

**ARİF İSMAYLOV, MƏCNUN BABAYEV,
MƏCID MƏCIDOV, SEVİL NAĞİYEVA**

GENETİKADAN PRAKTİKUM

Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti

(Yeniden işlənmiş və
təkmilləşdirilmiş nəşr)

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

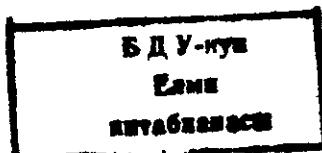
"MAARİF" NƏŞRİYYATI

B A K I — 2 0 0 2

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

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

57
+ K34



**A.S.Ismaylov, 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, ırsilik qanunları, cinsiyyətin genetikası, ilişikli ırsilik və krossinqover hadisələrinin öyrənilmə üsulları şərh edilir, hər bölməyə aid təcrübələr və laboratoriya məşğələləri verilir.

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

I — 1903020000 — 79
M 652 — 2002

© "Maarif" nəşriyyatı, 1986.

GİRİŞ

Genetika¹ organizmlerin irsiyyeti ve deyişkənliyi haqqında elmdir. Organizmlerin özüneoxşar nəsil töretmək, yəni hər bir organizmin öz valideynindən aldığı irsi əlamət və xassələrini inkişaf etdirib, nəsillərinə ötürmək qabiliyyətinə irsiyyət deyilir.

Əlamətlərin irsiliyi çoxalma prosesində öyrənilir. Canlıların çoxalması hüceyrənin bölünmesi yolu ilə baş verir. Təbiətdə, əsasən, cinsiyətsiz və cinsiyətli çoxalma mövcuddur. Onlar prinsipcə bir-birindən fərqlənir. Cinsiyətli çoxalma zamanı, iki cinsiyət hüceyrəsi bir-birile birləşir və yeni bir organizmin başlangıcı qoyulur. Cinsiyətsiz çoxalma zamanı isə bir hüceyrədən iki hüceyrə əmələ gelir və onlardan da hər biri yeni organizmin başlangıcını verir. Bundan əlavə, vegetativ çoxalma da mövcuddur ki, bu zaman bir qrup ixtisaslaşmış hüceyrələrdən və ya toxumadan (kökcük, soğanaq, kökümsov və s. hissələrindən) yeni organizm inkişaf edir. Bu tipli çoxalma cinsiyətsiz çoxalmadan prinsipcə fərqlənmir. Belə ki, hər iki tipli çoxalmanın əsasını somatik hüceyrələrin bölünmesi (mitoz) təşkil edir. Valideynlərin bütün əlamət və xüsusiyyətləri hüceyrələr vasitəsilə irtsən nəslə ötürülür. Lakin hüceyrələrdə yaşlı organizmlərin hazır əlamət və xüsusiyyətləri—ölçüleri, rəngləri, formaları olmur, onlardan yeni organizmin ancaq bu əlamət və xüsusiyyətlərinin inkişafını idarə edən irsi informasiyaların əsası qoyulur, yəni hüceyrələr onların irsi amillərini—genlərini daşıyır.

Irsi imkanlarının həyata keçirilməsi həmin organizmin 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.Johannsen tərəfindən təklif edilmişdir.

həmçinin orqanizmin inkişaf prosesində ətraf mühit şəraiti ilə qarşılıqlı əlaqəsində 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, ırsən nəsle ötürülmür.

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

Genetikanın nəzəri məsələlərini yaxşı mənimsemək üçün onun əsas bölmələrinin praktiki məşğələlərdə tədrisi zəruri-dir. Bu isə, öz növbəsində, genetik bilik və üsulları geləcək praktiki işlərdə tətbiq etməyə imkan yaradır.

“Genetikadan praktikum” dərs vəsaitində irsiyyət və onun dəyişilməsi qanuna uyğunluqları, irsiyyətin maddi əsası, mitoz və meyoz prosesləri verilir. Bu məsələlər praktik olaraq hüceyrənin bölünməsi, cinsiyyətli çoxalma (sporogenetik və qametogenez), cinsiyyətli çoxalmada genetik analiz (mono- və dihidrid çarpazlaşdırma) qeyri-allel genlərin qarşılıqlı təsiri, cinsiyyətlə ilişikli ırsilik, ilişikli ırsilik və onun pozulması, dəyişkənlik və onun öyrənilməsi üsulları, molekulyar genetika, nəhayət, populyasiyada ırsilik bölmələrin-dən 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 F E S I L

İRSİYYƏTİN SİTOLOJİ ƏSASLARI

Canlı orqanizmlərdə gedən bütün bioloji proseslərin, həmçinin irsi informasiyaların sırlarını, hər şeydən əvvəl, hüceyrədə axtarmaq lazımdır. Bütün orqanizmlərin hüceyrələri ümumi quruluşa malik olub, həyat fəaliyyəti proseslərinin ümumiliyini özündə aydın eks etdirir. Hər bir hüceyrə möhkəm bir əlaqədə olan sitoplazma və nüvədən ibarətdir. İstər sitoplazma və istərsə də nüve 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 öyrənen genetika bölməsi — sitogenetika adlanır. Sitogenetikanın obyekti—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 tərafından təsvir edilmişdir. Xromosomlar—nüvenin əsas avtoproduksiya olunan quruluşu olub, dezok-siribonuklein 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. Bü mərhələlərdə fiksədilmiş və nüvə rəngləyiciləri ilə

rənglənmiş preparatlarla xromosomların sayının ölçüsünü, morfolojiyasını ve hərəkətini müəyyən etmək mümkündür.

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

Üzvi aləmdə cinsiyetli çoxalma orqanizmlərin her biri haploid xromosom dəstинe malik iki qametin birləşməsi nəticəsində emələ 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 qurşaq), ikinci qurşaqların və peyklərin yerleşməsindən 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 şeklinde işarə edilmişdir.



Şəkil 1. Metafazada xromosomların müxtəlif tipləri:

1,7—metasentrik (berabərçiyinli); 2—submetasentrik (çiyinlərinən biri nisbətən qısa olan); 3,4,5—akromentrik (çiyinlərinən biri çox qısa olan); 6—telosentrik (sentromeri çiyinin sonunda olan); 8—ikinci qurşağı malik akrosentrik; 9—peykli.

Bir sıra xromosomlar sabit ölçülü ikinci qurşaga malik olur. Bu ikinci qurşaqlardan bəziləri xromosomun nüvəcik yaradan sahəsi kimi formalasmışdır. 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 müəyyənəşdirilməmişdir. 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 kalsium və maqnezium ionları böyük rol oynayır. Bu ionlar xaric edildikdə xromosomlar kövrəkləşir.

Təcrübənin qeyulması

Xromosomların morfolοgiyası. 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 dəstинə 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 xeyli miqdarda (məsələn, qarğıdalı bitkisinin somatik hüceyrələrində əlavə xromosomların sayı 1–10-a qədər) dəyişə bilər.

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

nın çok büyük rolü vardır (məsələn, qarpız, şəker çuğunduru ve başqa bitkilərdə triploid toxumaların alınmasında). Bundan başqa, xromosomların sayılması yolu ilə uzaq hibridlərde polisomluğu eldə etmək, həmçinin kariotipi (tam xromosom dəstini) müəyyən emek mümkündür (*cədvəl 1*).

Cədvəl 1

Əsas mədəni bitki və heyvan növlərində xromosomun sayı

Növ	Hüceyrələrdə xromosomların sayı	
	cinsiy- yet (n)	soma- tik (2n)
1	2	3
<i>Tarla bitkiləri</i>		
Tekdənli buğda— <i>Triticum monococcum</i> L.	7	14
Bark buğda — <i>Triticum 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 paxlaşısı — <i>Faba vulgaris</i> Moench	6	12
Adı paxla — <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	11	22
Noxud— <i>Cicer arcticum</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 findığı— <i>Arachis Hypogaea</i> L.	20	40
Küncüt— <i>Sesamum indicum</i> L.	13	26
Ağ xardal— <i>Sinaps alba</i> L.	16	32
Çatene— <i>Cannabis sativa</i> L.	10	20
Otvari pambıq— <i>Goscypium herbaceum</i> L.	13	26
Adı pambıq— <i>Goscypium hirsutum</i> L.	26	52
Şəker 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

1 - ci cədvəlin ardı

Yerarmudu (yeralması) — <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 lüpин (acı paxla) — <i>Lupinus Luteus</i> L.	26	52
Çəmən pişikquyruğu — <i>Phleum pratense</i> L.	21	42

Tərəvəz bitkiləri

Pomidor — <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill	12	24
Qırmızı istiot — <i>Capsicum 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
Salğam (yemlik şalğam növü) — <i>Brassica campestris</i> L.	10	20
Baş kelem — <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Capitata</i> L.	9	18
Medəni 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

Meyvə bitkiləri

Mədəni alma — <i>Malus domestica</i> Borkh.	17	34
Adi armud — <i>Pyrus communis</i> Z.	17	34
Ərik — <i>Armenica vulgaris</i> Mill.	8	16
Adi albalı — <i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	16	32
Mədəni gavalı — <i>Prunus domestica</i> L. Şəftalı — <i>persica vulgaris</i> Mill	24	48
Meşe çiyeleyi — <i>Fragaria vesca</i> L.	8	16
Bağ çiyeleyi — <i>Fragaria grandiflora</i> Ehrh.	7	14
Adi moruq — <i>Rubus Edaeus</i> L.	28	56
Rus alçası — <i>Grossularia Recliuitata</i> Mill.	7	14
Qırmızı qarağat — <i>Ribes rubrum</i> L.	8	16
Qara qarağat — <i>Ribes nigrum</i>	8	16

Heyvanlar

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 agilic</i>	19	38

Göyerçin— <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 sıçovul— <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>Bos taurus</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
Eşsek— <i>Eguus asinus</i>	33	66
At— <i>Eguus caballus</i>	33	66
Simpanze— <i>Anthropoides pan</i>	24	48
İnsan— <i>Homo sapiens</i>	23	46

Material və ləvazimat. 1. Öyrənilən obyektin (soğan, bugda, paxla və s.) kökcüyünün uc hissəsinin eninə kəsiyindən hazırlanmış daimi preparatlar. 2. Mikroskop. 3. Obyekti əksetdirən 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 kökcük'lərə ya zəif temperatur, yaxud da kolxitsinin (bitki mənşəli zəher) 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 Navasın, yaxud Karnua fiksəedicilərindən (hazırlanma üsulu, bax, səh., 32) istifadə olunmalıdır. Kəsikləri Heyden-Hayn hematoksilini, Nyuton gensian bənövşəyisi, yaxud Felkin Şiff reaktivlə ilə rəngləmək lazımdır.

Müvafiq bitkinin kökcük'lərinin eninə kəsiyindən hazırlanmış daimi preparatları mikroskopun əşya stolunun üzərində yerləşdirilir, kəsiklərə X9 obyekтив və X15 okulyar altında hər bir sıraya diqqətlə baxılır və xromosomların sayılması üçün əlverişli olan metafaza lövhələri tapılır.

Xromosomlar bir-birinin üzerine düşmədən sərbəst yerləşməlidir. Daha aydın lövhələr deftərdə və preparatda müvafiq qeydlər aparmaq üçün nişanlanır (məsələn, 2-ci sırə, 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 ele yerləşdirmək lazımdır ki, bu zaman əvvəlcə sitoplazmanın üst təbəqəsi, sonra xoromosomların yuyulmuş konturları və nəhayət, daha çox aydın xromosomlar görünüşün. Mikrovintin sonrakı hərəkəti zamanı xromosomlar aydınlığını itirir və yenidən sitoplazma təbəqəsi görünür. Əgər lövhə mikrotomun bıçağı ilə kəsilmişdirse, 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 hesablamak üçün onların şəklini dəqiq çəkmək lazımdır. Xromosomların şəklini çəkmək üçün PA-6, PA-4, yaxud başqa şəkilçəken aparatlardan istifadə etmək məsləhət görülür. Şəkilçəken aparata metafaza lövhəsinin xəyalını kənarda kağız üzərində eks etdirir. Bu zaman ucu yaxşı yonulmuş qəlemi onların konturu ətrafında gəzdirməli və sira nömrəsi ilə nömrələmək lazımdır. Xromosomlarından birinin şəklini çəkdikdən sonra ikinci xromosomun və beləliklə metafaza lövhəsində olan bütün xromosomların şəklini çəkmək lazımdır. Axırıncı sira rəqəmi tədqiq olunan növün xromosom sayına uyğun gələcəkdir.

Metafaza lövhəsində olan bütün xromosomların konturlarının şəkli çəkildikdən sonra alınan şəkillər preparatla bir daha yoxlanmalıdır. Şəkil çəken zaman heç bir xromosomun buraxılmadığına əmin olmaq üçün şəkil üzerinde 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 paxlaşısı, soğan, yumşaq bugda, yaxud başqa bitkilərin kökcüklerindən müvəqqəti preparatlar hazırlanır. Hazırlanmış preparatlarda xromosomları saymalı.

Material və ləvazimat. 1. Yem paxlaşısı, soğan, bugda, yaxud başqa bitkinin cürcərdilmiş toxumları. 2. Mikroskop. 3. Obyekti əksetdirən aparat. 4. Asetokarmin, yaxud asetolakmoid. 5. Ülgüc. 6. Əşya şüəsi. 7. Örtük şüəsi. 8. 2×5 sm ölçüdə kəsilmiş süzgəc kağızları. 9. Spirt lampası və kibrıt. 10. Preparat iynəsi.

İşin izahı. Əzilmiş müvəqqəti preparatlarda xromosomların sayılması üsulu sitologiya, genetika, seleksiya və toxumçuluqda geniş tətbiq olunur. Bu üsulu ən çox şəker çuğunduru toxumçuluğundan bitkinin poliploidliyinin təyin edilməsində tətbiq edilir. Müvəqqəti preparatlar hazırlamaq üçün asetokarmin, asetolakmoid, asetoorsein, Şiff reaktivləri işlədir. Xromosomları saymaq üçün cavan kökcüklerin hüceyrələri daha əlverişlidir. Kökcükler 1-2 sm-dən uzun olmamalıdır. Müvəqqəti preparatları 3-7 mm uzunluqda cavan yarpaqlardan da hazırlamaq olar. Kökcükler və yarpaqlar qabaqcadan Karnua (3:1) fiksədici məhlulunda fiksə edilməli və spirtdə (70%-li) saxlanılmalıdır. Müvəqqəti preparatlar hazırlamaq üçün rəngləyicilər qabaqcadan hazırlanmalıdır (bax, səh. 32).

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

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

3. Alınmış kəsiyi eşya şüəsinin üstündəki asetokarmin damcısını yerləşdirməli, örtücü şüə ilə örtməli və spirt lampasının alovunda bir neçə dəfə ehtiyatla qızdırılmalıdır. Asetokarmin buxarlandıqca oraya yenisi əlavə edilməli.

4. Kəsiklər kifayət qədər maserasiya olunduqda (preparat iynəsi ilə örtük şüşəsinə sıxıqlıqda kəsik dağıılmağa başlayır) qızdırmanı dayandırmalı. Örtücü şüşəyə toxunmadan süzgəc kağızı ilə artıq mayeni təmizləməli.

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

6. Hazırlanmış preparati 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 çəkildikdən sonra şəkli preparatla yoxlamaq və onun dəqiq olduğuna inandıqdan sonra xromosomları saymaq lazımdır. Xromosolların dəqiq sayını təyin etmək üçün onların hər bir preparatda 5–10 metafaza lövhəsində sayılması vacibdir.

9. Əgər preparat qabaqcadan fiksədiilmiş və spirtdə (70%-li) saxlanmış materialdan hazırlanırsa, onda kökcükler spirtdən bilavasitə əşya şüşəsində olan rəngləyici damcısına köçürürlür. Sonra isə qızdırılır və əzilir. Yarpaqçıqlar qabaqcadan qatı xlorid turşusu və metil spirti qarışığında (1:1) 5 dəqiqli müddətində maserasiya edilir, su ilə 5 dəqiqli yuyulur, sonra asetokarmiñ, 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, MİTOZ

I.D.Çistyakov 1874-cü ildə plauñ və qatırquyuğunda sporun inkışafı 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 bölünmeyədək 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 seviyyədə baş verib, hüceyrəni bölünməyə hazırlayır. Bu zaman DNT və xromosomların ikileşməsi baş verir. İkincisi, bölünmə dövrü (mitoz) ikileşmiş xromosolların yeni əmələ gəlmış 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-özüne” törəməsi və ya onların qeyri-hüceyrəvi “canlı maddədən” əmələ gəlməsini tamamilə inkar edir. Adətən, hüceyrələrin bölünməsi əvvəldən onlarda olan xromosom aparatının reduplikasiyası (ikileşməsi), DNT-nin sintezi ilə baş verir. Bu prokariot və eukariot hüceyrələr üçün ümumi hal hesab edilir.

Hüceyrələrin mövcud olduğu andan, yeni bölünmədən bölünmə anıadək 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. Bir hüceyrəli eukariot orqanizmlərdə hüceyrənin yaşama müddətində onun hüceyrə tsiklinin davametmə müddəti uzun çəkir. Məsələn, infuzor tərliyi sutkada 1–2 dəfə bölüne bilər, aməbüñ cinsiyyetsiz çoxalması zamanı hüceyrə tsiklinin davametmə müddəti 1,5 sutka olub, bu temperatur və ətraf mühit şəratından asılıdır.

Çox hüceyrəli orqanizmlərin hüceyrələrinin bölünmə qabiliyyəti müxtəlifdir. Belə ki, embriogenezin ilkin mərhələsində canlı orqanizmlərin hüceyrələri tez-tez bölünərsə, yaşlı orqanizmdə bu xassələr qismən azalır. Həlqəvi qurdarda 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 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. Adı şəraitdə çoxalmaq qabiliyyətini itirmiş bir çox hüceyrələr, orqan və toxumaların reperativ regenerasiya prosesi zamanı bu xassələr yenidən yarana bilir.

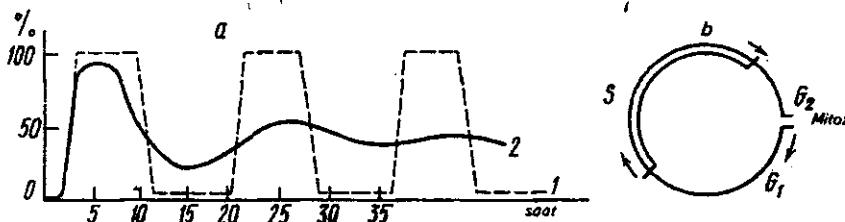
Bölünməyə daxil olma qabiliyyətinə malik olan hüceyrələr bitki orqanizmlərində də rast gelinir. Bu müxtəlif orqan və toxumalara başlangıç verən kambi hüceyrələridir. İntensiv bölünən hüceyrələr, yəni regenerasiya zamanı bölünməyə yenidən başlayan hüceyrələrdir. Bu təbii şəraitdə bölünmə qabiliyyətini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

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

Hüceyrənin bölünməsinin mənəsi 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 gözlemek 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. Bü 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 impulslu nişanlanmış atom (məsələn, DNT-nin sələfi olan nişanlanmış trity, timidin) verib, sonra isə müəyyən fasilələrlə götürülmüş hüceyrələrdə nişanlanmış atomun paylanması mübahidə 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 atəma 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 dövrə (S-dövr) olan hüceyrələrdir. Bir neçə vaxtdan sonra yenidən nişanlanmış atəma malik olmayan, bölünən hüceyrələr meydana çıxır. Bu hüceyrələr nişanlanmış atom daxil edilən zaman S-dövrünə daxil olmayan hüceyrələrdir. Nəhayət, yenidən nişanlanmış atəma malik bölünən

hüceyrələr meydana çıxır. Bu hüceyrələr isə artıq ikinci dəfə bölünməyə daxil olan hüceyrələrdir. Əger nişanlanmış atoma malik mitozun rastgelmə qrafikini qursaq (şəkil 2), onda çoxzirvəli eyri alınar: qonşu zirvelər arasındakı nöqtələr hüceyrənin bir bölünmədən ikinci bölünmə anında keçən vaxtı—hüceyrə tsiklinin davametmə müddətini eks etdirəcəkdir. Eksperimentin başlandığı vaxtdan ilk nişanlanmış mitozların meydana gəldiyi vaxta qədərki müddət—bu S-dövründən sonrakı interfaza vaxtidır, daha doğrusu postsintetik dövr, yaxud artıq qəbul edildiyi kimi G₂-dövr adlandırırlar.



Şəkil 2. ³H-timidinin bir dəfə daxil edilməsindən sonrakı müxtəlif vaxtlarda nişanlanmış mitozların miqdalarının dəyişilməsi:
 a—ideal eyri (1) ve siyanın nazik bağırsağının kript hüceyrəlerinin hüceyrə tsiklinin öyrenilməsi zamanı alınmış eyri (2). Absis oxu ilə—vaxt, ordinat oxu ilə—nişanlanmış mitozların faizi (Quastlere görə, 1960);
 b—hüceyrə tsiklini ve onun ayrı-ayrı fazalarını göstəren daireşəkilli diaqram.

Məlum olmuşdur ki, S-dövründən əvvəl peresintetik dövr G₁-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. Beleliklə, bütün hüceyrə tsikli dörd vaxt kəsiyindən ibarətdir: həqiqi mitoz (M), presintetik (G₁), sintetik (S) və postsintetik (G₂) dövrler.

Müəyyən edildiyi kimi, hüceyrə tsiklinin və onun ayrı-ayrı vaxt kəsiklərinin (dövrlerinin) ümumi davametmə müddəti yalnız müxtəlif organizmlərdə deyil, həm də eyni organizmin

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)

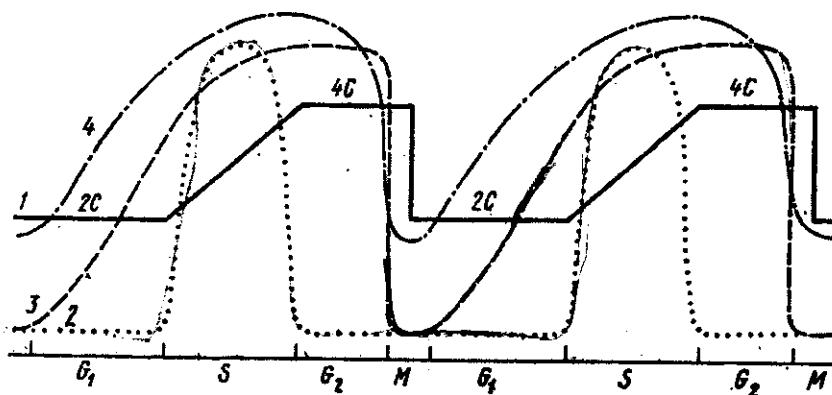
Növ	Mitotik tsikl	Mitoz	G ₁	S	G ₂
Çöl noxudu (20°C)	15,0	1,2	0,8	7,8	5,2
esas kök	18,1	1,0	3,7	8,0	5,4
yan köklər	19,3	2,3	6,7	8,0	2,3
Noxud (22°C)					
Qarğıdalı	170,0	6,0	135,0	16,0	13,0
Sakitlik merkezin hüceyrələri	22,5	2,2	6,3	6,7	7,3
kök üsküyünün periferik hüceyrələri					
Siçan nazik bağırsaq epitelisi	18,75	1,0	9,5	7,5	0,75
buynuz təbəqənin epitelisi	72,0	0,75	—	8,5	4,0
dəri epitelisi	585,6	3,8	528	39	4,6
L—hüceyrələr	20,0	1,0	9—11	6—7	3,4
(Sığ 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 keçməsini təmin edən ayrı-ayrı genlərin funksiyalarının növbələşməsi ilə şərtlənir. Başqa sözlə, hüceyrələrin bölünməye 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 rekplikasiyasının 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 seviyesine (intensivliyine) göre farklılaşır.

G_1 -dövründə hüceyrə nüvəsində DNT-nin miqdari diploid ($2c$) olur, S -dövründə DNT-nin miqdari $2c$ -den $4c$ -ye qədər dəyişir, G_2 -dövründə DNT-nin miqdari tetraploide ($4c$) uyğun gelir. Beləliklə, əger biz hüceyrələrin bircinsli populyasiyasını öyrənirikse, onda interfaza mərhələsində olan hüceyrələrdən DNT-nin sadə fotometriyası yolu ilə bu və ya digər hüceyrənin hüceyrə tsiklinin hansı dövründə olduğunu müəyyən emək olar (Şəkil 3).



Şəkil 3. Hüceyrə tsikli müddətində hüceyrələrin
sintez seviyesinin diagramı:

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

Hüceyrə tsiklinin müxtəlif mərhələlərində hüceyrələrdən RNT-nin miqdari dəyişilə bilər: intensiv bölünən hüceyrələrdə RNT-nin miqdari bütün interfaza müddətində, demək olar ki, iki dəfə artır. Bölünmədən sonra qız hüceyrələr G_1 -dövrünə daxil olur. Bu zaman qız hüceyrələrində zülal ve RNT-nin miqdari həcmində və ümumi miqdarına görə başlangıç valideyn hüceyrələrde olduğundan iki dəfə az olur. Bu zaman hüceyrələrin böyüməsi başlayır. Hüceyrələrin böyüməsi başlıca olaraq hüceyrə zülalının toplanması hesa-

bına baş verir ki, bu da neticədə hüceyrədə RNT-nin miqdarının artması ilə müəyyən olunur. Yada salmaq lazımdır ki, mitozun bütün davametmə müddətində (profazanın sonundan telofazanın orta dövründək) hüceyrədə RNT-nin sintezi bütövlükdə yatırılmış olur. Buna görə də hüceyrədə zülalların və RNT-nin toplanması yeni hüceyrə tsiklinin əvvəlində RNT-nin sintezinin yeniden başlanması ilə əlaqədardır. S-dövründə RNT-nin sintez səviyyəsi, DNT-nin miqdarının artmasına müvafiq olaraq yüksəlir. G_2 -dövrünün ortasında RNT-nin miqdari 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 dövrde 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.

