qələmlə örtücü şüşəni azca döyəcləyərək ehtiyatla preparatı əzməli və hüceyrələri bərabər miqdarda bir qatda yerləşdirməli. Bunun üçün əşya şüşəsinə kəsiyi yerləşdir-məzden 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 qoymalı 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 çəkildik-dən sonra şekli preparatla yoxlamaq və onun dəqiq olduğuna inandıqdan sonra xromosomları saymaq lazımdır. Xromsom-ların dəqiq sayını təyin etmək üçün onların hər bir preparat-da 5–10 metafaza lövhəsində sayılması vacibdir.

9. Əgər preparat qabaqcadan fiksəedilmiş və spirtde (70%-li) saxlanmış materialdan hazırlanırsa, onda kökcüklər spirtdən bilavasitə əşya şüşəsində olan rəngləyici damcısına köçürülür. Sonra isə qızdırılır və əzilir. Yarpaqcıqlar qabaq-cadan 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.

TAPŞIRIQ 3

HÜCEYRƏNİN BÖLÜNMƏSİ, MITOZ

I.D.Çistyakov 1874-cü ildə plaun və qatırquyruğunda sporun inkişafı üzərində müşahidə apararkən ilk dəfə mitozu

kəşf etmişdir. 1882-ci ildə isə Flemming 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) ikilənmiş 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-özünə” 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, yeni bölünmədən bölünmə anınadək keçən dövr hüceyrə tsikli adlanır. Hüceyrə tsiklinin davametmə 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 tərtiyi sutkada 1–2 dəfə bölünə bilər, amöbün cinsiyyətsiz çoxalması zamanı hüceyrə tsiklinin davametmə müddəti 1,5 sutka olub, bu temperatur və ətraf mühit şəratindən asılıdır.

Çoxhüceyrəli orqanizmlərin hüceyrələrinin bölünmə qabiliyyəti müxtəlifdir. Belə ki, embriogenezin ilkin mərhələsində canlı orqanizmlərin hüceyrələri tez-tez bölünərsə, yaşlı orqanizmdə bu xassələr qismən azalır. Həlqəvi 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 təzələnen toxumalar (müxtəlif epiteli toxumaları, qan, sıx və boşbirləşdirici 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 bilir.

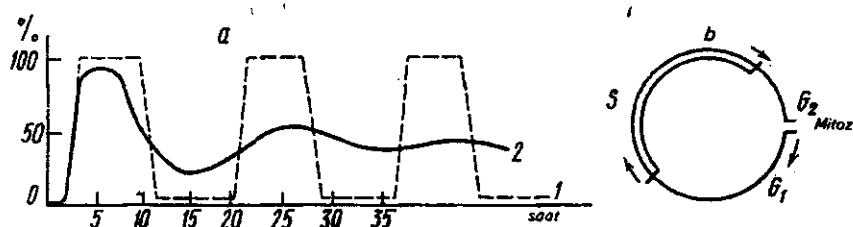
Bölünməyə daxilolma qabiliyyətinə malik olan hüceyrələrə bitki orqanizmlərində də rast gəlinir. Bu müxtəlif orqan və toxumalara başlanğıc verən kambi hüceyrələridir. İntensiv bölünən hüceyrələr, yəni regenerasiya zamanı bölünməyə yenidən başlayan hüceyrələrdir. Bu təbii şəraitdə bölünmə qabiliyyətini 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 verilsə, 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 işə 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 anına-dək keçən vaxtı—hüceyrə tsiklinin davamətmə müddətini əks etdirəcəkdir. Eksperimentin başlandığı 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 adlandırılır.



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

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 (Quastlere görə, 1960);

b—hüceyrə tsiklini və onun ayrı-ayrı fazalarını göstərən dairəşəkilli diaqram.