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

Predsintetik dövr (G_1) hüceyrələrin böyüməsi və DNT-nin sinteze 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 böyüür 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 kütləye"

çatması üçün zəruridir. Bu isə, öz növbəsində, S-dövründə DNT-nin sintezinin başlanması müəyyən edir. Aşkar olmuşdur ki, G₁-dövründə zülal yaxud RNT-nin sintezinin ləngidiləməsi (yatırılmasına) S-dövrünün başlanması 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 gelməsi, 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 mərhəlesi olduğunu hesab etməyə əsas verir.

Yuxarıda göstərildiyi 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 xirdalanması (bölməsi) mərhəlesinin əvvəlində, yeni metafazanın sonunda nişanlanmış atomun nüvəyə qoşulduğu zaman baş verir. Maraqlıdır ki, bu halda xirdalanma (bölmə) qız hüceyrələrin böyüməsi ilə əlaqədar deyil, eksinə, 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 bölməsi və bir sıra şış hüceyrə xətlərinin, həmçinin bir sıra ibtidailərin bölməsi zamanı G₁-dövrü olmur.

Hüceyrə tsiklinde sintetik dövr əsas rol oynayır. Onun blokada yolu ilə tecrid edilmişsi mitotik tsiklin dayanmasına səbəb olur. Hüceyrələr DNT-nin sələfinin, tipinin artığını verməklə S-dövrünü dayandırmaq (ləngitmek olar). Bu zaman bütün hüceyrələr S-dövründə bloklanır. DNT-nin sintezi baş vermedən hüceyrələrin mitotik bölməmeye daxil olma hadisəsi mümkün deyildir. Meyoz zamanı cinsiyyət hüceyrə-

relelerinin yetişmesinde 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 ve ölçüsündən, qoşulmuş replikonların sayından, DNT-nin ümumi miqdardan asılıdır. Belə ki, S-dövrünün ümumi davametmə müddəti deniz kirpisinin xirdalanma yolu ilə bölünən hüceyrələrində (30 dəqiqəyə yaxın) və elə bu orqanizmin rüseym hüceyrələrində (bir neçə saat) heyrət doğuracaq dərəcədə fərqlidir. 15 günlük siçovulların embrionunun bağırsaq 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 eksemriyyəti qoşulur. S-dövrünün davametmə müddəti hər hüceyrədə DNT-nin miqdardan birbaşa asılılığı ali bitkilərdə müşahidə edilir. Lakin hem bitkilərdə və hem də heyvallarda poliploid hüceyrələrdən S-dövrünün davametmə müddəti diploid hüceyrələrlə müqayisədə dəyişilmir.

S-dövrünün keçməsi üçün hələ G₁-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 G₁-dövründə mitoz üçün zəruri olan zülalların sintezi prosesində istifadə olunan, rRNT-nin sintezi baş verir.

Postsintetik (G₂) fazanı premitotik faza da adlandırırlar. Bu zaman müəyyən edilmişdir ki, mitoz bölünmənin növbəti mərhələlərinin getmesi üçün onun çox böyük əhəmiyyəti vardır.

G₂-dövrünün davametmə müddəti interfaza mərhəlesinin digər dövrlərinə nisbətən həmişə az çəkir. Bəzi hallarda o, ümumiyyətə bas vermeye də bilər. Bir sıra zambaqkimilərin mikrosporositlərində S-dövründən o dəqiqə sonra hüceyrə bölünməsi profaza mərhelesi başlanır. Bəzi hallarda hüceyrələr uzun müddət G₂-dövründə qala bilər. Siyanın qulağındağı 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 getmesi üçün zəruri olan mRNT-nin sintezi baş verir. Bundan bir az əvvəl isə hüceyrələrin bölünməsini müəyyən edən zülalların sintezində iştirak edən ribosom—RNT-si sintez olunur. Bu “bölmə zülallarının” sintezi G_2 -dövründə baş verir. Bu zaman sintez edilen zülalların ~~xüsusi mitotik iyilerin zülalları—tubulinlər diqqatı çək~~ edir. Məlum olmuşdur ki, bəzi halarda yeni sintez olunmuş tubulinlər növbəti hüceyrə tsiklində də istifadə oluna biler. Bu dövrdə gələcək G_1 -dövrünün baş vermesi üçün RNT-nin sintezi və növbəti S-dövrünün inisiasiyyası üçün zəruri olan zülalların da bir hissəsinin sintezi baş verir. Beləliklə, görünür ki, onun telofaza müddətində ayrı-ayrı fazalarının getmesi üçün zəruri olan makromolekulların sintezi bir qədər qabaqcadañ bas verir: G_2 -dövründə mitoz və növbəti G_1 -dövrü üçün makromolekulaların, G_1 -dövründə S-dövrü üçün, S-dövründə G_2 və G_1 dövrləri üçün sintezlər və s. bas verir.

Hüceyrə tsikllərinin ardıcılığının belə müntəzəm təkrar olunmasını toxuma kulturasının hüceyrələrinin proqressiv böyüməsi zamanı asanlıqla müşahidə etmek olar. Təbii şəraitdə bitki və heyvanların böyüyen toxumalarından həmişə “tsikldən kənar” hüceyrələr olur. Onlar G_1 -dən S-ə, G_2 və sonra M-fazaya müntəzəm surətdə 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, diferensiasiyyası ilə müşayiət edilir. Bu halda diferensiasiya olunmuş hüceyrələr tsikldə çıxır, lakin xüsusi şəraitdə onlar yenidən tsikle daxil ola bilir. Belə ki, məsələn, qaraciyərin hüceyrələrinin eksəriyyəti G_0 -dövründə olur; onlar DNT-nin sinte-

zinde iştirak etmir ve bölünmür. Lakin, əger qara ciyərin bir hissəsi kenar edilərsə, onda hüceyrələrin çoxu mitoza (G_1 -dövrüne) hazırlaşmağa başlayır, DNT-nin sintezinə daxil olur ve mitoz yolla bölünə bilir. Başqa organlarda, hüceyrələr hüceyrə tsiklində çıxaraq geri dönmeyən 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 organizmlərin həyatının sonuna dək bu vəziyyətdə qalır. Başqa hallarda, məsələn, çoxqatlı dəri epitelisində bölünmə və diferensiasiya tsiklindən çıxdıqdan sonra hüceyrələr bir müddət fealiyyətdə olur, sonra isə mehv olur (örtük epitelisinin buynuzlaşmış hüceyrələri). Əgər, bütövlükdə dəri epitelisi nəzərdən keçirilərsə, onda burada bütün hüceyre tipləri ilə qarslaşmaq olar. Epitelin baza qatında 3H -timidinin nüvəyə daxil olması baş verir, belə ki, bu hüceyrələr daima yenidən yaranma tsiklində olan hüceyrələrdir. Orada, həmçinin, həm nişanlanmış atoma, həm də differensial 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, differensiasiya olunmuş, həmişəlik bölünmə qabiliyyətini itirmiş, mehv olmuş bazal qatının hüceyrələrinin nəslə təşkil edir. Buna oxşar hala bütün yenileşən toxumalardan: bağırsaq epitelisində, sümük iliyində, dalaqda, limfa düyünlərində müşahidə olunur. Bitkilərdə bu cür vəziyyətdə kökün, budaqların böyüyen hüceyrələrində, tumurcuqlarında və s. müşahidə edilə bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, çox hüceyrəli yetkin organizmlərdə hüceyrələrin çox hissəsi G_0 -dövründə olur.

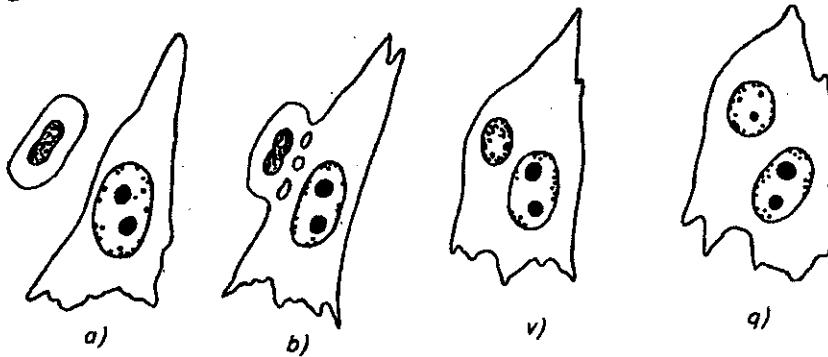
Hüceyrələrin çoxalma qabiliyyətinin öyrənilməsi, sitoloqların köhnə nəticələrini təsdiq etdi — hüceyrənin ixtisaslaşması nə qədər yüksək olarsa, onun bölünmə qabiliyyəti bir o qədər aşağı olar, ele bil ki, hüceyrədə seçicilik var: ya çoxalmaq, ya da diferensiasiya olunma baş verir.

Beləliklə, təbii şəraitdə hüceyrə tsiklinin fazalarının əvəz olunması G_0 -fazaya keçmə kimi qəti surətdə determine

olunmuşdur. Təbii ki, ortaya belə bir sual çıxır, hüceyrənin müxtəlif hallarda olmasını müəyyən edən nədir, hansı amillər hüceyrənin bir fazadan digər fazaya keçməsini tənzimləyir?

Son zamanlar müxtəlif tip hüceyrə populyasiyaları üçün G_0 -mərhələsinin geri dönen, daha doğrusu ilkin vəziyyətə qayıtma qabiliyyətinə malik olduğu göstərilmişdir. Əger yaşlı qurbağanın G_0 -fazada olan baş beynin 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, 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 gelir.



Şəkil 4. İnsan fibroblastı ile toyuğun nüvəli eritrositinden heterokarionun əmələ gelmesi:

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

Əger ekstrimentdə müxtəlif xassəli, yaxud müxtəlif mənşeyə malik hüceyrələr istifadə edilərsə, onda onların birləşməsindən sonra müxtəlif nüvəli hüceyrələr, daha doğrusu, heterokarionlar əmələ gələr. 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 şış hüceyrələrini görmək olar və onları nüvələri G₀-dövründə olub, nə RNT, nə də DNT sintez etməyən nüvəli toyuq eritrositlərini birləşdirib heterokarion almaq olar. Təbii şəraitdə nüvəli eritrositlər qan-damar məcrasında az vaxt yaşayır və tez məhv olur. Heterokarıonda bu cür eritrositin nüvəsi dəyişilməyə başlayır, böyüyür və onda əvvəlcə RNT, sonra isə DNT sintez olunmağa başlayır.

Beləliklə, G₀-dövründən olan nüvə məcburiyyət qarşısında mitotik tsiklə qoşula bilər. Əger heterokarionu G₀-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 birləşirə, onda birinci hüceyrənin nüvəsində vaxtından əvvəl profaza xromatinin kondensasiyası, G₁ və S-dövrlerində olan hüceyrələrin heterokarionunda G₁-dövründəki hüceyrələrin nüvəsində DNT-nin sintezi induksiya olunur. S və G₂-fazalarının hüceyrələrindən heterokarıonda S-fazanın hüceyrələrinin nüvəsində DNT-nin sintezi dayanır. Çox güman ki, dəyişmənin belə bir tipi sitoplazma amillərinin induksiyaedici təsirində asılıdır. Əgər heterokarıondan interfaza mərhələsində olan hüceyrələrdən çoxlu nüvə və 1-2 mitotik figur olarsa, onda interfaza hüceyrələrinin nüvələrindən xromosomların kondensasiyası baş verir. Lakin əksinə, mitotik figurlardakı xromosomlar dekondensasiya olunmağa və mikronüvələr əmələ gəlməyə başlayır.

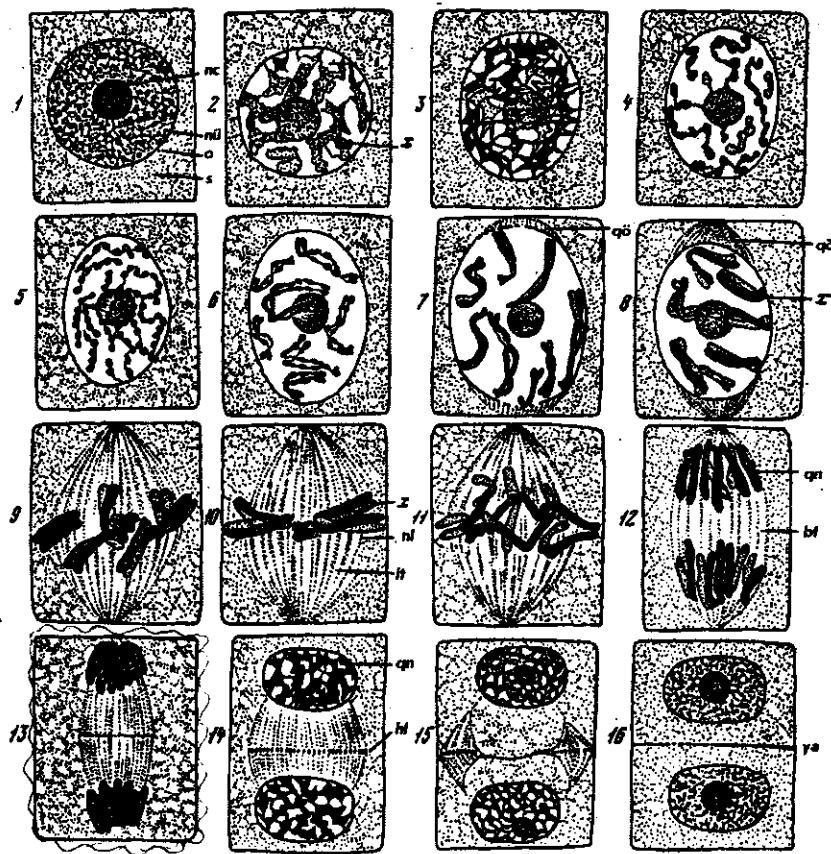
Heterokarionların süni yolla alınmasının analogi proseslerine təbii şəraitdə də rast gəlmək olar. Belə ki, məsələn, soyuqdəymə zamanı birləşdirici toxumada iki qonşu hüceyrənin birləşməsi nəticəsində əmələ gələn çoxnüvəli "yad cisim hüceyrələri" meydana çıxır.

Heterokarionların əmələ gəlməsinin somatik hüceyrələr arasında əsil hibridlərin alınması üçün müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər. Əger iki hüceyrədən əmələ gəlmış heterokariondan hər iki nüvə mitoza daxil olarsa, onda mitotik fiqurların birləşməsi ilə əsil hüceyrə hibridi əmələ gələr. Hazırda bu üsul genetik molekulyar-biooji 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 getmesi üçün əlverişli şərait olmadıqda mitoz prosesi pozulur.

Profazanın başlangıcı sitoplazmada xüsusi fiziki-kimyəvi dəyişikliklərə xarakterizə olunur. Bu zaman hüceyrənin möhtəviyyəti günəş şüalarını sindirə biləcək dərəcədə qatlaşır.

Xromosomlar öz aralarında bütün uzunu boyu sıxlasmış, 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 başlangıcında xromosomlar əvvəlcə bütün nüvə boyu bərabər paylanır, sonra nüvənin kənarlarına çəkilir. Profazanın sonunda nüvənin membranı dağılır, nüvədə olan nüvəciklər də tədricən itir.



Şekil 5. Ali bitkilerde nüve ve hüceyrənin, mitoz bölünmenin ardıcıl mərhələləri:

nü—nüve; nc—nüvecik; np—nüve perdesi; s—sitoplazma;

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

nl—nüve lövhəsi; qn—qız nüve;

bt—birləşdirici tellər; hl—hüceyre lövhəsi; ya—yeni arakesmə.

1—sakitlikdə olan nüve; 2–8—bölmək dövründə olan profaza;

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

Prometafaza nüvə membranının dağılması ve 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 iyələri sahəsində xromosomlarla əmələ gələn konfiqurasiya ekvatorial lövhə adlanır. Bu zaman metafazanın əsas fərqləndirici xüsusiyyəti sentromerlərin qütblərdən bərabər məsafədə bir müstəvidə yerləşməsindən ibarətdir. Metafaza lövhəsinin konfiqurasiyası hüceyrələrin tipində asılıdır. Daha xırda xromosomlar lövhənin mərkəzində, iriləri isə kənarda 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 iyə tellərinə perpendikulyar düzəlir, lakin xromosomların sentromerləri ekvatorial müstəvidə yerləşir. Onların çıyılıcıları isə ondan kənarda qala bilir.

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

Metafazanın davametmə müddəti müxtəlif hüceyrələrdə deyişkəndir, lakin müəyyən tip hüceyrələr üçün sabitdir. Xromosomlar metafaza lövhəsində düzülərək sanki aralanmaq üçün ilkin vəziyyətə qayıdır. Qız xromosomlar hələ də kinetoxorlarla möhkəm birləşmişdir, lakin onların çıyılıcıları bir-birindən asanlıqla aralanır.

Anafazada ekvator müstəvisində olan xromosomların hüceyrənin eks qütblerinə çəkilməsi baş verir. Bu zaman iyə tellərinin hərəkəti aktiv olduğu halda, xromosomların hərəkəti xeyli dərəcədə passiv olur. Son illərdə elektron mikroskopunun köməyiylə aparılan tədqiqatların inkişafı və nailiyyəti, elektron kino çəkilişlerinin tətbiqi, həmiçinin canlı hüceyrələrin tədqiq olunması metodlarının dəqiq hərəkətetmə sürətini və yolunu müəyyənləşdirmek mümkün

olmuşdur. Belə ki, onlar dəqiqədə 0,2-dən 5 mkm-dək sürətlə hərəkət edir.

Anafazada xromosomlar qütb'lərə çəkilən zaman kinetoxorlarla irəliyə doğru hərəkət edir.

Ekzogen və endogen amillərin təsiri nəticəsində kinetoxorlardan məhrum olmuş xromosomların fragmentləri sitoplazmaya düşərək iy tellerində aralanır və nəticədə qütb'lərə çəkilmir.

Xromosomların iy telleri vasitəsilə aktiv surətdə qütb'lərə çəkilməsini belə bir faktla göstərmək olar. Əger xromotidlərin qırılması nəticəsində alınan fragmentlər disentrik xromosom emələ gətirməklə birləşirse (iki kinetoxorla), onda müxtəlif qütb'lərdən olan iylerin kinetoxorlarına birləşərək onu eks təreflərə çəkir. Belə xromosom əvvəlcə qütb'lərə çəkilmiş iki xromosom qrupları arasında "körpü" emələ gətirir, lakin tezlikle qırılır.

Qeyd etmek lazımdır ki, xromosomların hərəkəti tekçə iy tellerinin yiğilması ilə deyil, bu zaman hüceyrənin özünün uzanması ilə də əlaqədardır. Bununla qütb'lərə məsafə artır, nəticədə xromosomların eks qütb'lərə çəkilməsi baş verir.

Beleliklə, anafazada kinetoxorlara birləşmiş qız xromosomlar bir-birindən ayrılır və eks qütb'lərə doğru hərəkət edir. Buna görə də anafaza mərhələsində qabaqcadan ikiləşmiş xromosomların hər bir qrupu yeni qız hüceyrələrin nüvəsinə başlangıç verir.

Ekvatorlarda olan qız xromosom qruplarının qütb'lərə çəkilməsi başa çatdıqdan sonra telofaza mərhəlesi başlanır. Bu mərhələdə yenidən formalaşan nüvənin interfaza quruluşunun bərpası üçün xromonemlərin spirallaşması tədricən açılır. Xromonemlərin spiralsızlaşması prosesi telofazanın başlangıcında hələ qütb'lərdə iki kompakt xromosom qrupunun emələ 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 xromosentrələrin formalaşmasında iştirak edir. Eyni zamanda xromosomların spiralsızlaşması ilə yanaşı endoplazmatik şəbəkə maddesinin xromosomlar ətrafına toplanması

nəticəsində yenidən əmələ gələn qız nüvənin xarici qılaflı bərpa olunur. Ele bu vaxt xromosomlar etrafında əmələ gələn qabarcıqların qarışması ilə nüvənin daxili qılaflı əmələ gelir. Nüvənin tam bərpa olunması xromosomların spirallaşmasının açılmasının qurtarması və nüvəciyin əmələ gəlməsi ilə başa çatır.

Sitoginez anafazanın sonu, yaxud telofazanın başlanğıcında sitoplazmanın ayrılması ilə baş verir. Heyvan hüceyrələrində ekvatorun qütbündə şirim əmələ gəlir və dərinləşir. Belə bir şirimin əmələ gəlməsi sitoplazmanın üst təbəqəsinin halqavarı sahəsinin yiğilması kimi təsəvvür edilir.

Mitozun davametmə müddəti dəyişkəndir. Mayalanmış yumurtahüceyrənin bölünməsi zamanı mitoz daha sürətli keçir: məsələn, drozofilin yumurtahüceyresi bölündükdə mitozun davametmə müddəti 9–10 dəqiqə olur. Somatik hüceyrələrdə mitoz prosesinin müddəti bir qədər çoxdur. Belə ki, mitoz at paxlaşısı 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 ince quruluşunun öyrənilmesi.

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 (*Trifidum aestivum L.*) kökcüyün uc hissəsinin eninə kəsikləri. Stolüstü lupalar (binokulyar), işıq mikroskopları, əşya və örtütü şüşələr, ucu iti iynələr, asetorkarmin, xloralhidrat, süzgəc kağızı, pinset, lanset və damcıladıcı.

MÜVƏQQƏTİ SİTOLOJİ PREPARATLARIN HAZIRLANMA ÜSULLARI

Asetokarmin, asetolakmoid və asetoorseinin hazırlanması ilə tanışlıq. Asetolakmoidli və asetokarmenli müvəqqəti preparatlar hazırlamaq. Müvəqqəti preparatları daimi preparatlara çevirmek.

Material və ləvazimat. 1. Tədqiq olunan bitkinin cürcədilmiş toxumları. 2. Spirit 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. İçərisində asetolakmoid, yaxud asetokarmin olan, həmçinin tıxaca damcılıcı yerləşdirilmiş kiçik kolbalar. 10. 96%-li spirit.

İşin yerinə yetirilməsi. Tədqiq olunan material ilə ətraflı tanış olmaq məqsədilə daimi preparatlar hazırlanmadan əvvəl müvəqqəti preparatlar hazırlamaq məqsədə uyğundur. 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 ağızçığında tozcuğun cürceme xüsusiyyətlərini, sporogenet və qametogenezi, elecə də basqa 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 cürcədir. Cürcətilər lazımlı olan uzunluğa çatdıqda fiksə edilir. Noxud cürcətiləri 0,8–1,0 sm, soğan 0,6–0,8 sm, paxla 1–1,2 sm, bugda 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 fiksədici qarşıqlardan istifadə edilir. Fiksədici məhlulun seçilməsi bilavasitə qarşıya qoyulmuş məqsəddən asılıdır. Bitki toxumları ilə işlədikdə fiksə üçün Karnua məhlulundan istifadə edilir. Karnua məhlulunun hazırlanması üçün mütləq spirtle buzlu sirkə turşusunun 3:1 nisbəti qarşılığından

(məsələn, 120:40 ml) istifadə edilir. Fiksasiya prosesi preparatların hazırlanmasında başlangıcı, eyni zamanda fövqələdə mərhələdir. Fiksədici məhlul süretlə hüceyrənin daxilinə nüfuz edərək hüceyə strukturunda xüsusi dəyişiklik töretmədən onu öldürməlidir (bölməni dayandırmalıdır). Fiksədici məhlul hüceyrənin tərkibində olan maddələri həll olmayan formaya çevirməlidir. Sonra preparatların işlənməsində (suda yuyulma, spirtdən keçirme və s.) bunun böyük əhəmiyyəti vardır.

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

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

Sitogenetik tədqiqat işlərində asetorkarmin ilə yanaşı asetolakmoid rəngləyicisindən də geniş istifadə edilir. Buna görə də, asetolakmoid rəngləyicisini hazırlamaq üçün həcmi 200–250 ml olan şüše kolbaya 40 ml distillə edilmiş su və 60 ml buzlu sirkə turşusu töküb su hamamında qaynadırlar. Məhlul qaynamağa başladıqdan sonra oraya 1 q lakovoid 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 damcılادıcıya, yaxud da ağızına damcılادıcı keçirilmiş penisillin şüşəsinə tökülməsi məsləhət görülür.

Asotoorsein rəngləyicisini hazırlamaq üçün həcmi 150–200 ml olan şüše kolbaya 45 ml buzlu sirkə turşusu tökərək boğazına şüše qif 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 göstərildiyi kimi, işləmək üçün rəngləyicidən bir qədər damcılادıcı kolbaya töküür.

Hemin boyayıcıdan damcılادıcı ilə qabaqcadan sınaq şüşəsinə salınmış noxud, soğan, paxla, buğda və yaxud Grepis Capillaris kökcükllerinin üzərinə bir neçə damcı (kökcükleri örtənə qədər) damızdırılır. Kökcükleri 10-15 dəqiqə qaynatıldıqdan sonra onlar boyayıcı məhluldan çıxarılaraq təmiz əşya şüşəsinə yerləşdirilir. Qabaqcadan hazırlanmış əşya şüşələrinə damcılادıcı ilə bir damcı xloralhidrat məhlulu damızdırılır. Xloralhidrat məhlulundan, müvəqqəti əzilmiş preparat hazırlanıqda hüceyrələrin bir təbəqədə (qatda) bərabər düzülməsi üçün istifadə edilir. Xloralhidrat məhlulu—bu maddənin 5 q tozunu 2 ml distillə edilmiş suda həll etməklə hazırlanır.

Kökcüklerin boyanmış ucunda meristem hüceyrələri sahəsi lansetlə kəsilərək əşya şüşəsi üzərindəki xloralhidrat damcısına yerləşdirilir, sonra örtücü şüşə ilə örtlüb yavaşca əzilir. Əzmə əməliyyatını süzgəc kağızından istifadə etmək-lə, pinsetin küt-hamar tərefi ilə yerinə yetirilməlidir. Bunuñ 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 sımasın, həmçinin onun altında başqa əşya, maye və hava qabarçıqları qalmasın. Yuxarıda göstərilən əməliyyatlar başa çatdıqdan sonra müvəqqəti preparatlar hazırlanmış olur.

Mitozun fazalarını öyrənmək üçün hər bir tələbə hazırladığı müvəqqəti preparata mikroskopda baxmalı (10×40 böyüdücüsündə) və mitozun bütün fazalarının, eyni zamanda bitki və heyvan hüceyrələrində mitozun xarakter mərhələlərinin, həmçinin müxtəlif orqanizm hüceyrələrinin kariotipinin şəklini çəkməlidir. İşı yerinə yetirdikdən sonra tələbə çəkdiyi şəkillərin sonunda obyektin adını qeyd etməklə imzalamalıdır. Hər birtələbə drozofilin nəhəng xromosomunu öyrənmək üçün preparat hazırlamalı, baxmalı və şəklini çəkməlidir (bax, səh. 171).

Drozofil milçeyinin tüpürçək vəzisində nəhəng xromosomu öyrənmək üçün preparat hazırlama qaydası. Drozofil

milçeyinin tüpürçək vəzisində nəhəng xromosomu öyrənmək məqsədilə əzilmiş müvəqqəti preparat hazırlamaq üçün əvvəlcə fizioloji məhlul hazırlamaq lazımdır. Bu məqsədlə 1 l suya 56 q sodium-nitrat əlavə edilir. Nəticədə qatılığı 1 mol olan məhlul alınır. Bundan sonra drozofil milçeyinin sürfəsini eşa şüşəsinin üzərinə qoyub üzərinə 2–3 damla fizioloji məhlul əlavə edilir. Sonra iki preparat iynəsinin köməyilə iki ədəd tüpürçək vezini ehtiyatla ayırməq lazımdır. Preparat iynələrindən biri iti, digəri isə sürfənin bədənini üstdən basmaq üçün küt olmalıdır.

Cıxarılmış tüpürçək vezilərini xüsusi çüxuru olan eşa şüşəsinə yerləşdirib üzərinə 2–3 damla fiksədici məhlul töküür və 2 dəqiqə saxlanılır. Bundan sonra onun üzərinə arseil rəngləyicisi əlavə edərək 6–10 dəqiqə saxlamaq lazımdır. Saxlama müddəti hayanın temperaturundan asılıdır. Saxlama müddəti başa çatdıqdan sonra damcıladıcının köməyilə rəngləyici məhlulu kənar edərək tüpürçək vezilərini adı eşa şüşəsinin üzərinə keçirərək 45 %-li sirkə turşusu əlavə edilir. Onun üzərini örtücü şüše ilə örtərək ehtiyatla şəffaf olana qəder 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 prepapatla birlikdə, preparat hərəkətetdiricinin köməyilə, görmə dairəsində tərkibində nüvəcikləri olub torvarı strukturu aydın seçilən nüvəli hüceyrələri eksəriyyət təşkil edənə qədər hərəkət etdirmək lazımdır.

Belə quruluşlu hüceyrələr interfaza mərhələsində olur. Bəzi hüceyrələrdə tünd rənglənmiş xromosomlar görünür—bu mitozun mərhələlərindən her hansı birində olan hüceyrələdir. Əgər hüceyrənin mərkəzində yumaqlaşmış xromosomlar yerleşmişsə, nüvenin qılaflı və nüvəcikləri görünmürsə, onda belə hüceyrə profazanın son mərhələsini keçirir. Metafaza üçün xarakter formaları bunlardır: hüceyrənin qütblərindən baxdıqda bütün xromosomlar bir müstəvi üzərində (ulduz forması), yan tərəfdən baxdıqda xromosomlar mər-

kəzdə, 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 sitoginez prosesi.

dir. Bununla da karioginez başa çatır.

Yaxşı olardı ki, sitoginez nümayişetdirici mikroskopla (böyüdülmə 10×40), xüsusi hazırlanmış preparatla baxılsın (şəkil 7).

Anafaza əvvəlki xromatidlərin — indiki halda isə xromosomların qütb'lərə çəkilməsi ilə xarakterizə olunur.

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

Bəzi hüceyrələrdə nüvəciklər və nüvə qalafı bərpa olunur, lakin bəzilərində bu proses hələ baş vermemiş

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

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 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.* toxumalarında mitotik aktivliyə təsiri

Təcrübənin variantları, %-lə	Öyrənilmişdir		Böülünen hüceyrələr		Ehtimalıq 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 sayıda preparat hazırlanmalı (hər kökcükdən bir preparat olmaqla) kökcüklerin sayı (28, 20, 30, 28), hər bir varinatda qeydə alınmış ümumi hüceyrələrin (5600, 4000, 6000, 5600) və böülünen hüceyrələrin sayı (603, 133, 262, 310), böülünen hüceyrələrin qeydə alınmış ümumi hüceyrələrə olan nisbəti (% -lə), həmçinin ehtimalıq fərqi göstərilmişdir.

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

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

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

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

$$\text{Xətanı hesablamaq üçün } m = \pm \sqrt{\frac{\% (100 - \%)}{n}} \text{ düsturun-}$$

dan istifadə edilir. Burada m —xəta, $\%$ —mitotik aktivlik, 100 —cəmin faizlə ifadesi 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 ehtimalliq fərqini (t_d) hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

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

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

2-ci cədveldə ehtimalliq aşağıdakı kimi hesablanır:

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

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

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

Cədvəl 4

A. fistulosum L. toxumlarında fenozan turşusunun mitotik aktivliyə tesiri

Variantlar, %-lə	Öyrənilmişdir		Böülünen hüceyrəler		Ehtimallıq fərgi, t_d
	kökcük	hüceyrə	sayı	% ± 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	?	?

Cədvəl 5

Tr. aestivum L toxumlarında fenozan turşusunun mitotik aktivliyə tesiri

Variantlar, %-lə	Öyrənilmişdir		Böülünen hüceyrəler		Ehtimallıq fərgi, t_d
	kökcük	hüceyrə	sayı	% ± 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 sürətlü neytronların müxtalif dozaları ilə təsir edərək cücerdilmiş və onların kökcüklerindən halırlanmış preparatların hər birində 200 hüceyrə qeydə alınmışdır. Cədvəldə verilmiş rəqəmlərə əsasən mitotik aktivliyi, xətanı və ehtimallığı

hesablayın (hesablama üsulu, bax, seh. 38), kontrola göre fərqi tapın.

Cədvəl 6

Yüksəksüretli neytronların *T. Aestivum L.* toxumlarında mitotik aktivliyi təsiri

Variantlar, doza Qr^* -le	Öyrenilmişdir		Böülünen hüceyrələr		Ehtimallıq fərqi, t_d
	kökcük	hüceyrə	sayı	% ± 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

- Mitoz bölünmenin anafaza mərhəlesində eksər xromosomların U-formalı quruluşa malik olmasının səbəbini izah edin.
- Əger hüceyrəde nüvə membranı və nüvecikler olmayıb, ancaq xromosomlar aydın görünərsə, bu mitoz bölünmenin hansı mərhəlesidir?
- Əger hüceyrələrdə bölünmə oxu aydın görünərsə, lakin bütün xromosomların sentromerləri bir müstəvidə yerləşirse, bu mitoz bölünmənin hansı mərhəlesidir?
- Xromosomların formalarını sayın ve şəklini dəftərinizə çəkib, hisselerini gösterin.
- Mitoz bölünmenin hansı mərhəlesində xromosomların forma və ölçülerinin öyrənilmesi elverişlidir?
- Hüceyrə tsikli nedir? Onu izah edib, dəftərinizdə təsvir edin.
- Hüceyrə tsiklinin hansı mərhəlesində DNT-nin replikasiyası baş verir?
- Əger xromosomlar organizmin xassə və əlamətləri haqqında informasiya daşıyırsa, onda mitoz bölünmə yolu ilə əmələ gelmiş iki hüceyrədə bu informasiya necə olacaqdır?
- Mitoz bölünmenin genetik əhəmiyyəti nəden 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 Strasburg bitkilərdə təsvir etmişdir.

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

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

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

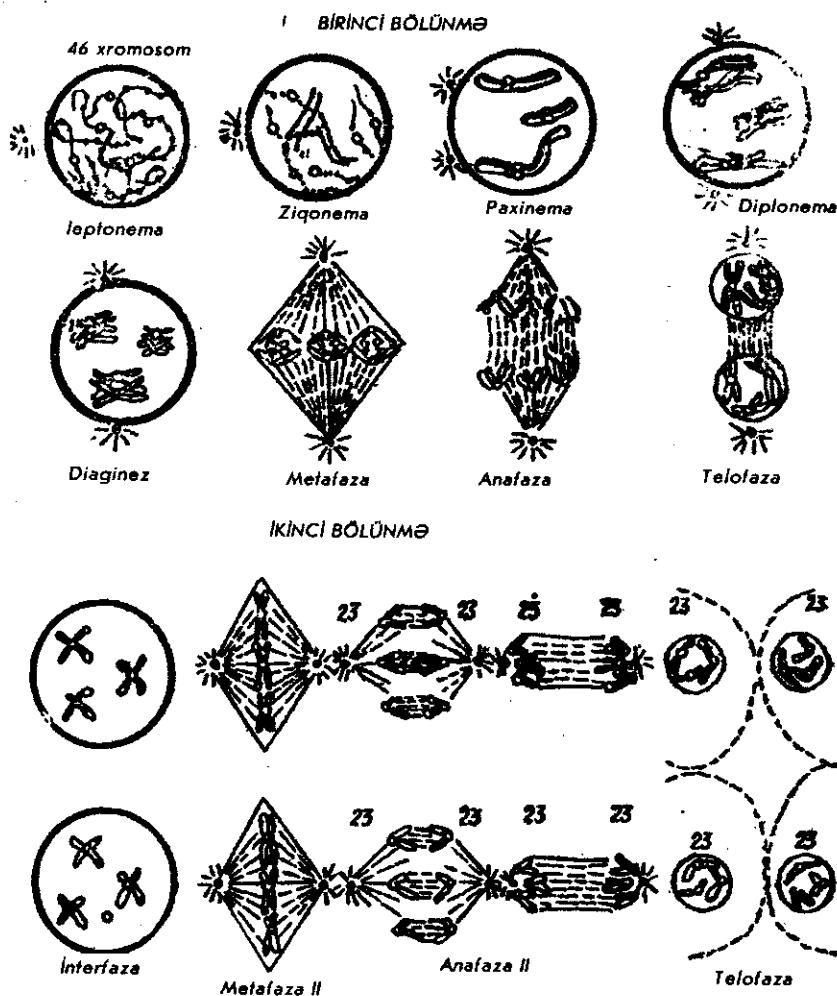
TAPŞIRIQ 5

MEYOZ PROSESİ

Meyoz (yunanca *meyozis*—azalma) yalnız cinsiyətli yolla çoxalan bitki və heyvan qametləri əmələ gətirərək ilkin hüceyrənin xüsusi bölünmə tipi kimi təsəvvür edilir. Bu proses nəticəsində diploid 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 saxlanmasında, həmçinin meyoz prosesində xromosomların özünü aparma-sında, ırsiyyətin 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 bölünmədə əmələ gəlmiş hüceyrələr arasında xromosomlar bərabər paylanır. Meyoz tsikli xromosomların

qanuna uygun dəyişilmələrə məruz qaldığı bir sıra ardıcıl fazalardan ibarətdir (şəkil 8).



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

Meyoz neticəsində dörd haploid hüceyrə — qametlər (yaxud sporlar) emələ gelir. Sxemde üç cüt xromosom təsvir edilmişdir.

Reduksion bölünmeye nüvenin profaza I-dən telofaza I-ədək dəyişilmesi tsikli aiddir. Sonra isə hüceyrənin ikinci bölünməsi arasındaki xüsusi vəziyyəti—interginez başlanır. Bəzi hallarda telofaza I interfaza mərhələsini keçirmədən birbaşa profaza II-yə keçir.

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

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

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

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

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

Diplonema. Bu (ikiqat tellər) mərhələdə cüt-cüt konyuqasiya olunmuş 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 (χ) xatırladan fiqurlar əmələ gəldiyindən çarpazlaşma yerlərini xiazm adlandırmaq qəbul edilmişdir. Bu mərhələnin gedişi zamanı sanki xromosomların spirali açılır, xiazm xromosomun mərkəzindən onun qurtaracağına doğru çekilir. Bu hadisə terminalizasiya adlanır. Bunun nəticəsində anafazada xromosomların qütb'lərə doğru hərəkəti təmin olunur. Profaza I diplonema mərhələsində homoloji xromosomların bir-birini çəkmə qüvvəsi zəiflədiyi halda itələmə qüvvəsi artır.

Nüvənin həcmini 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 gelmesi 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 bir-birini qütbə, digəri isə əks qütbə doğru yönəlir. Bütün sentromerlər bir-birini itələyir və xromosomlar qütb'lərə çəkilməyə başlayır. Xromosomların bəziləri uzun, bəziləri isə qısa olur.

Anafaza I. Bu mərhələdə özlerinin sentromerləri ilə birləşmiş hər bir homoloji xromosomun bacı xromatidləri uyğun qütb'lərə doğru yönəlir. Öz aralarında terminal xiazm ilə

birleşen kısa xromosomlar terminallaşmamış xiazmları olan uzun xromosomlara nisbeten daha süretle qütblerə çekilir.

Telofaza I. Anafaza mərhələsində olan xromosomlar eks qütblerə tam çəkildikdən sonra telofaza I başlanır. Xromosomlar bir müddət kondensasiya (sixlaşmış) vəziyyetini itirmir və morfoloji əlamətləri saxlayır. Telofaza 1-dən sonra isə qısamüddətli interfaza mərhələsi başlanır. Xromosomlar spiral formalarını itirmir, lakin bəzi hallarda meyozun birinci bölünməsindən sonra uzun süren 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 süren interkinez mərhələsi başlanır. İnterkinezdə interfazadan fərqli olaraq DNT-nin sintezi və xromosomların duplikasiyası baş vermir. Lakin RNT, zülal və başqa madde dərinin sintezi baş verə bilər.

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

Anafaza II. Meyoz bölünmənin bu mərhələsində əvvəlcə dən hər bir xromosomun iki cüt xromatidlərini birləşdirən sentromerlərin aralanması baş verir. Nəticədə xromatidlər eks qütblerə sərbəst çəkilərək dörd nüvə əmələ gətirmək imkanına malik olur. Beləliklə, dörd nüvənin hər birində xromosomlar haploid sayıda olur.

Telofaza II. Anafaza II-də qütblerə 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 sayıda xromosom olan 4 hüceyrə əmələ gəlir. Meyoz bölünmə başa çatır.

Təcrübənin qoyulması

Meyozun reduksion və ekvasion bölünmələri ilə ümumi tanışlıq.

Material və ləvazimat. Soğan, noxud və yumşaq buğda tozluğundan hazırlanmış sitoloji preparatlar: profaza I—leptonema; profaza I—pixinema; 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), işiq mikroskopları, eşa və örtüçü şüselər, preparat iynələri, pipetkalar, astokarmin, süzgəc kağızı pinset və neşter bıçağı.

İşin yerinə yetirilməsi. Meyoz bölünməni öyrənmək üçün daimi preparatlardan istifadə etmək məqsədə uyğundur. Bu məqsədlə çovdar, qarğıdalı, yem paxlaşısı, soğan, buğda və s. biktilərin tozluğunun uzununa kəsiklərindən hazırlanmış preparatlara baxmaq lazımdır. Daimi preparatları hazırlamaq üçün tozluqları onlardan mikrosporogenez baş verən zaman, daha doğrusu, çovdarda sünbülləmə prosesindən 5–7 gün əvvəl, qarğıdalıda süpürgə cücerməyə başlamazdan 4–8 gün əvvəl, soğanda qönçələmə fazasının əvvəlində fiksə etmək lazımdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, hər bir çiçək qrupunun müxtəlif çiçəklərində meyoz bölünmə eyni vaxtda baş vermir. Məsələn, çovdar sünbüllünün orta hissəsindən götürülmüş tozluqda meyoz artıq başa çatmış və mikrospor tetradalar əmələ gəlmiş olur, lakin bu zaman sünbüllün yuxarı və aşağı hissəsindəki çiçəklərdə meyoz yenicə başlanır. Bu hissələrdən hazırlanmış preparatlarda birinci meyoz 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 Navaşın məhlulunda (hazırlamaq üsulu, bax, səh. 54) fiksə etmək, Heyden-Hayn hematoksilin, yaxud Nyuton gensian bənövşəyisi ilə rəngləmək lazımdır. Heyden-Hayn hematoksili ni hazırlamaq üçün 1 q hematoksilin 10 ml 96%-li etil spirtində həll edilir, üzərinə 90 ml distillə suyu, həmçinin fenolun, yaxud timolun bir kristalı əlavə edilir və konusşəkilli şüşə kolba hava yaxşı daxil olan işıqlı yerde saxlanılır. Bunun üçün kolbanı ikiqat tənziflə sarımaq lazımdır. İstifadə etməzdən əvvəl belə məhlul süzülməlidir.

Rəngləyicini qısa müddətde də hazırlamaq olar. Bu məqsədə 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 soyudulduğdan 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 rəngləyen 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 öyrənmek mümkündür. Müvəqqəti preparatların yayda bila-vasitə canlı materialdan isifadə etməklə hazırlanmaq mümkündür. Qişda müvəqqəti preparatlar hazırlamaq üçün qabaqcadan mikrosporogenez fazasında fiksədilmiş çovdar, qarğıdahı, 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 fiksədilmiş çiçək qrupu əvvəlcə spirtdə (70%-li) yuyulur, sonra isə spirtdə (70%-li) saxlanılır. Bu qayda ilə fiksədilmiş materialdan istenilen vaxt preparat hazırlamaqla meyoz bölünməni müşahidə etmək olar.

Preparat hazırlayan zaman tarlada bitkinin çiçək qrupundan kəsilmiş, yaxud Karnua fiksatorunda fiksə edildikdən sonra ondan pinsetle 2–3 tozcuq ayırməq lazımdır. Tozluqları əşya şüəsi üzərində yerləşdirib şüə çubuq, yaxud pinsetin küt tərefi ilə ezməli və bundan sonra tozluqların qabıqlarını əşya şüəsinin üzərindən xaric etmək lazımdır.

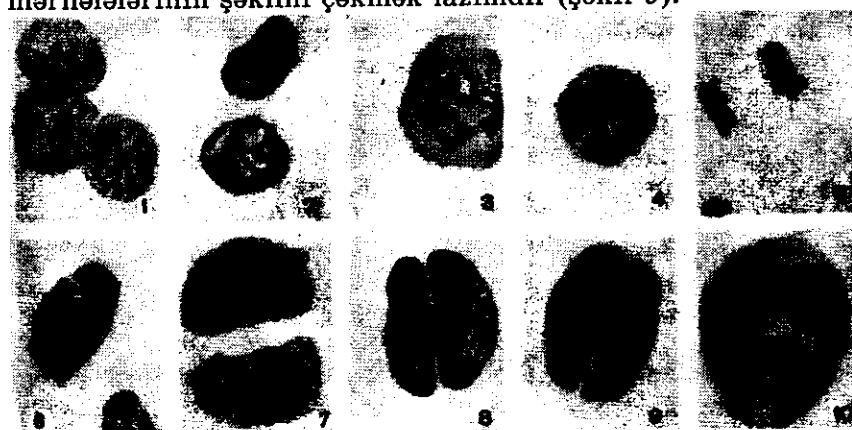
Alınmış əzintinin üzərinə bir damcı asetokarmin, yaxud asetolakmoid damızdırılaraq üzəri örtücü şüə ilə örtülür.

Preparatı spirt lapmasının alovu üzerinde qızdırmaqla rəngləmənin yaxşı getməsinə nail olmaq olar.

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

Hər bir tələbə bütün preparatların şəklini çəkmeli, onların altında preparatın hansı obyektdən hazırlanlığını göstərməklə imzalamalıdır.

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 onlardan 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).



Şəkil 9. Soğan (*Allium fistulosum*) tozluğundan meyozun mərhələlərinin mikroşəkilləri:

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

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

Bundan sonra bir-birini konyuqasiya etmiş homoloji xromosomlar, əksinə, biri-digərini itələməyə başlayır. İtələmə homoloji xromosomların sentromer yerləşən hissəsindən başlayır. Bu zaman qeyri-bacı xromatidlərin çarpzlaşmasından yunan hərfi X-ni xatırladan fiqurlar əmələ gelir. Bunlar diplonema adlanan mərhələdə müşahidə edilir.

Sonrakı silsilə metafaza I-ə aiddir. Əgər preparatı müşahidə etdikdə bir görüş dairesində 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 başlangıç hüceyrədə olduğundan iki dəfə az olur.

Qabaqcadan hazırlanmış növbəti preparatda homoloji xromosomların qütblərə çekilməsi ilə xarakterizə olan yandan görünüşü anafaza I-də aydın görünür. Telofaza I-də hüceyrə daxilində ilkin hüceyrədə olduğuna nisbetən 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, yeni anafaza II-də xromosomların yalnız yarı hissəsi qütblərə çekilir, daha doğrusu, sentromerlər olan sahələrə bölündükdən sonra xromatidlər xromosomları əmələ gətirir və qütblərə çekilir.

Telofaza II aydın seçilən sonrakı preparatda bir hüceyrə daxilində dörd nüvə əmələ gəldiyi müşahidə edilir. Sitokinezdən sonra hələ də membranı saxlamış olan əvvəlki ana hüceyrədə dörd əded yenİ hüceyrə—spor yerləşir. Bunlar isə “tozcuq tetradları” adlanır. Qeyd etmək lazımdır ki, birləpəli bitkilərdə bütün sporlar bir müstəvi üzərində yerləşdiyi halda, ikilepəli bitkilərdə həmin sporlardan 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 gelir ki, bunun da təkamül prosesində çox mühüm rolu vardır.

Suallar ve məsələlər

1. Meyoz bölünmenin üç mühüm funksiyası hansılardır?
2. Meyoz bölünmenin hansı mərhələsində DNT-nin sintezi baş verir?
3. Homoloji xromosomların konyuqasiyası ne vaxt və harada baş verir? Homoloji xromosomların bir-birini itələmə qüvvəsi neçə başa düşülməlidir?
4. Uşağa ata və ana xətti ilə nənənin 23 xromosomunun örtülməsi nə dərəcədə ehtimalıdır?
5. Xiazm və krossinqoveri neçə izah etmek olar?
6. Meyozun birinci bölünmesi ikinci bölünmədən ne ilə fərqlənir?
7. Qadın anadan iki, atadan bir qeyri-normal xromosom almışdır. Əger onlar qeyri-homoloji xromosomlar olarsa və ya həmin qeyri-normal xromosomlardan bir cütü (ata və ananınkı) 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 her qütbe neçə xromosom çekilir? Hər bir qütbədə neçə xromatid var?
10. Meyözün profaza mərhələsində bir hüceyrənin istenilən iki xromosому arasında konyuqasiya gedə bilərmi?
11. Meyoz bölünmə nəticəsində bir hüceyrədən dörd identik hüceyrə əmələ gelir ifadəsinə isətəmək olarmı? Sebebini izah edin.
12. Reduksion bölünmənin hansı fazasında homoloji xromosomların sahələri arasında mübadilə gedə bilər? Bu prosesin sitoloji təsvirini vermeli.
13. Meyoz bölünmənin genetik və təkamül nöqteyi-nezərdən əhəmiyyəti nəden ibarətdir?

II FÖSİL

CİNSİYYƏTLİ ÇOXALMANIN BIOLOGİYASI

Heyvanlar ve bitkiler cinsiyetli yolla, xüsusi ixtisaslaşmış cinsiyet hüceyrələri ile yumurtahüceyrənin spermatozoidlərə mayalanması vasitəsilə çoxala bilir. Bu orqanizmlər eyni zamanda somatik hüceyrələr qrupu ilə, yeni vegetativ yolla da çoxalır. Çox hüceyrəli heyvan ve bitki orqanizmləri ilə yanaşı bir sıra ibtidai orqanizmlər də cinsiyetli yolla çoxalır. Heyvanlarda somatik hüceyrələr kimi cinsiyet hüceyrələri də embrional hüceyrələrdən inkişaf edir. Ontogenzdə ayrılmış rüseym hüceyrələri (bunlardan cinsiyet vəziyəti və cinsiyet hüceyrələri inkişaf edir) rüseym yolu adlanır.