Məlum olmuşdur ki, S-dövründən əvvəl peresintetik 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 davamətmə müddətini bilməklə S-dövrünün davamətmə 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 (dövrlərinin) ümumi davamətmə 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 davametmə müddəti (saatlarla)

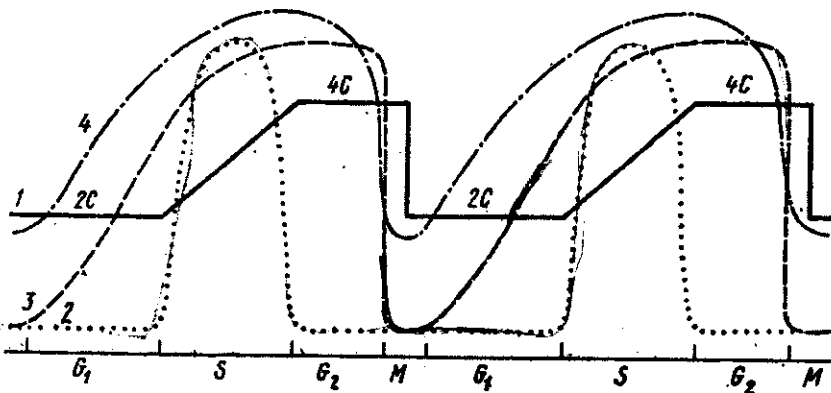
| Növ | Mitotik tsikl | Mitoz | G ₁ | S | G ₂ |
|--------------------------------|---------------|-------|----------------|------|----------------|
| Çöl noxudu (20°C) | 15,0 | 1,2 | 0,8 | 7,8 | 5,2 |
| esas kök | 18,1 | 1,0 | 3,7 | 8,0 | 5,4 |
| yan köklər | 19,3 | 2,3 | 6,7 | 8,0 | 2,3 |
| Noxud (22°C) | | | | | |
| Qarğıdalı | 170,0 | 6,0 | 135,0 | 16,0 | 13,0 |
| Sakitlik mərkəzin hüceyrələri | 22,5 | 2,2 | 6,3 | 6,7 | 7,3 |
| Sığan nazik bağırsağ epitelisi | 18,75 | 1,0 | 9,5 | 7,5 | 0,75 |
| buynuz təbəqənin epitelisi | 72,0 | 0,75 | — | 8,5 | 4,0 |
| deri epitelisi | 585,6 | 3,8 | 528 | 39 | 4,6 |
| L—hüceyrələr | 20,0 | 1,0 | 9—11 | 6—7 | 3,4 |
| (Şiş fibroblosları) | | | | | |

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 keçməsinə 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 inkibitorlarının 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 tetraploide ($4c$) uyğun gəlir. Beləliklə, əgər biz hüceyrələrin biricinsli 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 hüceyrələrdən 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 hesa-

bına 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 yatırılmış 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. G₂-dövrünün ortasında RNT-nin miqdarı demək olar ki, özünün maksimum miqdarına çatır. G₂-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, G₂-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 fərqlənmir, onlar həmçinin sintez olunan RNT və zülalların xarakterinə görə də fərqlənir.

Predsintetik dövr (G₁) 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 kəsilsə, 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, G₁-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, G₁-dövründə zülal yaxud RNT-nin sintezinin ləngidilməsi (yatırdılması) 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 G₁-dövrünün bütün gedişi boyu baş verir və hüceyrədə onun qatılığı minimumdan çox aşağı olduğu zaman isə sintez dayanır. G₁-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. G₁-dövrünün bütün bu metabolik xüsusiyyətləri onun DNT-nin sintezi üçün hazırlıq mərhələsi olduğunu hesab etməyə əsas verir.

Yuxarıda göstəriləyi kimi, G₁-dövrünün davametmə müddəti güclü variasiya edə bilər. Bir sıra hallarda DNT-nin sintezi ilkin G₁ dövrü olmadan da başlaya bilər. Bu dəniz kirpisində 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 G₁-dövrü olmur.