TAPŞIRIQ 6

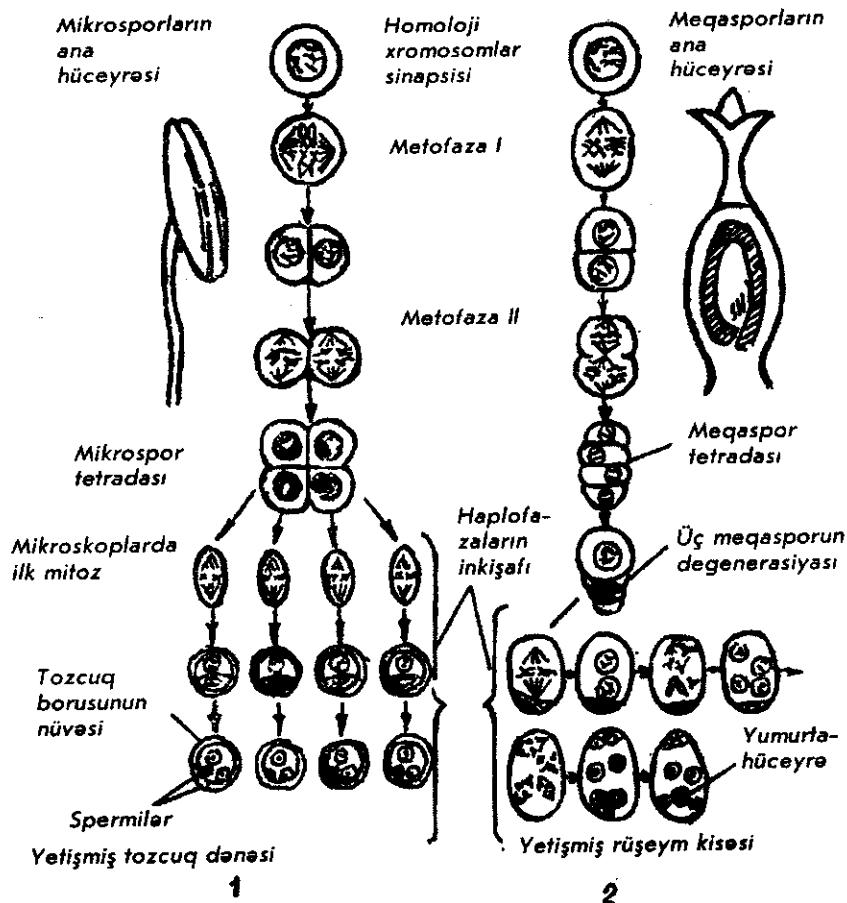
BİTKİLƏRDƏ SPOROGENEZ VƏ QAMETOGENEZ

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

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

Mikrosprogenez və mikroqametogenez. Mikrosporogenez və mikroqametogenezle ümumi şəkildə örtülü toxumlu

(büğda, soğan, noxud, arpa və s.) bitkilərlə tanış olaq. Cavan tozluğun subepidermal toxumalarında arxespor adlanan bir hüceyrə meyozun bütün fazalarını keçdikdən sonra tozcuğun ana hüceyрəsinə çevirilir.



Şəkil 10. Çiçekli bitkilərdə tozcuq dənesi və rüseyim kisəsinin əmələ gəlməsi: 1—erkək hüceyralerin (mikrosporogenezi) yetişməsi; 2—dişi hüceyrelərin (makrosporogenezi) yetişməsi.

Meyozun iki bölünməsindən sonra dörd haploid mikrospor əmələ gəlir (şəkil 10). Onlar dörd-dörd yerləşir və spor

124

tetradaları adlanır. Tetradalar yetişdikde ayrı-ayrı mikrosporlara ayrılır. Bununla da mikrosporogenez başa çatır. Hər iki haldə meyoz yolla dörd haploid hüceyrə (tetradə) əmələ gəlir, bunlardan da tozcuq dənəsi və rüsevəm kisəsi inkişaf edir.

Birnüveli mikrosporlar əmələ gəlməsinin ardınca mikroqamotogenəz 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, taxillarda, mürekkebçiçəklilərdə və s. çiçekləməyə 1-3 gün qalmış tozcuq dənəsi yenidən bölünür. Başqa bitkilərdə generativ hüceyrənin bölünmesi və spermələr əmələ getirməsi tozcuq borusunda gedir. Neticədə iki ədəd erkək cinsiyyət hüceyresi əmələ gəlir. Heyvanlarda əmələ gələn spermatozoidlərdən fərqli olaraq bu hüceyrələr hərəkət etmir və sperm adlanır. Spermələr girdə, ovalşəkilli və qurdabənzər formalarda ola bilər.

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

Təcrübənin qoyulması

Mikrosporun əməlegəlmə tipləri ilə ümumi tanışlıq. Çovdar, noxud, buğda, arpa, qarğıdalı, yem paxlaşısı, soğan və s. bitkilərdə mikrosporogenez və mikroqametogenezin əsas mərhelelərinə mikroskop altında baxmalı və şəkillərini çəkmeli. Bu məqsədlə istifadə ediləcək bitkilər həm birləşənlər, həm ikiləşənlər sinfindən seçilməlidir.

Material və ləvazimat. Mikrosporogenez və mikroqametogenez vəziyyətində olan tozluqların uzununa kəsiyində hazırlanmış müvəqqəti və daimi preparatlar.

Mikroskop, obyekti eksetdiren aparat, okulyar tor, əşya və örtücü şüslər, fiksədici məhlullar, rəngleyicilər.

İşin yerine yerilmesi. Mikrosporogenez və mikroqame-togenezi öyrənmək üçün çovdar, qarğıdalı, buğda, noxud, yem paxlaşısı, soğan və başqa bitkilərin tozluğundan adi sitoloji üsuldan istifadə edərək daimi preparatlar hazırlanır. Bu məqsədə fiksə əməliyyatından qabaq müvəqqəti preparatlar hazırlamaqla istifadə ediləcək bitkinin çiçək qrupunda mikrosporogenez, yaxud mikroqametogenezin getdiyini yoxlamaq lazımdır. Hazırlanmış müvəqqəti preparatlarda mikroskop altında mikrosporogenez və mikroqame-togenezin getdiyinə əmin olduqdan sonra daimi preparatlar hazırlamaq üçün materialı fiksə 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 emək məsləhət görülür. Kəsikləri rənglemek üçün Heyden-Hayn (hazırlama üsulu, bax, səh. 54), yaxud Delafild və ya da Felgen hematoksilindən istifadə edilir.

Delafild hematoksilinin hazırlanma üsulu. 1 q hematoksilin 6 ml mütləq spiritle həll edilir və bu mehluldan 100 ml ammonium-alüminium zəyi (H_4)₂O₄·Al₂(SO₄)₃·6H₂O doymuş sulu mehlul damcı-damcı əlavə edilir. Qatışq konusşəkilli kolbaya töküür, ikiqat tənziflə örtülür və bir heftə işıqlı havada saxlanılır. Bundan sonra mehlula 25 ml təmiz kimyəvi qliserin və 25 ml metil spirti əlavə edilir. 4 saat keçidikdən sonra mehlul süzülür. Mehlul işıqlı və havası yaxşı olan mühitdə 2 aya yetişir, istifadə üçün yararlı olur. Mehlulu qızdırmaqla yetişmə müddətini sürətləndirmək olar. Bunun üçün kolbanı 30-36° C temperaturda qızdırmaq lazımdır. Belə hazırlanmış mehlul qaranlıqda saxlanmaqla uzun müddət istifadə edile bilər. İstifadə etməzdən əvvəl mehlul distilə edilmiş suda 3-5 dəfə durulaşdırılır. Daimi preparatların rəngləmə müddəti rəngleyicinin qatılığından asılı olaraq 5-20 dəqiqə və bir qədər çox olur. Delafild hematoksilinindən embrioloji preparatların rənglənməsi üçün istifadə edilməsi daha məqsədə uyğundur. Nüvə, xromosollar, hüceyrə membranı və spermər 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 proqressiv rəngleyici kimi istifadə edilir. Kəsikləri rəngləyicidə vaxtından artıq saxlamaq olmaz. Rənglenmenin dərəcəsinə diqqətlə nezərət edilməlidir. Rənglənəcək obyektin xoşa gələn açıq-göy rəng alması üçün kəsiklərin yuyulduğu bir stekan suya rəngləmədən sonra 2-3 damcı naşatır spirti əlavə edilir. Rənglənmiş kəsiklər sirkə turşusu ilə turşlaşdırılmış spirtdə ehtiyatla yuyulur.

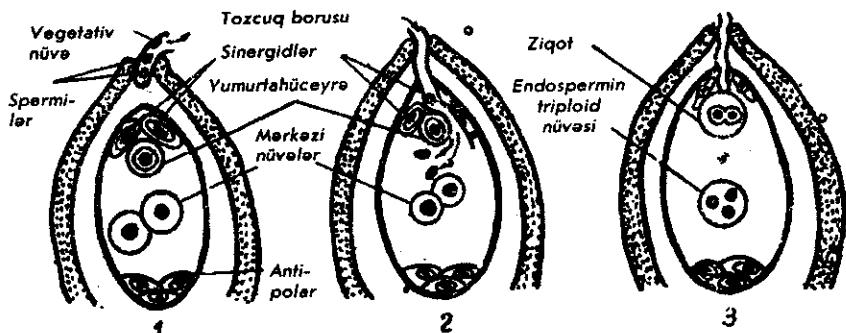
Hazırlanmış daimi preparatlara mikroskop altında diqqətlə baxıb mikrosporogenezin mərhələlərinin şəklini çekmək lazımdır. Bundan sonra mikroqametogenez mərhələsində tozcuqlardan hazırlanmış daimi preparatlara mikroskop altında baxmalı və şəkili çəkilməlidir. Bu zaman istifadə olunan bitkiyə xas olan tozcuqların quruluş və ölçülərinə, məsamələrin sayına və quruluşuna, vegetativ və generativ hüceyrələrə, həmçinin spermİ 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 spirtdə (70%-li) saxlanılmış 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 nutal-luss təbəqəsində arxesporial hüceyrə, əksər hallarda isə ancaq bir hüceyrə ayrılır. Örtülütoxumlu bitkilərdə arxeosporların iki—bir hüceyrəli və iki hüceyrəli tipi müəyyən edilmişdir. Arxeospor hüceyrəsi meqaspor ana hüceyrəsinə çevrilməklə böyükür (şəkil 11).



Şekil 11. Çiçekli bitkilerde ikiqat mayalanmayı gösteren şem.
1—tozcuq borusunun rüseym kisesine daxil olması; 2—tozcuq borusunun möhteviyatının rüseym kisesine tökülmesi; 3—rüseym kisesi mayalanmadan sonra.

Meyozun iki bölünmesinden sonra meqaspor ana hüceyrəden, dörd meqaspordan ibarət tetrada əmələ gətirir. Tetradada meqaspordanın yerleşməsi ya xətti, ya da T-şəkilli olur. Tetradaların her biri haploid xromosom yığımına malikdir. Lakin tetradalardan yalnız biri öz inkişafını davam etdirir, Qalan üçü isə degenerasiyaya (inkişafına monosporluluq tipi) uğrayır. Bu hüceyrələr heyvanlarda yumurtahüceye yetişən zaman əmələ gelən yönəldici cismciklərin təleyini xatırladır.

Sonrakı mərhələdə meqasmetogenez baş verir. Müəyyən funksiya yerinə yetirmək üçün qalmış meqaspor böyüüməkdə davam edir. Bundan sonra onun nüvesi bir sıra mitoz bölünmeye məruz qalır. Bu zaman hüceyrənin özü bölünmür, o rüseym kisəsini əmələ gətirir.

Müxtəlif bitkilerdə mitozun sayı birdən üçə qədər olur. Örtülütoxumlu bitkilerin texminən 70%-ində üç ardıcıl mitoz bölünmə baş verir və neticədə sekkiz eyni tip nüve əmələ gelir. Bu bölünmələr zamanı nüvələr qütblerdə yerləşir, onlardan dördü mikropilinin (spermərin daxil olduğu yer) yaxınlığında yerləşdiyi halda, qalan dördü isə rüseym kisəsinin xalazal adlanan eks tərəfində yerləşir (Şəkil 11). Sonralar bu nüvələr xeyli miqdarda sitoplazması olan müstəqil hüceyrələrə çevrilir.

Mikropilinin yaxınlığında yerleşmiş dörd hüceyrədən üç yumurtahüceyreni ve sinergid adlanan iki hüceyre yumaşatı aparatını emələ getirir. Sinergid hüceyrələri özlerinin quruluşuna və ölçüsünə görə eyni tipli olur. Onlar eksər hallarda armudvari, yaxud dartılmış formada olur. Sinergidlərdə nüvə hüceyrenin yuxarı, sitoplazmanın toplandığı hissəda, vakuol isə aşağı hissəde yerləşir. Bu aparat mayalanma zamanı tozcuq borusunun rüseym kisəsinə daxil olmasında böyük rol oynayır. Dördüncü nüvə rüseym kisəsinin mərkəzinə doğru çekilerek xalazalar tərefdən çekilmiş bir nüvə ilə birləşir. Mərkəzi hissədə birləşmiş iki haploid nüvədən bir diploid—ikinci nüvə, yaxud mərkəzi, rüseym kisəsinin nüvəsini emələ getirir. Rüseym kisəsinin xalazal tərefində qalmış üç nüvə hüceyrələr səklində formalasır və antipodlar adlanır. Antipod hüceyrəleri bir, iki və çoxnüvəli ola bilər. Endomitoz nəticəsində antipod nüvəsi yüksək poliploidli xromosom sayına malik olub neheng ölçülüdür. Eksər hallarda onda politen xromosomlar olur. Bunların formalaması bərk buğdada daha yaxşı öyrənilmişdir. Antipodlar rüseym kisəsinin qida aparatı, daha doğrusu, "həzmedici" hüceyrələridir. Sinergidlər kimi antipodlar da ziqtanın inkişafı zamanı köməkçi rolunu ifa edir və tezliklə parçalanır.

Bələliklə, üç mitoz bölünmədən sonra rüseym kisəsində 8 eyni cür haploid nüvə emələ gelir və bunlardan yalnız biri yumurtahüceyre emələ getirir.

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

Bitki və heyvanlarda cinsiyyət hüceyrələrinin yetişmə prosesinin müqayisə edilməsi, bitki və heyvanların filogenezdə aralanması (divergensiya) hüceyrələri yaranmanın meydana gelmesinin ilk mərhələsində baş verdiyinə baxmayaraq, demək olar ki, onların tam paralelliyini göstərir. Bu, bitkiler

və heyvanlar aləmində bir sıra uyğunlaşma mexanizmlerinin eyni tipli prinsip əsasında qurulduğunu subut edir.

Təcrübənin qoyulması

İşin izahı. Buğda, qarğıdalı, noxud və başqa bitkilər də rüşeym kisəsinin formalasmasının əsas mərhələlərinə və meqasporogenezə mikroskop altında baxmaq və şəklini çəkmək.

Material və ləvazimat. Rüşeym kisəsinin formalasmasının müxtəlif mərhələləri və meqasporogenezi əks etdirən daimi preparatlar, mikroskop, obyekti əksetdirən aparat, okulyar tor, qəlem, əşya və örtücü şüşələr, fiksədici və rəngləyici məhlüllər.

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, çiçəklənmedən əvvəl, çiçəkləmə mərhələsində olan çiçəklərin dişiciklərini fiksə etmək elverişlidir. Buğda bitkisində rüşeym kisəsinin formalaması sünbülləmə prosesindən 1–3 gün əvvəl başlayır, sünbülləmədən 1–3 gün sonra isə başa çatır. Rüşeym kisəsi çiçəkləmədən 2–3 gün əvvəl yetişir. Arpa bitkisində rüşeym kisəsinin formalaması sünbülləmə prosesi nədək, noxud bitkisində 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, sekkinüvəli rüşeym kisələrinin, həmçinin buğda və digər taxıl bitkilərinin, eyni zamanda noxud və başqa paxlalı bitkilərin formalasmış rüşeym kütlesinin də şəkli çəkilməlidir.

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

ÖRTÜLÜTOXUMLU BITKILƏRDƏ MAYALANMA

Bitkilərdə mayalanma-tozlanma, tozcuq borusunun inkişafı ve cinsiyet hüceyrələrin möhtəviyyatının qarışması kimi çoxcəhətli fizioloji prosesdir. Bütün bu mərhələlər bir-birilə əlaqəli və qarşılıqlıdır. Bu prosesdə cinsiyət hüceyrələrinin nüvələrinin ayrılması həllədici əhəmiyyətə malikdir.

Mayalanma prosesi dönen xassəli deyil. Bir dəfə mayalanmış yumurtahüceyre təkrar mayalana bilməz. Erkek və dişi cinsiyət hüceyrələrinin möhtəviyyatının qarışması (singamiya) və karioqamija, mayalanma prosesinin mahiyyətini eks etdirir.

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

Tozcuq borusu rüseym kisəsinin mikropilisine qədər inkişaf edərək uzanır və yumurta aparati—yumurtahüceyre və sinergidlərlə temasda olur. Tozcuq borusunun üç hissəsinin sinergidlərlə temasda 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 rüseym kisəsinə və yumurta aparatına cəlb olunmasında xüsusi rol oynayır. Belə ki, sinergidlər tozcuq borusunun membranının şısması və hell olmasına təmin edən sıteza və pektaza fermentlərini ifraz edir. Tozcuq borusu ilə hərəkət edən iki generativ nüvə—spermilər tozcuq borusu qırıldıqdan sonra onun möhtəviyyatı ilə birlikdə rüseym kisəsinin daxilinə düşür. Rüseym kisəsinin daxilinə düşmüş bu iki spermilərdən biri yumurtahüceyrənin haploid xromosom sayılı nüvəsi ilə birləşir. Spermi nüvəsinin yumurtahüceyrənin nüvəsi ilə birləşməsi bitkilərdə, əsasən, mayalanma hesab edilir. Mayalanmış yumurtahüceyrədə—ziqotda xromosomların diploid sayı bərpa olunur. Ziqotdan toxumun rüseymi inkişaf edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, heyvanlarda olduğu kimi bitkilərdə de spermilərin rüseym kisəsinə daxil olmasından

əvvəl diş nüvə müxtəlif inkişaf mərhələlərində ola bilər. Karioqamıya isə yalnız meyoz prosesi sona çatdıqdan sonra baş verir.

Örtülütoxumlu bitkilərdə toxumda rüseymdən başqa əlavə embrional orqan olan endosperm də inkişaf edir. Endosperm rüseymin bilavasitə eltiyat qida deposu rolunu oynayır. Endospermin inkisafının başlanması ikinci mayalanma ilə təmin olunur. Tozcuq borusunda olan ikinci sperm rüseym kisəsinə düşərek 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 gelir. Spermlarından birinin yumurtahüceyrə ilə, digərinin isə mərkəzi hüceyrənin nüvəsi ilə birləşməsinə ikiqat mayalanma deyilir. Örtülütoxumlu bitkilərdə ikiqat mayalanma hadisəsini 1898-ci ilde rus alimi sitoloq-embrioloq S.Q.Navaşın kəşf etmişdir. S.Q.Navaşın ikiqat mayalanma prosesində spermərin struktur quruluşunu öyrənen zaman onların telofaza vəziyyətində olduğunu müşahidə etmişdir.

Təcribənin qoyulması

Bağda, qarğıdalı, noxud və digər bitkilərdən ikiqat mayalanma zamanı hazırlanmış daimi preparatlarda, rüseym kisələrinə mikroskop altında baxmaq və şəklini çekmək lazımdır.

M a t e r i a l v e l e v a z i m a t . Bağda, qarğıdalı, noxud və digər bitkilərdə ikiqat mayalanmanı eks etdirən daimi preparatlar. Mikroskop, obyekti eksetdirən aparat, okulyator, şəkil albomu, qələm, əşya və örtücü şüslər.

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

Navaşın fiksəedicisini hazırlamaq üçün 10:4:1 nisbetində xrom turşusu, formalin (45%-li) və sirke turşusunun qatışığından istifadə edilir. Bu məhlulda obyektin

fiksəolutunma müddəti 2-3 gündən 24 güne qədər davam edir.

Modilevski fiksəedicisini hazırlamaq üçün 9:2:2:2 nisbətində xrom turşusu, formalin (40%-li), turş ikili xrom, kalsium ve sirkə turşusunun qatışığından istifadə edilir. Bu cür hazırlanmış qatışıqda obyektin fiksəolutunma müddəti 24 güne qədər davam edir.

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

Suallar ve məsələlər

1. Dörd xromosoma malik spermatozoni mərhələsindən başlayaraq spermatogenezin sxeminin şəklini çəkməklə ayrı-ayrı mərhələləri təsvir edin.
2. Oogoniya mərhələsindən başlayaraq yetişmiş yumurtanın eməlegelməsinə qədər oogenezin sxeminin şəklini çəkməklə təsvir edin.
3. Əger organizm 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 qamətləri ananın bütün xromosomlarını daşıyacağını gözlemek olar mı?
5. Əger bir cüt xromosoma malik erkəyin hazırladığı 100 spermatozoidin belə dişinin hazırladığı 100 yumurtanı mayalayarsa, onda ziqtılarda ata və ananın xromosomlarından nə qədər kombinasiyalar meydana gelebilər?
6. Yumurtahüceyrə ananın somatik hüceyrələrinə nisbetən nə qədər xromosom sayına malik ola bilər? Səbəbini izah etməli.

7. Mikrosporogenez ve qametogenez proseslerinin bioloji mahiyyeti nədən ibarətdir?
8. Generativ hüceyrənin vegetativ hüceyrəden əsas ferqi nədən ibarətdir?
9. Yumurtahüceyrə neçə 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 emələ gələ bilər? Əger dörd cüt xromosom olarsa?
12. İkiqat mayalanmanın mahiyyəti nədən ibarətdir?

İİİ° FƏSİL

DROZOFİLİN BIOLOGİYASI, İNKİŞAFI, YETİŞDİRİLMƏSİ

DROZOFİL GENETİK TƏDQİQAT 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 asanlaşdırıbılər.

Genetikanın inkisaf tarixi meyvə milçəyinin—drozofilin (*Dr. melanogaster*) tədqiqat obyekti kimi istifadə olunması ilə bilavasitə əlaqədardır. Bu, xüsusən genetikanın nəhəng dəsi hesab edilən irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinə aid olub, bunun əsasında da müasir molekulyar genetika və ümumiyyətlə, molekulyar biologyanın bir çox sahələri inkişaf etməkdədir.

Drozofil milçəyi cəmiyyətimizin bir sıra nəzəri və praktiki əhəmiyyəti olan biliklərə yiyələnməsində əvezsiz tədqiqat obyekti olmuşdur. Onun genetikası haqqında elmi jurnalarda minlərlə məqalə nəşr olunmuşdur. Genetik məsələlər ilk dəfə drozofil milçəyində açılmış, səbüt olunmuş ve yoxlanılmışdır.

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

Meyvə milçəyi—drozofil laboratoriya praktikasına ilk dəfə 1901-ci ildə heyvan genetikası üzrə mütexəssis Amerika genetiki Kestl tərəfindən daxil edilmişdir. O, öz əməkdaşları ilə birlikdə heyvanın nəsil vermə qabiliyyətinə və müxtəlif

9

əlamətlərin dəyişilməsinə inbridinqin uzunmüddətli təsirini drozofil milçeyi üzərində öyrənmişdir. Amerika genetiki Lüts ilk dəfə olaraq irsiyyət qanunlarını öyrənməkdə drozofilin rolunu göstərmışdır. O, 1906-cı ilde drozofilin qanadlarının damarlanmasından bəzi xüsusiyyətlərinin irsi müəyyən edildiyini sübut etdi. Bu zaman Amerika tədqiqatçısı Stivens drozofilin kariotipini təsvir edərək, həmçinin xromosomların heteromorf cütünü aşkar etdi. Hemin xromosomların da cinsiyət xromosomları olduğu geləcəkdə müəyyən edildi.

1909-cu ilde irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinin müəllifi Tomas Gent Morqan bir neçə drozofil xəttini Lütsdən almışdır. Morqanın laboratoriyasında onun yaxın emekdaşları Bridces, Stertevant və Mellerin iştirakı ilə drozofil milçeyi tədqiq olunaraq, onun normadan kənarlanan formalarının axtarışına baslandı. Laboratoriyada əvvəller drozofilin 14 mutant, 1914-cü ilə kimi isə 168 mutant xətti müəyyən edildi. Bu mutantlardan en maraqlı cinsiyətlə ilişikli olan "gözləri ağ" anormal forma idi. 1916-cı ilde Bridces ağ göz diş fərdlərlə bu əlamətin qeyri-adi irsiliyini aşkar etdi, yeni həmin əlamətin dişi fərdlərdə cinsiyət xromosomu ile irsiliyi fikri söylənildi. Bu məsələ sonradan Bridces tərəfindən sitoloji analizle təsdiq olundu. Cinsiyətlə ilişikli irsiliyin keşf edilməsi ilə drozofilde irsiyyətin xromosom nəzəriyyəsinin işlədilməsinə baslandı.

Genetikada əsas fundamental keşflər drozofilin tədqiqi ilə elaqədardır. Drozofilde ilk dəfə xromosomun gen xəritəsi tərtib edilmiş, ilişikli qrupların miqdarı və ölçüləri, homoloji xromosomların miqdarı müəyyən edilmişdir: cinsiyətin təyininin xromosom mexanizmi, xromosom çarbazlaşmalarının bütün qanuna uyğunluqları təfsilati ilə öyrənilmişdir: təcrübələrlə xromosom sahələrinin bilavasitə mübadiləsi və ondan irəli gələn nəticələr nümayiş etdirilmişdir. Xromosomların ilk sitoloji xəritəsi də drozofilde tərtib edilmişdir. 1925-1927-ci illərdə Rusiya və Amerika alimləri tərəfindən drozofilde genlərin sabitliyi və onların xarici mühitdə asılı olmaması fikri inkar edilmişdir. Bu milçəklərdə ilk dəfə olaraq genlərin pleyotrop təsiri, veziyət effekti, spontan, radiasion və kimyəvi mutagenezin

qanuna uygunluqları işlənib hazırlanmış, genlərin bölünməsi və onun mürəkkəb quruluşlu problemi də tədqiq edilmişdir. 1933-cü ildə drozofilin tüpürcək vezisində aşkar edilmiş politen (nəhəng) xromosomlar populyasiyani 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 dövrde ayrı-ayrı xromosom sahələrinin ince quruluşunun analizi, populyasiyada genetik polimorfizmin öyrənilməsində izozim analiz, ontogenezin mexanizminin dərk olunması üçün fermentativ aktivliyin tədqiqi, biokimyəvi və sitoloji səviyyədə ayrı-ayrı genlərin ince quruluşunun öyrənilməsi kimi məsələlərin həllində drozofil milçəyi qiymətli obyektdir.