Hüceyrə tsiklinde 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 cinsiyət hücey-

rələrinin yetişməsində ikinci bölünmə istisnalıq təşkil edir, belə ki, iki bölünmə arasında S-dövrü baş vermir. S-dövrünün 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 hüceyrələrindən (30 dəqiqəyə yaxın) və ehtə bu orqanizmin rüşeym hüceyrələrində (bir neçə saat) heyrət doğuracaq dərəcədə fərqlidir. 15 günlük siçovulların embrionunun bağırsağ çöpü hüceyrələrində S-dövrünün davametmə müddəti 7 saat, 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 hüceyrələrdən 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 gətməsi 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. b. ləri belə hüceyrələrdəndir.

G₂-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 G₂-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 tsiklinə də istifadə oluna bilər. Bu dövrdə gələcək G₁-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: G₂-dövründə mitoz və növbəti G₁-dövrü üçün makromolekulların, G₁-dövründə S-dövrü üçün, S-dövründə G₂ və G₁ 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 toxumalarından həmişə “tsikldən kənar” hüceyrələr olur. Onlar G₁-dən S-ə, G₂ və sonra M-fazaya müntəzəm sürətdə keçir. Bu hüceyrələri G₀-dövrünün hüceyrələri adlandırmaq qəbul edilmişdir. Məhz bu hüceyrələr sakitlik dövrünün, bölünməyən, dayanmış hüceyrələridir. G₀-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 G₀-dövründə olur; onlar DNT-nin sinte-

zində iştirak etmir və bölünür. Lakin, əgər qara ciyərin bir hissəsi kənar edilərsə, onda hüceyrələrin çoxu mitoz (G₁-dövrünə) hazırlaşmağa başlayır, DNT-nin sintezinə daxil olur və mitoz yolla bölünə bilir. 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 baza 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 epitel qatının əsas kütləsində isə bölünmədən sonra G₀-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 iliyində, 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 G₀-dövründə olur.

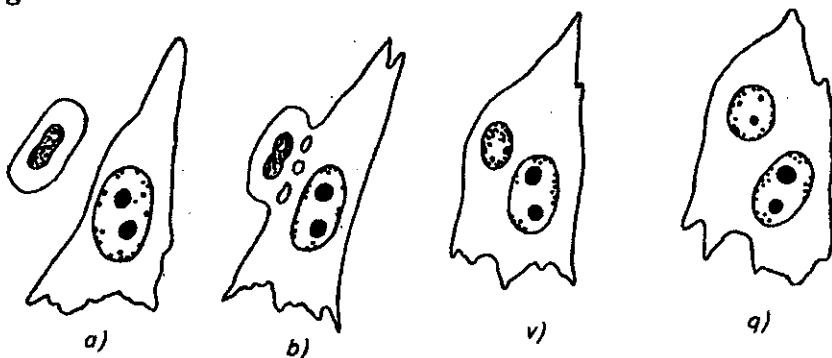
Hüceyrələrin çoxalma qabiliyyətinin öyrənilməsi, sitoloqların köhnə nəticələrini təsdiq etdi — hüceyrənin ixtisaslaşması nə qədər yüksək olarsa, onun bölünmə qabiliyyəti bir o qədər aşağı olar, elə bil ki, hüceyrədə seçicilik var: ya çoxalmaq, ya da diferensiasiya olunma baş verir.

Beləliklə, təbii şəraitdə hüceyrə tsiklinin fəzalarının əvəz olunması G₀-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 -mərhləsinin geri dönən, daha doğrusu ilkin vəziyyətə qayıtma qabiliyyətinə malik olduğu göstərilmişdir. Əgər yaşlı qurbağanın G_0 -fazada olan baş beynin sinir hüceyrələrindən nüvə götürülərək yetkin oositə yerləşdirilsə, 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, hüceyrələrin bəzi inaktivləşdirici 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.