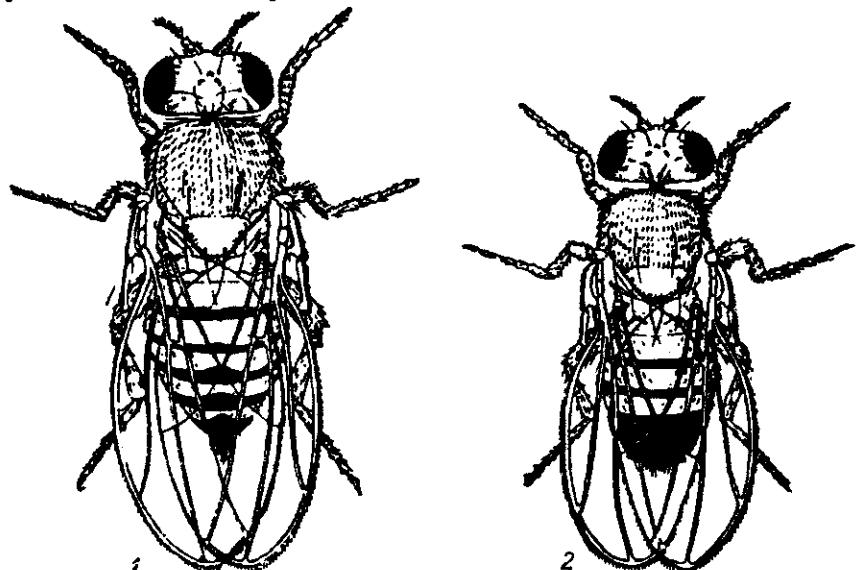
DROZOFİL MİLÇƏYİNİN BIOLOGİYASI

Drozofil milçəyi nəzəri tədqiqat aparmaq üçün çox əlverişli laboratoriya obyektidir. O, çox asanlıqla çoxıldılır, qısa inkişaf dövriyyəsinə malikdir, çoxlu nəsil verir, yaxşı göze 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 nisbetən uzundur. Meyve şəresi ilə qidalanır. Laboratoriyalarda onu xüsusi qidalı mühitdə yetişdirirlər (bax, səh. 67).

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

Laboratoriya şaritində malayanmadan 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 qurtarılır. Üçüncü—puplama mərhələsi yumurtadan çıxandan, təxminən 4 cündən sonra başlanır.

Pupdan yenice çıxmış cavav milçəklərin uzun sarımtıl bədəni, demək olarki, piqmentdən məhrum olur, qısa qanadları bədənə sıx söykənir. Dişi fəndlər 18 saatdan sonra mayalanmağa qabil olur. Dişi fəndlər 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, qarınçıq hissəsinin qurtaracağı iti, erkəklərinki isə dairəvi olur, Dişilərdə qarınçığın son bugumu erkəklərdekine nisbətən zəif piqmentlidir. Bundan əlavə erkəklərdə cinsiyət

daraqcığı adlanan orqan olur. Bu daraqcıq ön ətrafların birinci bugumunda yerləşib, bir sıra möhkəm xitin pulcuqlardan (qamaqcılardan) ibarətdir. Bu əlamətlər ancaq binokulyar lupa altında yaxşı müəyyən edilir. Odur ki, praktiki məşğələlərdə cinsiyyətlər onların bədənin formasına və qarncığın piqmentliyinə əsasən müəyyən edilir.

Drozofilin somatik hüceyrələrində 4 cüt xromosom olur. Birinci cüt cinsiyyət xromosomları adlanır. Dişi fəndlərdə onlar cüt akrosentrik XX—xromosomlardan, erkek fəndlərdə bir X—xromosomdan ve bir submetasentrik Y—xromosomdan ibarətdir. İkinci və üçüncü cütler iri metasentrik autosom xromosomlardan və nehayət, dördüncü cüt kiçik (formasına görə dəni xatırladır) mikro xromosomdan ibarətdir (şəkil 13).

Drozofildə xromosomların funksional morfolojiyasını öyrənmək üçün onların tüpürçək vəzilərində yerləşən nəhəng politen xromosomları çox əlverişli obyektdir (bax, səh. 171).

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) da istifadə edilir.

2. Kiçik ağızlı pinsetlər (maqqaslar) 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 evez oluna biler.

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

5. Saat şüşəsi və ya Petri kasasının bir hissəsi.

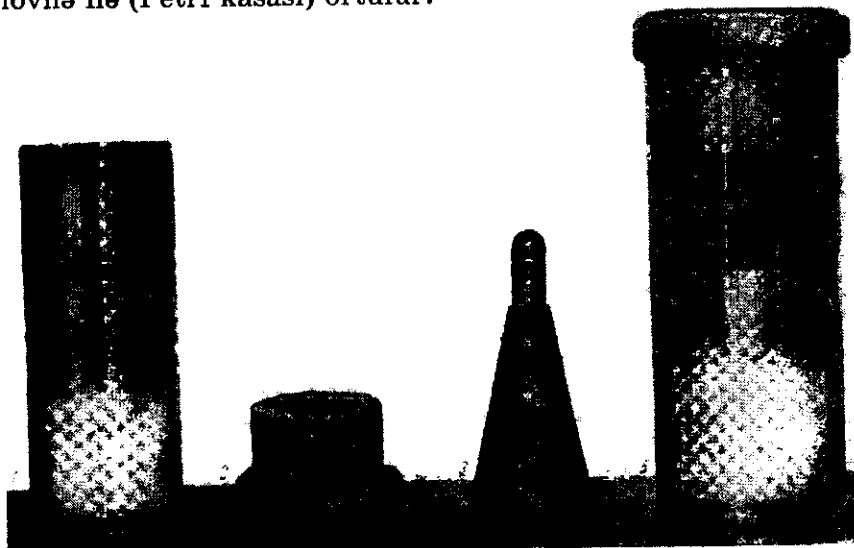
6. Efir üçün damcı qabı, əfirla birlikdə.



Şəkil 13. Drozofilin diploid xromosom yığımı:
A—erkək, B—dişi; I, II, III və IV cüt homoloji xromosomlar.

7. Efrizator və ya yatırıcı (morilka). Adı halda drozofil yetişdirilen stekanların ağızına ağac tixaclar taxmaqla istifadə edile bilər. Belə tixacların daxili hissəsində çöküntü düzəldilir və ora efir tökmək üçün pambıq qoyulur (şəkil 14).

8. İslənmiş drozofilləri atmaq üçün qab. Bundan ötrü 0,5 l həcmində bərnilərdən istifadə edilir. Həmin bərniyə 1/4 həcmində islənmiş spirt və ya neft töküür. Ağzı şüse lövhə ilə (Petri kasası) örtülür.



Şəkil 14. Morilka (drozofili yaturmaq üçün).

9. Stekanların ağızına tixac düzəltmək üçün pambıq.

10. Qidalı mühit hazırlamaq üçün qazan və qaz plitesi.

11. Menzurka, tərəzi, şüşə, karandaş, etiketlər 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 qarışılardan yaxşı təmizlənməlidir. 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
şəker —8q
aqar-aqar —5q

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

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

Laboratoriymızda 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

Laboratoriyyada yuxarıda göstərilən tərkibdə qidalı mühit hazırlamaq üçün 500 ml adı 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 hevəngdəstədə tam horra halına düşənə qədər ezilir. Bu müddət ərzində aqar-aqar bir qabda isladılır. (Kişmiş əzilən müd-dətdə qazan alovdan götürülür). Əzilmiş kişmiş qazana tökü-

lür və qazanda belə qarışığın daha 60 dəqiqə qaynadılması davam etdirilir. Sonra qazana isladılmış aqar-aqar əlavə edib yenə 30 dəqiqə qaynadılır. Bundan sonra qidalı mühitə (qazana) manna töküb 30 dəqiqə qaynadılır. Artıq yem hazırlıdır. Hazır qidalı mühit soyumaq üçün saxlanılır. Onun temperaturu 50–60°C-yə çatdıqda stekanlara (1–1,5 sm hündürlükdə) tökülür. Qida tökülecek stekanlar evvelcədən təmiz yuyulur və sterilizə edilir, təmiz tənziflə örtülür, otaq temperaturu dərəcəsinə çatana qədər soyudulur. Belə qida mühiti təcrübə qoymaq üçün istifadə edilə biler. Səliqəli və təmiz hazırlanmış qida stekanlarda ağızı pamdıq tixacla bağlanaraq soyuducuda 3–4 sütka saxlanıla biler. Tixac düzəldilmiş pambıq hər dəfə istifadədən əvvəl sterelizə edilərsə, bir neçə dəfə istifadə oluna biler.

Milçəklər stekanlardakı qidalı mühitə salınmamışdan əvvəl qidanın üzərinə bir az təzə maya mehlulu səpilir. Bu məqsədlə distillə edilmiş təzə mayanın qatı mehlulu (qaymaq kimi) hazırlanır. Yumşaq firça 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 fond) saxlamaq üçün aşağıdakı tərkibdə hazırlanmış qaydada maya əlavə olunur. Belə qidalı mühitdə milçəklərin yeni qidalı mühitə keçirilməsi 2 aya qədər davam edə biler.

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-oksibenzo 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 mikroorganizmlər düşüb onu tutqunlaşdırıqdırda oraya antibiotik sterptomisin —100 mkq/ml tetrasiçlikin —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

Milçəklerin analizi və sayılması, mayalanmamış dişi (virgin) milçəkləri çarpanlaşdırmaq məqsədilə seçilməsi tutqun ağ şüşə lövhə üzərində (bəzən lupa altında) aparılır. Bunun üçün milçəklərin yatırılması (narkoz verilməsi) tələb olunur. Milçəklərin yatırılması xüsusi yatırıcıda—efirizatorda efirlə aparılır. Xüsusi efirizator olmadıqda, milçəklər onlar yetişdirilən stekanlarda yatırılır.

Milçəkler yatırılan zaman içərisində uçan milçəklər olan stekan sol elə alınır və sağ elin kiçik barmağı ilə stekana vurmaqla milçəklər stekanın dib hissəsinə endirilir. Bu zaman stekanın ağızından pambıq tixac çıxarılır və efirizatorla stekanın ağızı tutulur. Bu əməliyyat ele edilməlidir ki, efirizator altda, içərisində milçək olan stekan isə üst hissədə qalsın. Yüngülce stekanı silkəleməkə bütün milçəklər stekandan efirizatora keçirilir və efirizatorun ağızı bir damla efir tökülmüş pambıq olan ağac tixacla qapanır. Bütün milçəklər yatdıqdan sonra onlar ehtiyatla efirizatordan tutqun ağ rəngli şüşə lövhə üzərinə tökülür, lupadan və yumşaq firçadan (bəzən preparat iynəsindən) istifadə edilərək tezliklə sayılır və analiz edilir. Milçəkler narkozaşmış vəziyyətdə 5 dəqiqəyə qədər yatrır. Əger yatmanı davam etdirmək lazımlı gələrsə, milçəklər böyük saat şüşəsi ilə örtülür və bù şüşə altına efirdə isladılmış pambıq tampon qoyulur. Əger həmin milçəklər növbəti çıxalmaya lazımlı olarsa, onda onlar qidalı mühiti olan təmiz stekanlara keçirilir. Stekana salınmış yatmış milçəklər qidalı mühit olan stekanın təmiz divarına keçirilir. Milçəklər ayılana qədər stekan yanı üstə saxlanılır. Onlar efirizatorda çox saxlanıldıqda efirin yüksək dozası təsirindən ölürlər. Odur ki, milçəklər hərəkətdən qalan kimi efirizatordan çıxarılmalıdır.

Efirin təsirindən ölmüş milçəklərin qanadları yana və yuxarı aralanıb asılır, ətraflar uzanaraq (dartılaraq) hərəketsiz olur. Çalışmaq lazımdır ki, pambıqdan stekanın dibinə efir düşməsin. Belə olduqda milçəklər o dəqiqliyənən ölürlər.

DROZOFİLLƏ TƏCRÜBƏLƏRİN QOYULUŞU VƏ TƏCRÜBƏ ŞƏRAİTİ

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

Tələbələr tərəfindən təcrübə qoyularkən hər bir qidalı mühit olan stekana 2–3 dişi və 3–5 erkək salınır. 24–25°C temperaturu olan termostata qoyulur. Stekana bundan çox milçək salınması məsləhət görülmür. Əks təqdirdə alınan nəsildə 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 milçeyindən 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 artıqca yumurta qoyuluşu azalır. Odur ki, qidalı mühitlə stekanları uzun müddət saxlamaq məsləhət görülmür. Onları maya əlavə etmədən 2–3 gün saxlamaq olar. Hazır qidalı mühit soyuducuda uzun müddət (ağzı pambıq tıxaclla örtülmüş halda) saxlanıla bilər.

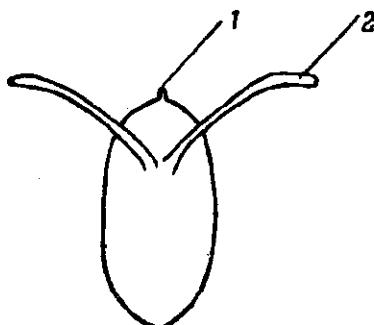
DROZOFİLİN İNKİŞAFI

Drozofilin yumurtası (şəkil 15) bir qədər uzunsov olub, təxminən 0,5 mm uzunluqdadır. Onlar təmiz qidalı mühitdə yaxşı görünür. Yumurtalar milçəklər tərəfindən stekanda 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 (dorval) tərəfləri ayırd edilir. Yumurtanın ön hissəsində yerləşən kiçik əmziyin ucunda dəlik-mikropile yerləşir. Hemin dəlikdən spermatozoid yumurtaya daxil olur. Yumurtanın ön tərəfindən bel səthindən öne və yanlara doğru iki çıxıntı filamentlər yumurtanı duru qidalı mühitə batmaqdan qoruyur.

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

Sürfələrin yumurtadan çıxması və postembrional inkişafın başlangıcı qidalanma ilə əlaqədardır. Bol qida milçəklərin iri olmasını və yüksək həyatiliyini təmin edir. Sürfələr çıxdığı ilk vaxtlar qidalı mühitin səthində yerləşir, sonra qidanın dərinliyinə daxil olur və orada puplama mərhəlesinə qədər qalır. Puplama qabağı sürfələr qidanı tərk edir, qidalanmadan qalır və bir müddət stekanın divarında cəld sürünlür. Sonra hərəkətdən qalır, uzununa xeyli qısalır və pupa xas olan çəlləkvari forma alır. Qida mühitində artıq



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

rütubət olduğundan eksər sürfələr stekanın divarında puplaşır. Əger 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 vezilərindən başqa) dağılır, yeni orqanların öz başlangıcını imaginal lövhə adlanan embrional toxumadan götürüb, yetkin organizmə xas formada inkişaf etməyə başlayır. Hələ sürfənin ilkin inkişaf mərhələsində imaginal lövhə əmələ gəlir. Onlardan bəzilərinin sürfə yumurtadan çıxmamışdan əvvəl əmələ gəldiyi ehtimal olunur. Imaginal lövhə başlangıcı çox kiçik olduğundan bədən boşluğununda onu tapmaq çətinlik törədir. Sürfə inkişaf etdikcə imaginal lövhə də böyüyür. Puplama qabağı onlar tamamilə formalasır və onlardan bəziləri (mesələn, gözün imaginal lövhəsi) definitiv orqana xas olan bəzi xüsusiyyətlərə malik olur. Yüksek böyüdücü mikroskop altında gözün imaginal lövhəsində ayrı-ayrı fasetlər aydın görünür. Belə imaginal lövhələrdən milçeyin bütün orqanları—ətraflar, qanadlar, antenalar, cinsiyyət aparatı və s. inkişaf edir.

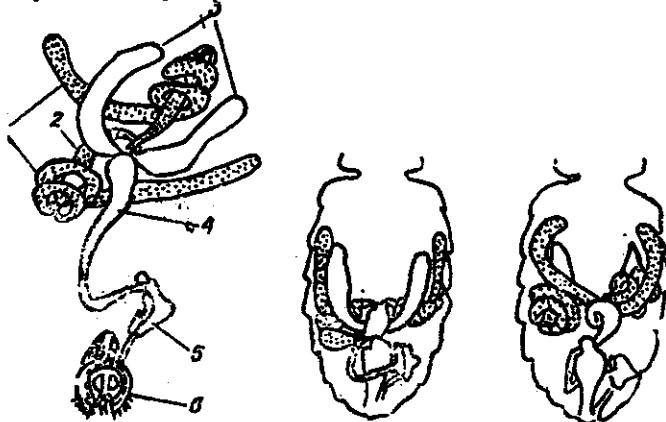
Beləliklə, drozofilin pup inkişaf mərhələsində bir tərəfdən sürfənin orqan və toxumalarının dağılması (histoliz), digər tərəfdən isə imaginal lövhədən yetkin milçeyin definitiv orqanlarının inkişafı (histogenez) baş verir. Drozofilin pup inkişaf mərhəlesi 4 gün davam edir.

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

Sürfələrin digər xüsusiyyətlərindən biri də onların erkən sürfə mərhələdə cinsiyyətə görə fərqlənməsidir. Erkek və dişi sürfələrin qanadlarının qeyri-bərabər inkişafı sayesində onlar yumurtadan çıxma anından başlayaraq bir-birindən fərqlənir, uyğun yaşlarında erkek qonadalar (toxumluqlar) dişi qodalardan (yumurtalıqlardan) bir neçə dəfə iri olur. Canlı sürfələrə binokulyar lupanın iri böyüdücüsündə üstdən baxdıqda qonadalar asanlıqla görünür. Toxumluqlar üçüncü və dördüncü arxa bugumlar arasında yerləşir və keçən işıqda

iki aydın oval dairə şəklində, şəffaf xitin təbəqə altında yaxşı görünür (şəkil 16).

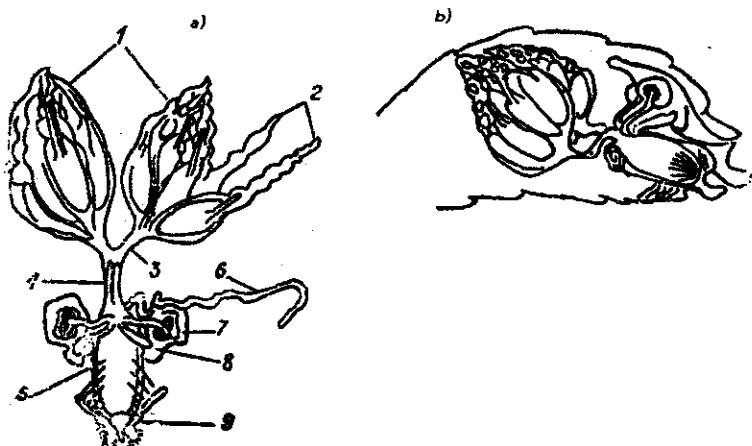
Bu yolla pupun da cinsiyyətini müəyyən etmək olar. Lakin bu iş puplamanın birinci sutkası ərzində daha asan olur. Pupun cinsiyyətini sonrakı yaşlarda təyin etmək çətinləşir. Belə ki, pupun xitin təbəqəsi yaş artdıqca sıxllaşır, tutqunlaşır və az şəffaf olur.



Şəkil 16. Erkek drozofilin cinsiyyət sistemi (A. Millere görə, 1950)
 a—ümumi görünüşü; 1—toxumluqlar; 2—toxum kisseleri; 3—cinsiyyət vezülləri; 4—toxum çıxarıcı kanal; 5—eyyakulyator əzəlesi;
 6—xarici genitali; b—qarın boşlığında cinsiyyət sisteminin yerləşməsi
 (bel və qarın terefden görünüşü).

Başqa həşəratlarda olduğu kimi drozofilde də ilkin cinsiyyət hüceyrələr xətti ziqot nüvesinin təxminən səkkizinci dəfə bölünməsindən sonra, blastoderma əmələ gəldikdə ayrıılır. Invaginasiya zamanı ilkin cinsiyyət hüceyrələri rüşeymin boşluğununa daxil olur, iki qrupa ayrılır, mezodermal təbəqə ilə örtülərək qonadaları əmələ getirir və sürfənin piy təbəqəsində 5–6 bugum hüdudunda sferik şəffaf cisimcik kimi müşahidə olunur (şəkil 17).

Cavan sürfələrin qonadlarında ilkin cinsiyyət hüceyrələri aktiv bölünür və miqdarı artır. Onların eksəriyyəti gələcək differensiyasiya yoluna qədəm qoyur, lakin bəziləri poliferasiya olunma aktivliyini saxlayır və onların differensiəsiyası imaqo mərhələsində başa çatır.



Şekil 17. Dışı drozofilin cinsiyet sistemi (A. Millerə görə, 1950):

a—ümumi görünüşü; 1—yumurtalıqlar; 2—yumurta boruları; 3—cüt yumurta axarları; 4—tek yumurta axarı; 5—vagina; 6—tek qarın sperama qəbulədici; 7—spermatek; 8—cinsiyət vəzili; 9—xarici gentalilər; b—qarın boşluğununda cinsiyət 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 milçeyinin inkişafı, qeyd edildiyi kimi, bir çox mərhələlərdən keçir. Bu zaman drozofildə qametogenezin ayrı-ayrı inkişaf mərhələlərinin aşkar edilməsinin böyük əhəmiyyəti vardır. Bu mərhələlər avtoradioqrafiya üsulu ilə müəyyən edilmişdir.

Cinsiyət hüceyrələrinin inkişaf müddəti müxtəlif amillərdən, hər seydən əvvəl, milçeyin inkişaf etdiyi temperatur və qida şəraitindən çox asılıdır. Bu prosesə milçeyin 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 ve Qey təcrübələrində 86 saatlıq sürfənin (III yaşında) toxumluğunda erkən ilkin spermatositlərə, puplamanın başlangıcında (88 saatda) yetişmiş—bölməməyə hazırlı spermatositlərə, erkən puplar (122 saatda) ikinci dərəcəli spermatositlərlə, bir sutkadan sonra puplarda (146 saatdan) erkən spermatidlərə rast gəlinir. Yenice pupdan çıxandan ancaq 12 saatdan sonra toxumluq kisəsindən tek-tək spermatozoidlər meydana çıxır, 36 saatdan sonra onlar kütləvi olur. Beləliklə, spermatositlərin inkişaf müddəti təxminən 700 saat, spermatogenezi isə 60 saatə qədər davam edir.

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

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

Dişi fəndlərin sürfə inkişaf mərhələsində qonadlarında ancaq ooqonilərin çoxalması baş verir. Onların sonrakı differensiasiyası pupların qonadalarında gedir. 24–28 saatlıq pupların yumurta boruları ayrıldıqdan sonra oradan ilkin oositləri meydana çıxır. Yenice 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. Drozofilə ovogenezi imaqo mərhələsində də davam edir.

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

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

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

TƏCRÜBƏNİN QOYULUŞUNDA UĞURSUZLUQ VƏ ONUN ƏSAS SƏBƏBLƏRİ

Drozofil milçekləri ilə təcrübə qoyduqda baş verən uğursuzluq adı 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 etiketlər yapışdırılarkən stəkan və ya etiketlərin səhv salınması.
 3. Qidalı mühitin üzərinə maya səpildikdə orada kütləvi olaraq kif göbəleklerinin meydana çıxmazı sürfələri inkişaf-dan qoyur.
 4. Qida mühiti çox artıq hazırlanıqda (aqar-aqar çox götürüldükdə) cavan sürfələr qidanın dərinliyinə daxil ola bilmir və məhv olur.
 5. Qidalı mühit həddindən artıq duru hazırlanıqda (aqar-aqar az miqdar götürüldükdə) qidada su çox olduğundan yumurtalar batır.
 6. Qidalı mühitin maya artıq (qidalı mühitin səthində ağ qalan maya qatı olur) və ya qidalı mühit köhnə olduqda dişi milçeklərin sterillik ehtimalı vardır.
 7. Milçeklər qüvvəli narkoz alıqdə ayılmayıb ölürlər. 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, milçekləri qıra bilir. Odur ki, bunun qarşısını almaq üçün əvvəldən tədbirlər görülməlidir. Gənələrə qarşı mübarizə aparmaq üçün ilk növbədə, drozofil yetişdirilən stəkanlar təmiz saxlanılmalıdır. Xüsusən təkrar istifadə olunan pambıq tixaclar həmin gənələri və mikroorqanizmləri daşıya biler. Odur ki, stəkanlar və pambıq tixaclar hər dəfə təcrübə qoyulmadan əvvəl sterilizə olunmalıdır. Vaxtaşırı drozofil yetişdirilən termostatların dezinfeksiyası faydalıdır.

Həmçinin şüşə, fırça, iynə və s. eşyaların istifadə olunmadan əvvəl spirtlə silinməsi məsləhətdir. Hər bir tələbənin qoymuğu təcrübələrin müvəffəqiyəti onun işinin təmiz, səliqəli və diqqətli aparmasından asılıdır.

DROZOFİLİN MUTANT FORMALARI İLƏ TANIŞLIQ

Material və ləvazimatlar. Kafedranın drozofil laboratoriyasında olan normal və mutant xətlərdən olan milçəklər.

Hər tələbəye (bezən iki tələbəye) binokulyar lupa və ya stolüstü əl lupaları, nazik pinset, fırça (quşun iri lələklərindən də istifadə etmək olar), efirizator (morilka), efir, tutqun-ağ rəngli şüşə lövhələr, pambıq, istifadə olunmuş milçəkləri atmaq üçün içərisində işlənmiş spirt olan ağızı 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 eflirlə morilkada yatırmaq lazımdır (bax, səh 7).

Cədvəl 7

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

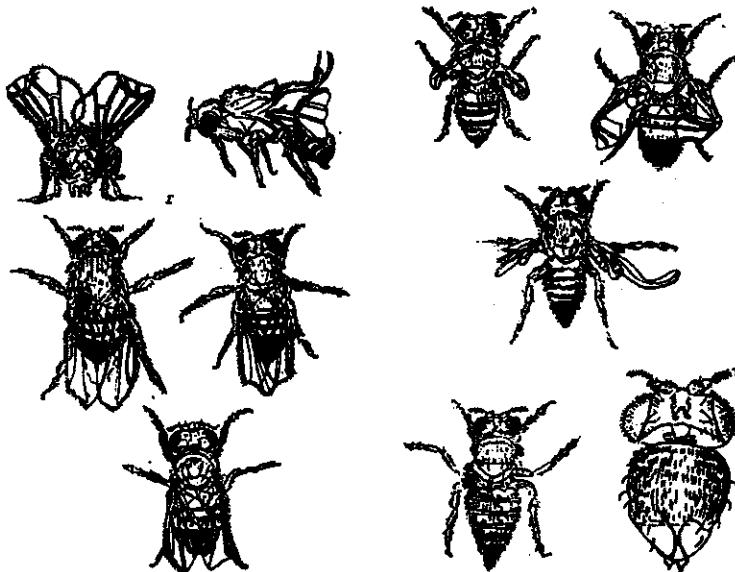
Mutant formalar	Genin işara- si	İrsili- yin xarak- teri	Genin yerleşmesi		Fenotip	Hansi tədqiqat üçün istifadə olunmağa məsləhət görülür
			xro- mo- som	lokus		
1	2	3	4	5	6	
<i>ebony</i> (eboni)	e	resesiv	III	70,7	bədəni qara rəngli	mono- və dihidrid çarpazlaşma üçün
<i>vestigial</i> (vestijel)	vg	“—”	II	67,0	qanadları inkişaf etməmiş	həmçinin
<i>brown</i> (braun)	bw	“—”	II	104,5	gözləri qonur rəngli	mono- və dihidrid çarpazlaşdırma, həmçinin komple- mentarlıq da həmçinin
<i>scarlet</i> (skarlet)	st	“—”	III	44,0	gözləri açıq qırmızı	

7-ci cədvəlin ardı

<i>blacr</i> (blæk)	b	"—"	II	48,5	bədəni qara rəngli,	həmçinin
<i>cinnabar</i> (sinna- bar)	cn	"—"	II	57,5	gözleri açıq qırmızı rəngli	mono- ve dihidrid çarpazlaşdırma, komplementarlıq
<i>curved</i> (kurved)	c	"—"	II	75,5	qanadları arananib yuxarı doğru əyilir	monohidrid çarpazlaşdırma
<i>Lobe</i> (lobe)	L	domi- nant	II	72		
<i>Bar</i> (bar)	B	"—"	I	57	gözleri qabarıq kiçilmiş	həmçinin
<i>white</i> (vayt)	w	reses- siv	I	1,5	üzunsov gözler	cinsiyetlə ilişkili irsilik
<i>yellow</i> (yellow)	y	"—"	I	0	ağ gözler	həmçinin
<i>cut</i> (köt)	ct	"—"	I	20	bədəni sarı rəngli	həmçinin
<i>vermillion</i> (vermilion)	v	"—"	I	33	qanadlarının ucu kesik	"—"
<i>yellow-cut- vermillion</i> (yellow-köt- vermillion)	yctv	"—"	I	0-20- 33	gözleri açıq kırmızı	"—"
<i>blacr-vertigial</i> (blæk-vestijel)	bvg	"—"	II	48,5- 67,0	bədəni sarı, qanadlarının ucu qırıq, gözleri açıq kırmızı	autosom xromosomda krossinqover
<i>blacr-cinnabar- vestigial</i> (blæk-sinna- bar- vestijel)	bcnvg	"—"	II	48,6- 57,5- 67	bədəni qara, qanadları inkiaşf etmemiş bədəni qara, gözleri açıq- kırmızı, qanadlar inkiaşf etmemiş	"—"

Milçəklər yatıldıqdan sonra tutqun-ağ şüse lövhə üzərinə töküür. Sonra milçəklərə bel tərəfi yuxarı vəziyyətdə lupa

altında baxılır. İlk dəfə vəhşi (normal) forma—normal xətdən olan milçeklərlə 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 kesik mutantlar; III—müxtəlif formada qanadları olan mutantlar; IV—qanadsız mutant;
- V—çəngəl qılçıqlı mutant.

TAPŞIRIQ 9

1. Yuxarıda təsvir etdiyimiz əlamətlərə görə (səh. 66) erkək və dişi milçekləri fərqləndirməli. Erkək və dişilərin 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 yazmali.

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

4. Drozofillə çarbazlaşdırma 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 yatırılır və sonra lupa altında təfsilatı ilə normal milçəklərlə müqayisəli öyrənilir (şəkil 18).

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

IV FƏSİL

CİNSİYYƏTLİ ÇOXALMADA GENETİK (HİBRİDOLOJİ) ANALİZ

Cinsiyetli çoxalma daha mütərəqqi çoxalma üsulu olub, bu zaman valideynlerin əlamətləri xüsusi hüceyrələr—qametlər vasitəsilə nəslə ötürülür. Deməli, nəsil iki valideynin irsi informasiyalarının yeni kombinasiyasından ibarətdir. Əlamətlərin irsiliyi genetik analizin köməyi ilə, yəni genetik üsulların məcmusu ilə öyrənilir. Genetik analizin əsasını hibridoloji üsul (çarpazlaşdırma üsulu) təşkil edir. Bu üsul bir çox alımlar (O. Sajre, K. Gertner, S. Noden və b.) tərəfindən tətbiq edilərken kompleks əlamətlər, yəni çoxlu əlamətlər birlikdə nəzərə alındıqdan müəyyən qanuna uyğunluqlar ala bilməmişdir.

1865-ci ilde Q. Mendelin tətbiq etdiyi hibridoloji üsulda aşağıdakı prinsiplərə diqqət verilmişdir:

1. Çarpazlaşdırılan valideynlərdən alınan nəsillərdə hər bir cüt alternativ əlamətin irsiliyi ayrıca analiz edilmişdir.

2. Başlangıç valideyn formaların homoziqotluğu bir neçə nəsil yoxlanılmışdır.

3. Alternativ əlamətləri ilə fərqlənən hibrid orqanizmlərin bir neçə ardıcıl nəslinin miqdarının hesabı aparılmışdır.

4. Fərdi olaraq hər bir hibrid orqanizmin nəslinin əlamətləri analiz edilmişdir.

5. Alınmış material statistik işlənilərək, nəticələr çıxarılmışdır. Çarpazlaşma sxemini yazarkən, adətən, birinci ana orqanizmi (σ), ikinci isə ata orqanizmi (φ) göstərirler. Çarpazlaşma vurma (x) işarəsilə göstərilir. Valideyn orqanizmlər latın hərfi $P(Parenta)$, hibrid formalar $F(fili)$

hərfi ilə işaret edilir. Hibrid nəslin neçənciliyi sayla göstərilir. Məsələn, birinci nəsil hibridlər F_1 , ikinci nəsil F_2 , üçüncü nəsil F_3 və s. Hibrid orqanizmlər bəzən valideyn formalarından biri ilə çarpazlaşdırıldığda bu «qayıtma» və ya «bekkros» çarpazlaşdırma adlanır. Belə çarpazlaşdırmanın alınan nəsil F_3 ilə işaret edilir.

Bəzən eyni valideynlərin iki tip çarpazlaşdırılması aparılır ki, bu zaman valideyn formalar əlamətlərinə görə dəyişdirilir. Məsələn, qırmızı gözlü dişi drozofilə ağ gözlü erkək drozofil və əksinə ağ gözlü dişi drozofilə qırmızı gözlü erkək drozofil çarpazlaşdırılır. Belə iki tip cütləşdirmə resiprok tarazlaşdırma adlanır.

TAPŞIRIQ 10

MONOHİBRİD ÇARPAZLAŞDIRMA

Biri digərindən bir alternativ elementlə fərqlənən iki valideynin çarpazlaşdırılmasına monohibrid çarpazlaşdırma deyilir. Sarı toxumu olan noxud bitkisi ilə yaşıl toxumu olan noxud bitkisinin, yaxud toxumu hamar və qırışq olan noxud bitkilərinin, qara və ağ adadovşanlarının, bədəni boz və qara olan drozofil milçəklərinin çarpazlaşdırılması monohibrid çarpazlaşdırma misal ola bilər.

Monohibrid çarpazlaşdırında valideynlərin bir cüt alternativ (kontras) əlamətlərinin irlsiliyinə diqqət verilir. Məsələn, monohibrid çarpazlaşdırında Q. Mendel noxud sortlarında toxumun rəngini (sarı-yaşıl), yaxud formasını (hamar-qırışq) nəzərə almış və bu zaman bitkinin başqa əlamətlərinə diqqət verməmişdir.

Q. Mendel noxud bitkisinin (*Picum sativum*) toxumunun rənginə görə bir-birindən fərqlənən (sarı-yaşıl) sortlarını çarpazlaşdırmışdır. Birinci nəsil (F_1) hibridlərin toxumlarının hamısı sarı rəngli olmuşdur. Sarı rəng dominant, yaşıl rəng isə birinci nəsildə üzə çıxmadığından resessiv əlamət adlanmışdır.

Birinci nəsildən olan hibridlər əkilib becərilmiş və öz-özüne tozlanmadan nəsil alınmışdır. İkinci nəsildə (F_2) alınan toxumların $3/4$ hissəsi sarı, $1/4$ hissəsi isə yaşıl rəngli ol-

muşdur. Beləliklə F_2 -də toxumların rənginə görə 3:1 nisbətində parçalanma baş vermişdir.

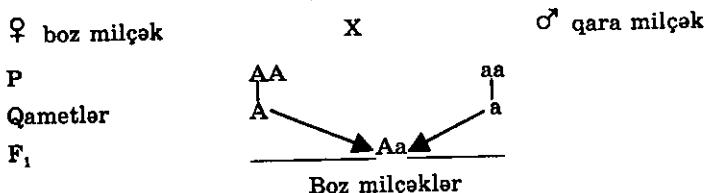
Sonralar aparılan belə çarpazlaşdırımlar digər bitki və heyvanlarda da müsbət nəticələr vermişdir. Məsələn, tələbələr drozofil milçeyinin (*Drosophila melanogaster*) bədəni boz və qara olan formalarını çarpazlaşdırıqdə F_1 -də bədəni ancaq boz milçəklər alınır. Birinci nəsildə üzə çıxan valideyn əlamətinin Q. Mendel dominant əlamət adlandırdı. Bu hadisə əvvəl dominantlıq qanunu, sonradan isə birinci nəslin eyniliyi qanunu adlandırıldı.

Birinci nəsildən olan hibrid boz milçəkləri bir-birilə çarpazlaşdırıqdə F_2 -də boz və qara rəngli milçəklər alınır. İkinci nəsildə əlamətlərin parçalanması tam dominantlıqda 3:1 nisbətində təzahür edir. Alınmış nəslin $\frac{3}{4}$ hissəsi boz, $\frac{1}{4}$ hissəsi isə qara rəngdə olur. Bu hadisə F_2 -da əlamətlərin parçalanması qanunu adlanır. ~~Nesil-13~~

Məlum olduğu kimi, hibridləşmə zamanı nəslə ötürülen əlamətlər deyil, həmin əlamətin inkişafını həyata keçirən irsi amillər və ya genlərdir. Genetikada irsi amillər və ya genlər hərflərlə işarə edilir. Hər bir əlamət bir cüt genlə idarə olunur. Cüt genlər organizmdə eyni dominant və ya eyni resessiv genlərdən, həmçinin dominant və resessiv genlərdən ibarət ola bilər. Eyni əlamətin dominant və resessiv genləri həmin genin iki müxtəlif vəziyyəti olub, ~~allel-genlər adlanır~~. Dominant allel böyük hərf ilə, resessiv allel isə həmin hərfin kiçik işaretisi ilə göstərilir. Allel genlərdən biri ana, digəri isə ata valideyndən alınır. Deməli, drozofil milçeyinin boz və qara rəngi alternativ əlamətlər, həmin əlamətlərin inkişafını idarə edən genlər isə allel ~~génler~~ adlanır. Belə olduqda biz boz milçəkləri AA, qara milçəkləri isə aa yaza bilərik. Çarpazlaşdırma zamanı irsi əlamətlərin nəslə necə ötürüldüyünü düzgün başa düşmək üçün həmin valideynlərin hansı tipdə qametlər əmələ getirdiyi müəyyən edilməlidir. Cinsiyət vəzilərində inkişaf edilib ~~yətisən~~ və mayalanmağa (yumurtahüceyrə) və mayalandırmağa (spermatozoid) qabil cinsiyət hüceyrələrinə qamet deyilir.

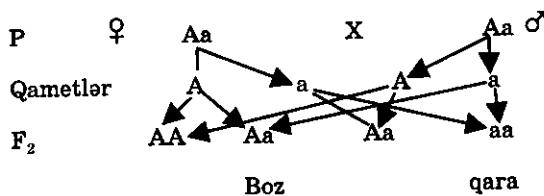
Vaxtı ilə Q. Mendel göstərmışdır ki, hər bir irsi əlamətin inkişafı somatik hüceyrələrdə yerləşən bir cüt amilla genlə idarə olunur. Qametogenet prosesində (meyozad) hər bir

qametə belə cüt genlərdən—allellerdən biri düşür. Bizim misalımızda boz milçeklərin qametine A allele geni, qara milçeklərin qametine isə a geni düşür. Boz (AA) və qara (aa) milçekləri çarpanlaşdırıldığda F_1 -də alınmış milçəklər Aa allele genlərə malik olur. Çarpanlaşdırmanın sxemini belə yaza bilərik:



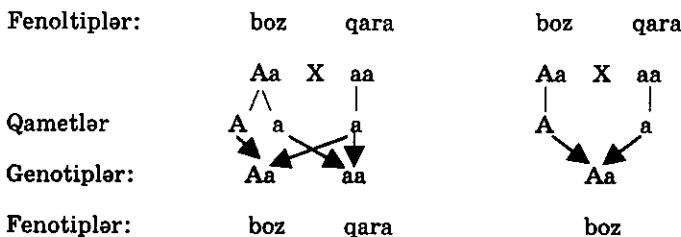
Birinci nesil hibridlerinden A allele a allele üzerinde dominant olduğundan F_1 -de alınmış bütün milçekler boz rengli olur. Buradan melum olur ki, boz rengli milçekler müxtəlif allele genlərə (AA , Aa) malik ola bilər. Deməli, xarici görünüşə eyni olan orqanizmlər müxtəlif gen yiğimina malikdir. Buradan da genetikada iki termin—fenotip ve genotip meydana çıxmışdır. Orqanizmin müəyyən inkişaf mərhələsində görünən əlamətlərin cəmi fenotip, ırsı amillərin (genlərin) cəmi isə genotip adlandırılır. Misalımızda boz rengli milçekler fenotipcə eyni olmasına baxmavaraq, genotipcə müxtəlifdir.

Birinci nesilde alınmış hibrid (Aa) milçekler, artıq iki tipdə qametlər (A və a) əmələ gətirir. Müxtəlif tipli qametlər əmələ gətirən orqanizmlər (Aa) heteroziqotlar, eyni tipli qametlər əmələ gətirən orqanizmlər isə homoziqotlar adlanır. Odur ki, F_1 -in milçeklerini bir-birilə çarpaşlaşdırıldığda aşağıdakı kombinasiyalar alınır:



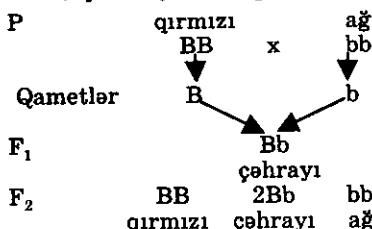
F_1 -dən olan erkək və dişi milçəklərin hər birinin iki tipdə (A və a) əmələ gətirdikləri qametlərin eyni ehtimalda mayalanması nəticəsində $3/4$ hissə boz rəngli (AA , $2Aa$) və $1/4$ hissə qara rəngli (aa) milçəklər alınır. Deməli, F_2 -də əlamətlərin parçalanması baş verir və bu parçalanma, qeyd etdiyimiz kimi, tam dominantlıqda fenotipe görə $3:1$ nisbetində baş verir. Lakin bu nisbetdə parçalanma $1AA:2Aa:1aa$ nisbetində baş verir. Yeni alınmış nəslin $1/4$ hissəsi homoziqot boz (AA) $2/4$ hissəsi heteriziqot boz (Aa) və $1/4$ hissəsi isə homoziqot qara (aa) rəngli milçəklərdən ibarətdir. Q. Mendelin əlamətlərin F_2 -də parçalanması qanunu fenotipe görə müəyyən edilmişdir.

İkinci nəsildə alınmış genotipcə müxtəlif boz rəngli milçəkləri (AA və Aa) adı gözle bir-birindən fərqləndirmək mümkün deyil. Onları bir-birindən fərqləndirmək üçün genetikada qəbul edilmiş analizədici çarbazlaşdırma üsulundan istifadə edilir. Bu zaman dominant əlamətə malik (bizim misalımızda boz rəngli) milçəklər resessiv əlamətli (qara rəngli) valideyn forması ilə çarbazlaşdırılır. Alınmış nəsildə əlamətlər $1:1$ nisbetində parçalanarsa, deməli, götürülmüş boz milçəklər heteroziqot genotipə malikdir (Aa). Nəsildə ancaq boz milçəklərin alınması (tam dominantlıqda) götürülmüş boz milçəklərin homoziqot genotipinə (AA) malik olduğunu göstərir. Göstərilən çarbazlaşdırılmaları aşağıdakı kimi yaza bilərik:



Monohibrid çarbazlaşdırında F_2 nəsildə əlamətlərin fenotipinə görə $3:1$ nisbetində parçalanması tam dominantlıqda baş verir. Lakin bu nisbetdə parçalanmadan kənara çıxmala da rast gəlinir. Məsələn, bəzən çarbazlaşdırmadan

alınan F_1 nesildən olan hibridlər valideyn əlamətlərindən heç birini özündə tam əks etdirə bilmir, aralıq forma alınır. Bu hadisə qeyri-tam dominantlıq adlanır. Qeyri-tam dominantlıqda F_2 -də əlamətlərin fenotipik parçalanması genotipik parçalanmaya uyğun gelir. Məsələn, ciyəlek bitkisində (*Fragaria vesca*) meyvəsinin rəngi ağ və qırmızı olan sortalarını bir-birile çarpanlaşdırıldıqda F_1 -də çəhrayı F_2 -də isə qırmızı, çəhrayı və ağ meyvələr alınır:



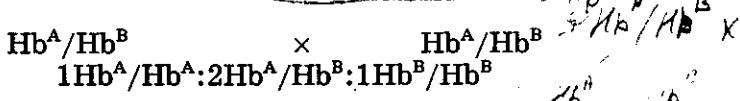
Q. Mendelin müəyyən etdiyi əlamətlərin 3:1 nisbətində parçalanması qanunu F_2 -də emələ gəlmış ziqotlar eyni həyatilik qabiliyyətinə malik olmadıqda da pozulur. Məsələn, bürüncü rəngli tülküldən nəsil alındıqda əlamətlər 3:1 nisbətində yox, 2:1 nisbətində (2 bürüncü və 1 qara qonur) parçalanır. Bürüncü rəngli tülküller qara-qonur rəngli formalarla çarpanlaşdırıldıqda həmişə 1:1 nisbətində (analizedici çarpanlaşmada olduğu kimi) parçalanma verir, yəni bütün bürüncü rəngli tülküler heteroziqot olur. Bürüncü rəngli homoziqot tülkülərin (AA) olmaması, onların embrional inkişaf dövründə ölümü ilə izah edilir. Doğrudan da, dişi heyvanların boğazlıq dövründə balalığında balaların miqdarının tədqiqi bu fikri sübut etdi.

Organizmin fərdi inkişafının müəyyən mərhələsində onun ölümünə və ya şikestliyinə səbəb olan genlər letal genlər adlanır. Letallıq bitkiler arasında geniş yayılmışdır. Məsələn, buğda, vələmir, qarğıdalı və s. bitkilərdə letal gen homoziqot veziyyyətdə xrolofilin inkişafını dayandırır və nəticədə onlarda fotosintez prosesi mümkün olmur, həmin bitkilər tədricən məhv olur. 14- Sual

Bəzən çarpanlaşdırma nəticəsində alınmış nesilda hər iki valideyn əlamətləri öz təsirini tam təzahür etdirir. Bu hadisə kodominantlıq adlanır. Belə ki, homoziqot AA formada A

əlaməti, homoziqot $A'A'$ formada A' əlaməti, heteroziqot genotipli AA' formada isə hər iki əlamət inkişaf edir. Genlərin bələ qarşılıqlı təsiri, ilk növbədə, qan gruplarını müəyyən edən zülalların və antigenlərin quruluşunun irləsiliyində müəyyən edilmişdir. Məsələn, qaramalda bir neçə tip hemoglobinə rast gəlinir ki, bu da onların molekulunun elektrik sahəsinə müxtəlif tezlikdə hərəkəti ilə (elektroforez zamanı) müəyyən edilir. Qaramalda en çox A ($Hb-A$) və B ($Hb-B$) hemoglobin tipinə rast gəlinir. B ($Hb-B$) tipi daha çox hərəketlidir. Qanda hemoglobin A tipinin mövcudluğu Hb^A alleli, B tipinin mövcudluğu isə Hb^B alleli ilə müəyyən edilir. Homoziqot Hb^A/Hb^A orqanizmin eritrositlərindən ancaq A hemoglobinini, homoziqot Hb^B/Hb^B orqanizmin eritrositlərində isə ancaq B hemoglobinini olur. Heteroziqotlarda Hb^A və Hb^B allellerin kodominanlığı nəticəsində hər iki A və B hemoglobin tipləri olur.

Əgər buğa və inek hər ikisi heteroziqot olarsa, onlardan alınan nəsildə parçalanma 1:2:1 nisbətində olar.



Parçalanmanın nisbətinə həmçinin ətraf mühitin amilləri də təsir göstərir.

Q. Mendel parçalanmanın mexanizmini "Qametlərin saflığı" fərziyyəsi ilə izah etmişdir. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, heteroziqot orqanizm "saf qametlər" hazırlayır. Həmin orqanizmlərdə allel genlər tamamilə dəyişilməmiş vəziyyətdə olur və meyoz prosesində onlar müxtəlif qametlərə paylanır. Heteroziqotlarda allellerin davranışları molekulları əmələ gətirən və öz xüsusiyyətini molekulun parçalanması zamanı saxlayan atomları xatırladır. Mayalanma zamanı müxtəlif valideynlərdən alınmış allel genlərin birləşməsi nəticəsində əmələ gelmiş heteriziqot (Aa) orqanizm meyoz prosesində iki tip qamet hazırlayır. Allel genlər homoloji xromosomların eyni sahələrində (lokuslarında) yerləşir. Heteroziqot orqanizmin homoloji xromosomlarının birində A alleli yerləşirsə digərində a alleli yerləşir. Reduksion bölünmədə

əmələ gəlmış hər hüceyrəyə homoloji xromosomlardan biri düşür və yaranmış qametlər allel genlərə görə "saf" olur.

Heteroziqot organizmin meyozdan sonra əmələ gətirdiyi iki tip qamet və genlərin saflığının saxlanması prosesi su molekulu parçalandıqda ondan ayrılan hidrogen və oksigen atomlarının əvvəlki hidrogen və oksigen atomlarından fərqlənmədiyi kimi prosesi xatırladır.

Hər iki heteroziqot valideynlərin əmələ gətirdiyi iki müxtəlif tipdə qametlər eyni ehtimalda biri digərilə görüşüb mayalandıqda F_1 -də gizli qalan ressesiv əlamət (bizim misalda qara rəng) F_2 -də tam olaraq 3:1 nisbətində üzə çıxır, yəni əlamətlərin parçalanması baş verir.

Beləliklə, Mendelin parçalanma qanunu meyoz prosesi normal gedib gözlənilən müxtəlif tipli qametlər eyni ehtimalda əmələ geldikdə, əmələ gəlmış qametlər eyni ehtimalda görüşüb mayalandıqda və yaranmış ziqotların inkişafı normal getdikdə özünü doğruldur.

1. Monohibrid çarbazlaşdırmadan tələbələrin qoyulması

Məşğələnin məqsədi irsiliyin əsas qanunları (birinci nəslin eyniliyi və əlamətlərin parçalanması) ilə tələbələri tanış etməkdən ibarətdir.

1. Mayalanmamış dişi (virgin) milçəklər seçmək.
2. Qoyulan məqsədə uyğun çarbazlaşdırma aparmaq.
3. F_1 milçəklər almaq və onu analiz etmək.
4. F_1 milçəklərini çarbazlaşdırmaq.
5. F_2 milçəkləri almaq və onları analiz etmək.

Material və ləvazimat. Hər bir tələbəyə çarbazlaşdırma aparmaq üçün stekanda normal xətdən olan milçəklər verilir. Mutant xətt olaraq *black*, *ebony*, *vestigial*, *brown* və s.-dən istifadə edilə bilər (cədvəl 7). Tələbələrin hər birinə F_1 nəsil almaq məqsədile içərisində qidalı mühit olan 2–3 stekan, F_2 nəsil almaq üçün 4–6 stekan verilir. Hər tələbəyə (bəzən iki tələbəyə, drozofillə işləmək üçün bir komplekt əşya və ləvazimatlar verilir (səh. 67).

İşin yerinə yetirilməsi. İlkin valideyin xətlərin müəyyənləşdirilməsi. Ana xətdən olan milçəklərin qanadları

rudument (*vestigial-vg*), ata xətdən olan milçeklərin qanadları normal olur.

Çarpazlaşma aparmaq üçün mayalanmamış (virkin) diş fərdlər seçilir. Çarpazlaşdırma məqsədilə təcrübə qoymaq üçün ana xətdən olan milçeklər pupdan çıxdıqdan 8–10 saat müddətində erkəklərdən ayrılır. Bu işe başlamazdan əvvəl milçeklər inkişaf edən stəkanlardan valideynlər və pupdan çıxmış nəsil kənar edilir. Stəkanlar 6–8 saatdan sonra nezərdən keçirilir. Əgər cavan milçeklər çıxmışlarsa, onlar efirle yatırılır. Dişilər erkəklərdən ayrılır və təzə qidalı mühit olan stəkanlara salınır. Onlar burada 2–4 sutka ərzində qala bilər. Lazım olduqda onlardan çarbazlaşma üçün istifadə olunur.

Tələbələrlə laboratoriya məşğələləri apardıqda bu işi belə təşkil etmək olar. Məşğələ başlamamışdan 4–8 saat əvvəl stəkanlardan milçeklər çıkarılır. Pupları olan stəkanlar 24–26°C temperaturu olan termostata qoyulur. Bu müddətdə (4–8 saatda) çıxan milçeklər tələbələr tərəfindən ayrılib çarbazlaşma üçün istifadə edilir.

Hər dəfə çarbazlaşmanın resiprok (düzüne və əksinə) aparılması yaxşı olardı.

♀ Normal × ♂ ebony
♀ ebony × ♂ Normal
♀ vestigial × ♂ Normal
♀ Normal × ♂ vestigial

Birinci nəsildən olan hibridlər eyni əlamətə (normal) malik olur (mayalanmamış dişilər seçilmədən) və onlar öz aralarında çoxaldılır. Odur ki, F_1 diş və erkək milçeklər analiz edildikdən sonra F_2 nəsil almaq məqsədilə onlar təzə qida olan stəkanlara salınır. Birinci və ikinci nəсли (F_1 və F_2) almaq üçün təxminən 22–24 gün tələb olunur. Milçeklər çoxalmaya qoyulan zaman onların inkişafı diqqətən izlənilmeli və normal şərait—temperatur və rütubət olmalıdır (rütubəti nizamlamaq üçün termostata nazik qabda su qoymaq kifayətdir).

Tecrübəni aparmazdan əvvəl 7-ci cədvəldə göstərilən mutantların işarələrindən istifadə edərək çarbazlaşmanın sxemini çəkib, nəzəri gözlənilən nəticələri müəyyənləşdirmək yaxşı olardı. Sxemdə homoloji xromosomlar iki tire xətlə, normal allel gen işə + işarə ilə göstərilir.

Monohibrid çarbazlaşdırmanın sxemi

$$\text{PP } \text{♀ } \frac{\text{vg}}{\text{vg}} \times \text{♂ } \frac{+}{+}$$

Qametlər: $\frac{\text{vg}}{\text{vg}}$ $\frac{+}{+}$

$$\text{F}_1 \quad \frac{+}{\text{vg}}$$

$$\text{♀ } \frac{\text{e}}{\text{e}} \times \text{♂ } \frac{+}{+}$$

$$\frac{+}{\text{e}}$$

		♂	$\frac{+}{+}$	$\frac{\text{vg}}{\text{vg}}$
		$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{\text{vg}}$
♀	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{\text{vg}}{\text{vg}}$

		♂	$\frac{+}{+}$	$\frac{\text{e}}{\text{e}}$
		$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{\text{e}}$
♀	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{\text{e}}{\text{e}}$

Tecrübə qoyularkən aşağıdakı qaydalara əməl edilməlidir. Qarşıya qoyulan məqsəd aydınlaşdırıldıqdan sonra hər çarbazlaşma üçün 2–3 virgin dişi və 3–5 erkək milçək birlikdə təzə qidası olan stəkanala salınır.

Tecrübə qoyulduğdan 3–4 gün sonra valideyn formalar stəkanlardan çıxarılır, 8–10 gündən sonra stəkanlarda F_1 nəslin çıxmazı izlənilir. Təxminən 10–12 günlükdə F_1 nəsil kütlevi çıxmağa başlayır. Onları efirdə yatırdıb analiz etmək lazımlıdır. Milçəklərin analizi günaşırı 3–4 dəfə aparılmalıdır. Her iki mutant forma ilə düzüne və əksinə çarbazlaşdırında F_1 nəsildə eyni əlamətlərə, yəni birinci çarbazlaşdırında bədənin rəngi normal-boz olacaqdır. Her bir kombinasiyadan F_1 nəsil almaq üçün F_1 nəsil milçəklərdən 2–3 dişi və 3–5 erkək milçəklər ayırib, birgə təmiz yemi olan stəkanala salmalı. Hər bir tələbə belə

təcrübəni 4–6 stekanda qoymalı. Təcrübədən 3–4 gün sonra valideynlər stekanlardan çıxarılmalıdır.

Təcrübələr qoyulduğandan 10–12 gün sonra stekanlardan F_2 nəsil milçəklərin kütləvi çıxımı başlayır. Onlar efirde yatırılıb, tutqun ağ şüse lövhə üzərində analiz olunmalıdır. F_2 nəslin də analizi günaşırı 3–4 dəfə aparılmalıdır, yəni stekanda F_2 nəsil milçəklərin çıxımı qurtarana kimi analiz edilib, xüsusü cədvəldə hər dəfə qeyd edilməlidir (cədvəl 8). F_2 nəslin dəqiq analizi nəticəsində 3/4 hissə normal əlamətlərə, 1/4 hissə isə mutant əlamətlərə malik milçəklər alınacaqdır (cədvəl 8).

Cədvəl 8

Monohibrid çarpanlaşdırırmada F_2 -də alınmış milçəklerin hesabına alınması

Tarix	Təcrübə qoyulmuş stekanın nömrəsi	Nesil	Bədəni boz		Bədəni qara		Cəmi	Qeyd
			♀	♂	♀	♂		
15.X	1	F_2	10	13	3	4	30	
	2		13	11	4	3	31	
	3		6	5	2	2	15	
	4		5	7	2	3	17	
	5		3	5	1	1	10	
17.X	1	F_2	7	8	2	3	20	
	2		8	5	2	2	16	
	3		10	11	3	3	27	
	4		11	9	3	4	27	
	5		12	10	4	3	29	
19.X	1	F_2	7	6	3	2	18	
	2		8	5	2	2	17	
	3		13	15	4	4	36	
	4		11	10	4	3	28	
	5		8	12	3	4	27	
21.X	1	F_2	6	5	2	1	14	
	2		4	3	1	2	10	
	3		3	3	1	—	7	
	4		4	2	—	2	7	
	5		2	2	—	—	4	
Cəmi	—	F_2	151	147	46	48	392	

Monohibrid çarpanlaşma materialından istifadə edib analizedici və qayıtma çarpanlaşdırımlar da aparmaq olar. Bundan ötrü F_1 dişi milçəkləri ayrıılır, onlar dominant əlamətli valideyn formaları ilə (qayıtma) resessiv əlamətli valideyn formaları (analizəedici) çarpanlaşdırılır. Bu zaman

dominant əlamətli valideyn formaların F_1 milçəklərlə çarpazlaşdırılmasından alınan nəslin hamısı eyni tipli, yəni normal əlamətə malik olacaqdır. F_1 milçəklərini resessiv əlamətli valideyn forması ilə çarpazlaşdırılmasından isə nesilde əlamətlər 1:1 nisbətində parçalanır, yəni 1/2 hissə milçəkler normal, 1/2 hissə milçəkler isə mutant əlamətli olacaqdır. Əlamətlərin bu nisbətdə parçalanması F_1 milçəklərin heteroziqot genotipliyini göstərir.

Beləliklə, monohibrid çarpazlaşdırılmalardan alınan nəticələr bəzən gözlənilən parçalanma (3:1 və 1:1) nisbətine tam uyğun gəlmir. Artıq bize məlumdur ki, parçalanmanın əsasını bioloji proses təşkil etməsinə baxmayaraq onun fenotipik təzahürü statistik xarakter daşıyır. Odur ki, fenotipik parçalanmanın həqiqilik ehtimallığını statistik metodla hesablamaq lazımdır (*cədvəl 9*).

Cədvəl 9

Monohibrid çarpazlaşdırmadan alınan nəticələrin analizi

	I təcrübə		Cəmi	II təcrübə		Cəmi		
	vestigial×Normal			ebony×Normal				
	normal əlamətə	mutant əlamətə		normal əla- mətə	Mutant əla- mətə			
F_1 nəsil	75	—	75	82	—98	82		
F_2 nəsil	252	76	328	258	89	356		
Nezəri gözlənilən parçalanma (q)	246	82	328	267	1	356		
Parçalanma nisbəti	3	1		3	9			
Nezəri gözləniləndən kənarlanması (d)	6	—6		—9	9			

TƏCRÜBƏLƏRDƏN ALINMIŞ MATERIALIN STATİSTİK HESABLANMASI

Monohibrid çarpazlaşdırında F_2 -də və F_B -də alınmış nəsillərdə bəzən əlamətlərin 3:1 və ya 1:1 nisbətində parçalanması nezəri gözlənilən nəticəyə tam uyğun gəlmir, yəni alınmış nəticə gözlənilən nisbətdən müəyyən qədər kənara çıxır. Baş verən kənarlanması təsadüfi xarakter daşıdığını və ya

parçalanmanın nəzəri gözlənilən nisbətə uyğun gəlib-gelmədiyini statistik hesablama yolu ilə müəyyən etmək olar (cədvəl 10).

Cədvəl 10

Analizedici carpzazlaşdırmadan alınan nticələr

	I təcrübə		Cəmi	II təcrübə		Cəmi
	normal qanadlı	rudiment qanadlı		bedəni boz	bedəni qara	
Təcrübədən faktiki alınmış (P)	198	208	406	386	328	714
Nəzəri gözlənilən parçalanma (q)	203	203	406	357	357	714
Parçalanma nisbəti	1	1		1	1	
Kənarlanma d	-5	5		29	-29	

Bunun üçün χ^2 (xi kvadrat) üsulundan istifadə edilir. Bu üsulla χ^2 -nın qiyməti hesablanır və bunun hesablanmasından $\chi^2 = \sum \frac{d^2}{q}$ düsturundan istifadə edilir.

Burada, Σ —cəm işarəsi, q —müəyyən əlamətə görə nəzəri gözlənilən fəndlərin miqdari, d —hər bir sinif üzrə faktiki təcrübədən alınan fəndlərlə (p) nəzəri gözlənilən fəndlər (q) arasında olan fərq ($p-q$).

Hər bir sinif üzrə fərq (d) müəyyən edildikdən sonra, həmin fərq kvadrata yüksəldilir (d^2). Sonra həmin sinif üzrə nəzəri gözlənilən rəqəmə (q) bölünüür. Siniflər üzrə alınmış bu qiymətlər cəmlenir və χ^2 -nın qiyməti tapılır.

χ^2 kəmiyyətinə görə Fişer tərəfindən tərtib olunmuş cədvəldə təcrübədən alınan və nəzəri gözlənilən rəqəmlər arasında fərqliyin etimallığı (P) müəyyən edilir (cədvəl 10). Əgər təcrübədən alınan rəqəmlə nəzəri gözlənilən rəqəm arasında tam uyğunluq olarsa, onda χ^2 sıfıra bərabər olur. Əgər χ^2 sıfıra bərabər olmazsa, onda həmişə bu üsul tətbiq olunan zaman müqayisə olunan kəmiyyətlər fərqiinin təsadüfi olduğu güman edilir (bu sıfır fərziyyəsi adlanır).

χ^2 -nın qiymətini hesablamaq üçün əyani olaraq 9-cu cədvəldəki rəqəmlərdən istifadə edək. Cədvəldə hər bir əlamət siniflər üzrə normal (qanadlı normal) və mutant

(qanadları rudiment), həmçinin bədəni boz (normal) və qara (mutant) göstərilir. Birinci təcrübədə dominant əlamətli 252, resessiv əlamətli 76 milçək alınır. Nəzəri olaraq alınacaq dominant əlamətli milçəkləri tapmaq üçün alınmış bütün milçəkləri $3/4$ -ə vurmaqla dominant nəslin, $1/4$ vurmaqla resessiv nəslin miqdarını tapmaq olur.

$$328 \times 3/4 = 246$$

$$328 \times 1/4 = 82$$

Alınan rəqəmlərdən göründüyü kimi nəzəri gözlənilən rəqəmlərlə təcrübədən alınan rəqəmlər arasında bir qədər kənarlanma müşahidə edilir. Bizim misalımızda bu kənarlanma $+6$ və -6 təşkil edir. Bu rəqəmlər kvadrata yüksəldilir və hər biri ayrılıqda nəzəri gözlənilən rəqəmlərə bölünür.

$$\chi^2 = \frac{6^2}{246} + \frac{6^1}{82} = 0,106 + 0,44 = 0,546$$

Əgər riyazi-statistik hesablamada 20 nümunədə (göstəricidə) 1-dən çox kənarlanmaya ($1/20=0,05$) rast gəlinərsə, onda bu təsadüfi deyil. Əgər 20 nümunədə 1 və ya 1-dən az kənarlanma baş verərsə ($P=0,05$), onda bu təsaduf hesab edilir. Fişer cədvəlində χ^2 kəmiyyətinin qiyməti 0,05 sütununda və ondan sağda yerleşen göstəricilərə uyğun gələrsə, onda müqayisə olunan kəmiyyətlər arasında fərqi təsadufi hesab etmək olmaz. Yəni sıfır fərziyyəsi inkar edilir. Cədvəldə χ^2 -nın qiyməti digər sütunlarda (0,05-dən solda) yerləşən kəmiyyətlərdən kiçik olmazsa, sıfır fərziyyəsi qəbul olunur, yəni fərq təsadüf hesab edilir.

Müxtəlif serbest kəmiyyətlərde

Serbest kəmiyyətlərin miqdarı	E h t i m a l					
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70
1	0,0002	0,0006	0,004	0,016	0,064	0,148
2	0,0201	0,0404	0,103	0,211	0,446	0,713
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	2,195
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,343	3,00
6	0,872	0,134	1,635	2,204	3,070	3,828
7	1,239	1,564	2,167	3,833	3,322	4,671

Alınmış faktiki göstəricilərlə nezəri gözlənilən göstəricilər arasındaki fərqi χ^2 üsulu ilə hesablayıb, uyğunluq ehtimallığını (P) müəyyən etmək üçün sərbəst kəmiyyətləri bilmək lazımdır. Parçalanmanın 3:1 və 1:1 nisbetlərinin hər birində 2 sinif olur. Bu siniflərin ikisinin cəmində siniflərdən birinə aid olan kəmiyyət məlum olarsa, onda ikinci sinfin kəmiyyəti birincidən asılı olmadan məlum olar. Deməli, iki sinfin kəmiyyətlərindən biri sərbəst müəyyən olunduğu halda, ikinci sinfin kəmiyyəti kəmiyyətlər cəmindən asılı olur. Bizim misalımızda 2 sinif olduğundan sərbəst kəmiyyətli sinfin miqdarı bir ola bilər. Beləliklə, əlamətlərin parçalanmasından siniflərin analizi zamanı sərbəst siniflərin miqdarı həmişə siniflərin ümumi miqdardından bir vahid az olur. Bizim misalımızda hər iki təcrübədə 2 sinif vardır: birinci təcrübədə qanadlı və qanadsız milçəklər, ikinci təcrübədə boz və qara rəngli milçəklər. Birinci təcrübədə cəmi, 328 milçək alınmışdır, lakin ondan 252 milçək qanadlıdır. Əgər ümumi milçəklərin sayından qanadlı milçəkləri çıxsaq, yerde ancaq qanadsız milçəklər qalacaqdır. Deməli, iki toplanan kəmiyyətin cəmindən biri sərbəst götürülərsə, digəri avtomatik məlum olur. Siniflərin miqdarını n-lə işarə etsək sərbəst kəmiyyətin miqdarı $2n - 1n = 1n$ olacaqdır.

Təcrübəmizin birincisində $\chi^2=0,546$, ikincisində $\chi^2=1,21$. Hər iki təcrübədə sərbəst kəmiyyət bir olduğundan Fişər cədvəlində χ^2 etibarlıq ehtimallığını (P) birinci üfüqi sırada

Cədvəl 11

χ^2 -nın qiyməti (Fişərə görə)

11 q (P)						
0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
0,455	0,974	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635
1,383	2,408	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210
2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	9,837	11,341
3,859	4,878	5,989	7,779	9,488	11,668	13,227
4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	13,388	15,085
5,348	7,231	8,558	10,654	12,592	15,033	16,812
6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475

axtarmalıydıq. Birinci təcrübədə $\chi^2=0,546$ olduqda $0,5>P>0,30$, ikinci təcrübədə $\chi^2=1,21$ olduqda $0,3<P>0,20$ olacaqdır. Etibarlıq ehtimallığının qiymətinin $P>0,20$ olması təcrübələrdən alınan faktiki və nəzəri gözlənilən rəqəmlər arasında fərqi (kənarlanmanın) təsadüfi olduğunu göstərir, yəni sıfır fərziyyəsi qəbul edilir.

Analizedici çarbazlaşdırında (cədvəl 11) birinci təcrübədə $\chi^2=0,24$ olduğundan $0,70 > P > 0,5$, ikinci təcrübə $\chi^2=4,7$ olduğundan $0,05 > P > 0,020$ olur. İkinci təcrübədə $P>0,01$ olması kənarlanmanın təsadüfi yox, qanuna uyğun xarakter daşıdığını göstərir, yəni sıfır fərziyyəsi inkar edilir. Deməli, ikinci təcrübədə alınan nəticə əlamətlərin 1:1 nisbətində parçalanması qanununa tam uyğun gəlmir.

Parçalanmanın etibarlıq ehtimallığını (P) hesablamaq hər bir tələbəyə apardığı təcrübənin düzgünlüyünü üzə çıxarmağa imkan verir. Etibarlıq ehtimallığı (P) nə qədər yüksək olarsa, bir o qədər təcrübədən alınan göstərici, nəzəri gözlənilən nəticəyə uyğun olur.

χ^2 kriterisi seçim cəmində rəqəmin miqdarı 50-dən artıq, nəzəri gözlənilən siniflərdə kəmiyyətlərin miqdarı 5-dən az olmadıqda ümidverici nəticələr alınır.

Monohibrid çarbazlaşdırında əlamətlərin 3:1 və analizedici çarbazlaşdırında 1:1 nisbətində parçalanmalardan başqa, əlamətlərin qeyri-tam dominantlığında və kodominantlığında F_2 -də əlamətlər 1:2:1, letallıq zamanı isə 2:1 nisbətlərin də bas verə bilir.

Siz təcrübənizdən alınan nəticələri ayrılıqda (hər tələbəyə) və ümumilikdə (qrupun bütün tələbələrinin nəticələrini) χ^2 üsulu ilə həqiqilik ehtimallığını hesablamaqla, onun hansı parçalanma nisbətinə uyğun gəldiyini dəqiq müəyyən edə bilərsiniz.

Praktiki məşğələlər zamanı artıq qalan vaxtlarda məsələlər həll etməklə genetik bilikləri möhkəmlətmək olar.

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. Adadovşanlarında qara rəng (A) ağ rəng (a) üzərində dominantlıq edir. Aşağıda göstərilən çarbazlaşdır-

malarda dovşanlar hansı qametlər əmələ gətirir, həmin dovşanların və onların nəsillərinin fenotipi necə olar: AA x AA; Aa x aa; aa x aa; Aa x Aa?

Məsələnin şərtini və həllini qısa belə təsvir edə bilərik:

I. AA x Aa

Şərtimizə görə qara rəng —A, ağ rəng— a allel genləri ilə göstərilir. Qametlərin saflığı fərziyyəsinə görə AA-dan ancaq —A, lakin Aa-dan isə eyni miqdarda A və a qametləri əmələ gelir. Fenotiplərin hamısı qara olur.

II. AA x aa

Şərtimizə görə Aa dovşanları qara, aa isə ağdır. Aa-dan eyni miqdarda A və a qametləri, aa-dan isə ancaq a tipli qametlər əmələ gelir. Fenotiplər: 1/2 qara və 1/2 ağ olur.

III. aa x aa.

Şərtimizə görə aa—ağ, qametlər ancaq a, fenotiplərin hamısı ağ olur.

IV. Aa x Aa

Şərtimizə görə Aa—qara, her iki valideyn isə eyni miqdarda A və a qametləri əmələ gətirir. Fenotiplər: 3/4 qara və 1/4 ağ dovşanlar əmələ gətirir.

Məsələ 2. Qara xəzli qaragül qoç və qoyunları cütləşdiridikdə həmişə qara xəzli quzular alınır. Lakin çal (boz) xəzli qoç və qoyunları cütləşdiridikdə həmişə 2/3 hissə çal və 1/3 hissə qara xəzli nəsil alınır. Burada xəzin rəngi nəslə necə ötürülür? Çal qoyunlardan alınan nəsildə nə üçün əlamətlərin parçalanması baş verir?

Məsələnin şərtini və həllini qısa belə təsvir edə bilərik:

Qaragül qoyunu, xəzin rənginin irsiliyi.

P qara × qara

F₁ qara

P çal × çal

F₁ 2/3 çal: 1/3 qara

Həlli:

1. Qara xəzli qoyunların cütləşdirilməsində nəslin eyniliyi onların homoziqotluğunu göstərir.

2. Çal rəngli xəzi olan qoyun və qoçların cütləşdirilməsindən nəsildə əlamətlərin parçalanması onların heterizoqotluğunu göstərir.

3. Parçalanmanın 2:1 nisbətində baş vermesi əlamətlərini monogen irsiliyini, çallığın qara rəng üzərində dominantlı-

ğını və çal xəzli quzuların 1/3 hissəsinin məhv olduğunu göstərir. Görünür məhv olan quzular AA genotipinə malik olur. Məlumdur ki, monohibrid çarpazlaşdırımda gözlenilən 3/4 hissə dominant əlamətli nəslin 1/3 hissəsi AA genotipinə malik olur və həmin genlər homoziqot halda letal təsir göstərərək quzuları öldürür.

4. Bu mülahizəni yoxlamaq üçün çal qoçları qara qoyunlarla çarpazlaşdırıqdır (Aa x aa) əlamətlərin 1:1 nisbətində (1/2 hissə çal və 1/2 hissə qara) parçalanması əsas ola bilər.

Məsələ 3. Ata I qan qrupuna, ana IV qan qrupuna malikdir. Atanın qan qrupu övlada keçə bilərmi? Ata və ananın genotipləri necə ola bilər?

Məsələnin şərti və həllinin qısa təsviri:

İnsan qan qrupunun irsiliyi

P IV qan qrupu x I qan qrupu

Həlli.

Məlumdur ki, I(O) qan qrupundan olan insanların genotipi OO, yəni atanın genotipi OO, IV qan qrupuna malik anaların genotipi AB olur. Belə valideynlərin nigahından ancaq II OA və III OB qan qrupuna aid olan övladlar dünyaya gelə bilər.

Məsələ 4. Quşçuluq fabriklerinin birində noxudvari pipikli xoruzlar sadə (yarpaqvari) pipik forması olan toyuqlarla cütləşdirilmişdir. Belə çarpazlaşdırımdan 187 noxudvari pipiyə malik nəsil alınmışdır. Birinci nəsil hibrid xoruz və toyuqların bir-birilə cütləşdirilməsindən F_2 -də 275 noxudvari pipikli və 88 sadə pipikli cücelər alınmışdır. F_1 hibridlər, həmçinin sadə pipikləri olan toyuqlarla çarpazlaşdırılmaqdan 374 noxudvari və 363 sadə pipikli cücelər əmələ gəlmışdır. Əlamətlər nəslə necə ötürülür? Başlanğıc valideynləri F_1 -in genotipini müəyyən edin:

Məsələnin şərti və həllinin qısa təsviri:

Toyuqlar. Pipik formasının irsiliyi.

P noxudvari x sadə

F_1 , 187 noxudvari x sadə

F_2 , 275 noxudvari, $F_b \rightarrow$ 374 noxudvari

88 sadə 368 sadə

363 742

Həlli:

1. Birinci nəslin (F_1) hamısının eyni pipikli olması onların valideynlərinin homoziqotluğunu göstərir. 2. F_1 -də əlamətlərin iki sinifdə parçalanması və bu parçalanmanın $3/4$ hissə noxudvari və $1/4$ hissə sadə formada baş verməsi, həmin əlamətin monogen irsiliyini göstərir. Nəzəri olaraq F_2 -də əgər $3:1$ nisbətində parçalanma baş verərdi, 272 noxudvari ($363 \times 3/4 = 272$) və 91 sadə pipikli ($363 \times 1/4 = 91$) cüçələr gözlənilirdi. Əslində isə 275 noxudvari və 88 sadə pipikli cüçələr alınmışdır. Deməli, belə nəticə monogen parçalanmada $3:1$ nisbətinə uyğun gelir.

Əgər noxudvarılığı A allele, sadə pipik formasını a allele ilə işaret etsek, başlangıç quşlarının genotipi Aa və aa, hibrid F_1 —Aa yaza bilərik. F_1 hibrid xoruzlarının sadə pipik formalı toyuqlarla çarbazlaşdırılması analizedici çarbazlaşdırma olub, parçalanma $1:1$ nisbətinə uyğun gelir.

Məsələlər

1. Pomidorda bitkinin normal boyu cırtdanboyluluq üzərində dominant olur. Homoziqot normal və cırtdan boylu bitkilərin çarbazlaşdırılmasından F_1 -də alınmış bitkilərin boyu necə olacaqdır? F_1 hibridlərin nəslı F_2 -də necə gözlənilir? F_1 hibridlərin cırtdanboylu bitkilərlə çarbazlaşdırılmasından nəsildə əlamətlərin parçalanması gözlənilirmi?

2. Meyvələri sarı və qırmızı iki sortdan olan pomidor bitkilərin çarbazlaşdırılmasında F_1 hibridlərin meyvələri qırmızı olmuşdur. İkinci nəsilde 165 qırmızı və 52 sarı meyvələr alınmışdır. Meyvənin rəngi necə nəslə ötürülür? Valideynlərin və F_1 -in genotipləri necə olmuşdur? Siz öz mülahizənizin doğruluğunu yoxlamaq üçün hansı çarbazlaşdırma apara bilərsiniz və bu zaman hansı nisbətdə parçalanma gözlənilir?

3. Vələmirdə pas xəstəliyinə immunitetlik həmin xəstəliyə tutulmaq üzərində dominantdır. Pas xəstəliyinə yoluxmuş vələmiri homoziqot immun vələmir ilə çarbazlaşdırıldıqda hansı bitkilər alınır? F_2 necə olacaqdır? F_2 -də alınmış pas xəstəliyinə yoluxan bitkilərin bir-birilə cütləşdirilməsindən hansı fenotipə və genotipə malik bitkilər alınacaqdır? F_2 -də

alınmış immun bitki ilə F_1 -in cütləşdirilməsindən alınacaq bütün formaları göstərin.

4. Qoyunlarda yunun qara rəngi ağ rəngə görə resessiv əlamətdir. Ağ rəngli qoçla ağ dişi toğlunun cütləşdirilməsindən bir ağ quzu alınmışdır. Bu quzu qara rəng genini daşıyır mı? Quzunun heterozygotluq ehtimalı vardır mı?

5. Qaramalda buynuzsuzluq buynuzluluq üzərində dominantdır. Buynuzsuz buğa üç ineklə cütləşdirilmişdir. Buynuzlu ineklə (1) cütləşməsindən buynuzlu buzov, digər buynuzlu ineklə (2) cütləşdirilmədən buynuzsuz buzov, buynuzsuz ineklə 3) cütləşdirmədən buynuzlu buzov alınmışdır. Valideynlər ən çox ehtimal olunan hansı genotiplərə malik olmuş və gələcəkdə hər bir belə çarpazlaşdırmadan daha hansı nəsillər gözlənilir?

6. Siçanlardan qara rənglik qonur rənglik alleli üzərində, uzunqulaqlıq geni qısaqulaqlıq alleli üzərində, cod tüklük geni yumşaq tüklük alleli üzərində dominantlıq təşkil edir. Göstərilən bu 3 cüt allelə görə valideynləri ayrılıqda çarpazlaşdırın və F_2 -ni alın. F_1 və F_2 -də alınmış siçanların fenotip və genotiplərini göstərin.

7. Qonur rəngi olan norkalar (su samuru) boz xəzli norkalarla çarpazlaşdırıldığda F_1 -də ancaq qonur xəzli norkalar, F_2 -də 87 qonur və 26 boz xəzli nəsil alınmışdır. Alınmış nəsil arasında nə qədər homoziqot və heteriziqot norkalar olar?

8. Öksər insanların qanı rezus-müsbat (Rh) antigenini daşıyır və dominant əlamət kimi nəslə ötürülür. Digər adamların qanında isə rh antigeni olmur (rezus-mənfi insanlar). Rezus-mənfilik resessiv əlamət kimi nəslə ötürülür. İki rezus-mənfi valideynin nigahından hansı uşaqlar gözlənilir? Əgər valideynlərdən biri mənfi rezus, digəri müsbət rezuslu olarsa, onlardan hansı övladlar dünyaya gələr? İki rezus-müsbat valideynlərdən hansı uşaqlar gözlənilir?

9. Valideynlərdən ana rezus-müsbat, ata rezus-mənfi qana malik olarsa, uşağın rezus amili necə olar? Bu uşaqda eritroblast olarmı?

Parçalanma qanunundan kənarlanmaya aid məsələlər

1. Kökmeyvəsi oval olan turp bitkilərinin çarbazlaşdırılmasından 79 yumru, 174 oval və 88 uzunsov kökmeyvəsi olan bitki alınmışdır. Kökmeyvəsi uzunsov və oval olan bitkilərin cütləşdirilməsində, həmçinin parçalanma baş verib — 135 bitki oval və 128 bitki uzunsov meyvəli olmuşdur. Digər çarbazlaşdırımda yumru və oval meyvəli bitkilərdən 108 yumru və 116 oval meyvələrə malik nəsil alınmışdır. Turp bitkisinin kökmeyvə forması nəslə necə ötürülür? Bütün çarbazlaşdırımlarda valideyn bitkilərin genotipini müəyyən edin.

2. Kekilli və normal ördəklərin çarbazlaşdırılmasından 188 ördək alınmışdır. Onlardan 79 normal, 89 kekilli olmuşdur. Kekilli ördəklərin bir-birilə çarbazlaşdırılmasından 118 kekilli və 55 normal ördək alınmışdır, lakin bir hissə embrion çıxım qabığı məhv olmuşdur. Kekillik əlaməti nəslə necə ötürülür? Hansı genotipli embrionlar məhv olmuşdur?

3. Norkalar (su samuru) qonur və gümüşü-məxməri rəngdə xəzə malikdir. Gümüşü-məxməri norkaları bir-birilə çarbazlaşdırıldıqda 2 hissə gümüşü-məxməri və bir hissə qonur rəngli nəsil alınır. Gümüşü-məxməri xəzli norkaları qonur rəngli norkalarla çarbazlaşdırıldıqda 1 hissə gümüşü-məxməri və bir hissə qonur norkalar alınır. Qonur norkaldan isə ancaq qonur xəzli balalar doğulur. Göstərilən çarbazlaşdırımlarda valideyn və nəslin genotipini müəyyən etməli, genetik qanundan kənarlanmanın səbəbini göstərməli.

4. Toyuq cinslərindən birində ətrafları qısa edən gen dominant olub, eyni zamanda onlarda dimdiyin də qısa olmasına səbəb olur. Belə homoziqot cücelərdə dimdik o qədər qısa olur ki, onlar embrional dövrün axırında yumurtanın qabığını sindirib çölə çıxa bilmir və nəticədə məhv olur. Qısa ətraflı toyuq yetişdirən təsərrüfat inkubatorda 6000 cüce almışdır. Bunların arasında nə qədər qısa ətraflı cüce olacaqdır? Bu qədər cüce almaq üçün inkubatora nə qədər yumurta qoyulmuşdur?

5. İki normal gəncin nigahından sonra onların albinos uşağı dünyaya gəlmışdır. Növbəti uşağın albinos və ya

normal doğulması ehtimalı necədir? Doğulacaq hər iki uşağın hansı ehtimalda albino və qeyri-albino olacağı gözlənilir (albinosluq resessiv əlamətidir)?

6. İnsanlarda 4 qan qrupu müxtəlifliyinin təbietdə böyük əhəmiyyəti vardır. Qan qrupu irsi əlamət olub bir genlə idarə olunur. Bu gen 1 yox, 3 allelə malikdir ki, bunlar da A, B, O simvolları ilə işarə edilir. OO genotipinə malik olan şəxslər I qrupa, AA və AO genotipinə malik olan şəxslər II qrupa, BB və BO genotiplər III qrupa və nehayət, AB genotiplər IV qrupa aiddirlər (qeyd etmək lazımdır ki, A və B allelləri O alleli üzərində dominant olub, lakin onlar bir-birinin üzərində dominant deyillər). Ananın qanı II qrup, atanın qanı I qrup olarsa, onların uşaqları hansı qan qrupuna malik olacaqdır?

7. Doğum evində oğlan və qız uşaqlarının valideynləri səhv salınmışdır. Tədqiqat göstərmişdir ki, oğlan uşağı I, qız uşağı III qrup qana malikdir. Onlardan birinci uşağın validenylərindən biri I qrup, ikinci valideyn isə II qrup qana malik olmuşdur. İkinci uşağın valideyninin biri II qrup, ikincisi isə IV qan qrupuna daxildir. Uşaqlardan hansının kimə aid olduğunu müəyyən edin. Başqa qan qrupu kombinasiyalarında da bunu belə etmək olarmı (misal göstərin)? Hansı vəziyyətdə atanın qan qrupunu təyin etmədən nəticə çıxarmaq olar (6-cı məsələnin şərtinə bax) ?

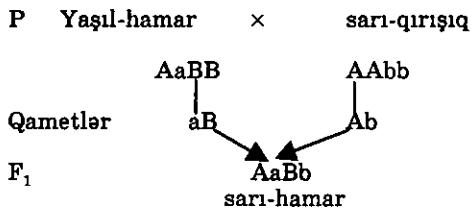
8. Qanı MN qrupuna aid olan insanların nigahından 236 uşaq aşağıdakı qan qrupları ilə dünyaya gəlmışlar: 57 uşaq MM qan qrupu ilə, 120 uşaq MN qan qrupu ilə, 59 uşaq NN qan qrupu ilə. Bu qan qrupları nəslə necə ötürülür?

TAPŞIRIQ 11

DİHİBRİD VƏ TRİHİBRİD ÇARPAZLAŞDIRMA

Siz əvvəlki bölmədə bir-birindən bir cüt alternativ əlamətlə fərqlənen valideynlərin çarpazlaşdırılmasında irliliklə tanış oldunuz. Məlumdur ki, hər bir cinsə, sorta, populyasiyaya, növə və s. daxil olan fəndlər bir-birindən çoxlu əlamətləri ilə fərqlənir. Bir-birindən iki cüt alternativ əlaməti ilə fərqlənenən valideynlərin çarpazlaşdırılmasına

dihibrid çarpanlaşdırma deyilir. Məsələn, drozofil milçeyində valideynlərdən birinin bədəni boz (normal) rəngli, qanadları rudiment, digər valideynin bədəni qara rəngli, qanadları normal ola bilər. Noxud bitkisində sortlardan birinin toxumu yaşıl rəngli, forması hamar, digər sortda isə toxumun rəngi sarı, forması qırışiq ola bilər, yəni bu organizmlər bir-biridən 2 cüt alternativ əlamətlə: rənginə (yaşıl-sarı) və formasına (hamar-qırışiq) görə fərqlənir. Bu sortların çarpanlaşdırılmasından alınan F_1 noxudlarının hamısının toxumları sarı və hamar olur. Burada Q. Mendelin birinci nəslin eyniliyi qanunu özünü göstərir. Məlum olur ki, sarılıq yaşıllıq, hamarlıq isə qırışılıq üzərində dominantlıq edir. Odur ki, siz sarılıq əlamətini A, yaşıllığı a ilə, hamarlığı B, qırışılığın b ilə işarə edə bilərsiniz. Göstərilən yaşıl-hamar toxumlu noxudun genotipi $aabb$, sarı-qırışiq toxumlu noxudun genotipi $AAbb$ olacaqdır. Bu bitkiler homoziqot olduğundan meyoz prosesində aB və Ab qametlərini əmələ gətirərək, həmin qametlərin bir-birini mayalandırmasından $AaBb$ genotipli dihibrid nəsillər yaranacaqdır.



Birinci nesildən olan hibridlərdə a və b genləri olmasına baxmayaraq, dominant A və B allelli onların fenotipik təsir göstərməsinə mane olur. F_2 nəsil almaq üçün F_1 -in hansı tipdə qametlər yaradacağı ilə tanış olaq. Qametlərin saflığı hipotezindən bizə məlumdur ki, allel genlərdən hər qametə biri düşür. Götürdüyümüz iki cüt allel genlərin hər cütü qeyri-homoloji xromosumlarda yerləşir. Meyoz prosesində, qametlər əmələ gələn zaman qeyri-homoloji xromosomlar bir-birindən asılı olmadan, sərbəst olaraq hüceyrənin qütblərinə çekilir (reduksion bölünmədə). Bu da

diheterozygotluqda əmələ gəlmış qamet tiplərinin miqdarını müəyyən edir. Nəticədə 2 cüt allelin eyni ehtimalda kombinasiyası 4 tipdə qamet verə bilir, yəni A alleli eyni ehtimalda B və b allel genləri ilə, a allel geni də eyni ehtimalda B və b allel genləri ilə kombinasiyaya girərsə, aşağıdakı tipdə qametlərin əmələ gəlməsi gözlənilir, AB, Ab, aB, ab.

Göstərilən tip qametlər normal şəraitdə eyni nisbətdə əmələ gelir. F_1 hibridləri qametogenetikdə 4 tipdə, həm dişi cinsiyyət hüceyrəsi (yumurta), həm də erkək cinsiyyət hüceyrəsi (spermatozoid) əmələ getirəcəkdir. F_1 hibridlər tozlandıqda (noxud bitkisi öz-özünü tozlaşdırın bitkidir), həmin qametlərin eyni ehtimalda mayalanması nəticəsində F_2 nəsildə fenotipcə 4 tipdə—müxtəlif formada və rəngdə noxudlar gözlənilir: 1) sarı hamar, 2) sarı-qırışiq, 3) yaşıl-hamar və 4) yaşıl-qırışiq. Lakin əmələ gəlmış 16 kombinasiyadan 9/16 hissə sarı-hamar, 3/16 hissə sarı-qırışiq; 3/16 hissə yaşıl-hamar və 1/16 hissə yaşıl qırışiq toxumlardan ibarət olur.

Nesillərdə genotipə görə parçalanmanın müəyyən etmək üçün genetik Pennetin tərtib etdiyi cədvəldə istifadə etmək yaxşı olardı. Bu cədvəlin yuxarısında soldan sağa erkək cinsiyyət qametləri, sol tərəfində isə yuxarıdan aşağı dişi cinsiyyət qametləri göstərilir. Yazılmış 4 tipdə qametlər arasından şəqli və üfüqi xətlər çəksək, 16 xana alınar. Həmin xanalarda erkək və dişi cinsiyyət hüceyrələrinin kombinasiyalarını yazsaq, alınacaq fenotip və genotipləri müəyyən edə bilərik (cədvəl 12).

Cədvəl 12

Pennet cədvəli

σ^{σ}	AB	Ab	aB	ab
♀	AABB	AABb	AaBB	AaBb
AB	AABb	Aabb	AaBb	Aabb
Ab	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
aB	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
ab				

Cədvəldə hər iki əlaməti (forma və rəngi) ayrılıqda analiz edək: alınış 16 kombinasiyadan 12 hissə toxum sarı, 4 hissə toxum isə yaşıl rəngdədir. Başqa sözlə, hər üç sarı toxuma bir yaşıl toxum düşür. Əlamətlərin belə nisbətdə parçalanmasını monohibrid çarpzlaşdırımda F_2 -də görmüşdük. Elecə də noxudlar formasına görə də 12/16 hissə hamar və 4/16 hissə qırışq olur, yəni 3:1 (12:4) nisbətində parçalanma verir. Beləliklə, dihibrid çarpzlaşdırımda Mendelin parçalanma qanunu meydana çıxır. Lakin dihibrid çarpzlaşdırımda F_2 -də hər bir cüt alternativ əlamət (sarı-yaşıl və hamar-qırışq) özünü sərbəst apararaq, mümkün olan bütün ehtimallarda kombinasiyalar əmələ gətirir. Odur ki, alternativ əlamətlər F_2 -də bir-birindən asılı olmadan 3:1 nisbətində parçalanma verir. Buradan da əlamətlərin sərbəst paylanması qanunu müəyyənləşdirildi. Bu hadisə nəticəsində əmələ gəlmış yeni kombinasiyalar — kombinasiya dəyişkənliyi nəticəsində F_2 -də valideyn formalarından başqa yeni əlamətli sarı-hamar və yaşıl-qırışq toxumların meydana çıxmasıdır.

Biz dihibrid çarpzlaşdırımda F_2 -də parçalanmayı monohibrid çarpzlaşmadada baş verən parçalanmaya əsasən müəyyən edə bilerik. Bize məlumdur ki, iki hadisə bir-birindən asılı olmazsa, onların eyni vaxtda baş vermesi həmin hadisələrin bir-birinə vurma hasilinə bərabər olur. Belə olduqda dihibrid çarpzlaşmadada fenotipik parçalanma monohibrid çarpzlaşmadada F_2 , fenotipik parçalanmaların vurma hasilinə bərabər olacaqdır:

$$(3/4+1/4) \times (3/4+1/4) = 9/16 + 3/16 + 3/16 + 1/16 \quad \text{yəni,}$$

9:3:3:1 nisbətləri alınır.

Dihibrid çarpzlaşmadada genotipik parçalanma da monohibrid çarpzlaşmadada F_2 -də alınan genotipik parçalanmaların vurma hasilinə bərabər olacaqdır.

$$(AA+2Aa+aa) \times (BB+2Bb+bb) = 1AABB + 2AAAb + 1AAAb + 2AaBB + 4AaBb + 2Aabb + 1aaBB + 2aaBb + 1aabb.$$

Yəni 1:2:1:2:4:2:1:2:1 nisbətləri alınır.

Əlamətlərin ırsiliyini qısa yolla analiz etmək üçün fenotipik radikaldan da istifadə edilir, yəni bu zaman orqanizmin fenotipi onu müəyyən edən genlərə əsaslanır. Məsələn, aaBB genotipləri aB fenotipik radikala malikdir.

Belə ki, fenotipik B radikalı arxasında dominant B və ya resessiv b allelli dura bilər. Odur ki, B radikalından sonra tire (B-) qoyulur. Eyni zamanda fenotipik a alleli ola bilər. Odur ki, a radikalının genotipi aa yazılır. Eləcə də, Aabb genotiplərin də radikalı Ab kimi yazılır. Bunları nəzərə alaraq fenotipik radikallara əsasən genotipləri göstərə bilərik. Bizim misalımızda hibrid AaBb dörd tipdə qamet verir. Bu qametlər eyni zamanda F₂ hibridlər üçün fenotipik radikallar ola bilər. Dihibrid çarpazlaşdırılmada belə bir sədə qayda müəyyənləşdirilmişdir: fenotip-radikalda heç bir dominant alleli olmayan fenotiplərin (məsələn, aabb) meydana çıxmazı ehtimalı vahidə bərabərdir. Fenotipik radikalda dominant genləri olan fenotiplərin meydana çıxmazı ehtimalı əmsalı 3 olmaqla, radikaldakı qeyri-allel dominant genlərin hasilinə bərabərdir. Məsələn, A—bb radikalının əmsalı bərabərdir 3¹=3, onda A—B—radikalının əmsalı 3² = 9 olacaqdır. Bu qaydaya əsasən ikinci nesildə fenotipik parçalanma radikallara görə belə yazıla bilər: 9A—B—, 3A—bb, 3aaB—, 1aabb.

Əlamətlərin sərbəst paylanması qanunu çarpazlaşma zamanı nəzərə alınan qeyri-allel genlər müxtəlif homoloji xromosumlarda yerləşdikdə özünü doğruldur.

Əlamətlərin sərbəst paylanması qanununun əsasında bioloji proseslərin durmasına baxmayaraq, onun fenotipik təzahürü statistik xarakter daşıyır. Odur ki, onun təzahürünün həqiqətə uyğunluq ehtimalı statistik hesablanır.

Dihibrid çarpazlaşdırılmasına aid təcrübələrin qoyulması

Məşğələnin məqsədi. Dihibrid çarpazlaşdırımada məqsəd tələbələri əlamətlərin irsiliyi (dominantlıq, parçalanma, əlamətlərin sərbəst paylanması) qanunları ilə tanış etməkdən ibarətdir.

Tapşırıq 1. Çarpazlaşdırma üçün mutantların seçilmesi. 2. Mayalanmamış dişi milçəklərin seçilmesi. 3. Çarpazlaşdırmanın aparılması. 4. F₁ hibridlərin analizi. 5. F₂ nəsil almaq məqsədiñ F₁ hibridlərin çarpazlaşdırılması. 6. F₂ nəslin analizi.

Material və ləvazimat. İçerisində təzə qidalı mühit olan stekanlar. Çarpazlaşdırma aparmaq üçün mutant *ebony* və *vestigial* xətləri. Hər tələbəyə drozofillə analiz aparmaq üçün bir kompleks əşyalar (bax, səh. 67) verilir.

İşin izahı. Dihibrid çarpazlaşdırma apararkən əsas şərtlərdən biri götürülmüş hər iki cüt allelin qeyri-homoloji xromosumlarda yerləşməsidir. Çarpazlaşdırma aparacağımız *vestigial* (vg) xəttinin qanadları rudiment olub, həmin əlameti idarə edən resessiv gen II xromosomda yerləşir. Bədəni qara edən *ebony* (e) geni də resessiv olub, III xromosomda yerləşir. Odur ki, dihibrid çarpazlaşdırında bir yox, iki qeyri-homoloji xromosumlarda yerləşən genlər nəzərə alınır. Ümumiyyətə, resissiv genin normal alleli "+" işaretisi ilə göstərilir. Bunları nəzərə alaraq çarpazlaşmadada götürülmüş mutantların genotipini və çarpazlaşma sxemini belə yaza bilərik:

Xromosomlar:	II	III	II	III
Genotiplər:	♀ $\frac{+}{+}$	$\frac{e}{e} \times \sigma$	$\frac{vg}{vg}$	$\frac{+}{+}$

Bu sxemi izah edək: hər bir milçək iki cüt diploid xromosomla (iki xətlə) və hər xromosom da resessiv genlər və ya onların normal allelləri ilə göstərilir. Sxemdə erkək və dişinin II xromosomu birinci, III xromosomu isə ikinci yazılır. Bu sxemi belə oxumaq olar: dişlərdə *ebony* (qara bədən) geni III xromosomda homozigot vəziyyətdə yerləşir. Erkekler isə bu əlamətə (genə) malik deyil. Odur ki, erkəklər II xromosomun homoloji lokusu — *ebony* geninin normal allellerini daşıyır. Dişilərin əksinə olaraq erkək milçəklər rudiment qanadlara malikdir. Həmin əlamətin (*vestigial*) genləri II xromosomda yerləşir. Qara bədənli dişi milçəklərdə bu əlamət yoxdur. Odur ki, onların II xromosomunun homoloji lokusu "+" işaretisi, yə vg geninin normal alleli ilə göstərilir. Hər iki milçək göstərilən əlamətlərə görə homoziqotdur. Homoziqot orqanizmlər bir tipdə qanət əmələ gətirir. Beləliklə, çarpazlaşma üçün götürdüyüümüz dişi

ebony milçeyin III xromosomunda e geni olan ve II xromosomda vg geninin normal alleli olan bir tipde qametlər verəcəkdir. Erkək *vestigial* milçəkləri də II xromosomunda vg və III xromosomunda e geninin normal alleli olan bir tipdə spermalar əmələ gətirəcəkdir. Beləliklə, valideynlərin qametləri aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$\text{♀ } \pm \text{ e}; \quad \text{♂ } \underline{\text{vg}} \pm$$

Bu qametlərin mayalanma prosesində birləşməsi nəticəsində aşağıdakı genotipli hibridlər (erkək və dişilər) əmələ gələcəkdir.

$$F_1 \text{ ♀ və ♂} \begin{array}{c} + \\ \hline \text{vg} \end{array} \begin{array}{c} e \\ \hline + \end{array}$$

Cədvəl 13

*F*₂

♀ \ ♂	± ±	± e	vg ±	vg e
± ±	± ± + +	± + + e	vg ± + +	vg e + +
± e	± ± + e	± e + e	vg ± + e	vg e + e
vg ±	± ± vg +	± e vg +	vg ± vg +	vg e vg +
vg e	± ± vg e	± e vg e	vg ± vg e	vg e vg e

Hər iki resissiv gen hibridlərdə heterozygot vəziyyətə keçir və fenotipik olaraq üzə çıxmır. Odur ki, *F*₁-dən olan bütün hibridlər normal əlamətli: bədəni boz, qanadları normal olacaqdır.

Biz *F*₁ hibridləri çarpanlaşdırısaq 13-cü cədləvdəki nəticəni ala bilərik (bax, cədvəl 12).

İşin yerinə yetirilməsi. 1. Dihibrid çarpanlaşdırma aparmaq üçün 2–3 vergin *ebony* dişi milçəkləri seçib onları

3-4 erkək milçəklərlə təzə qidalı mühiti olan stəkanlara salınır.

Təcrübə qoyulduğdan 10-12 gün sonra stəkanlarda F_1 milçəkləri kütləvi çıxmağa başlıdıqda, onları efirdə yatırdıb analiz edirik. Onların hamısı normal: boz rəngli bədən və normal inkişaf etmiş qanadlara malik olacaqdır.

F_1 hibridlərdən F_2 almaq üçün azı 3-5 stəkandan hər birinə 2-3 dişi və 4-5 erkək milçək salmaqla təcrübə qoyulur. Təcrübə qoyulandan 10-12 gün sonra stəkanlardan F_2 milçəklərin' kütləvi çıxımı başlayır. Bu vaxtdan başlayaraq milçəklər efirdə yatırdılır və analiz edilir.

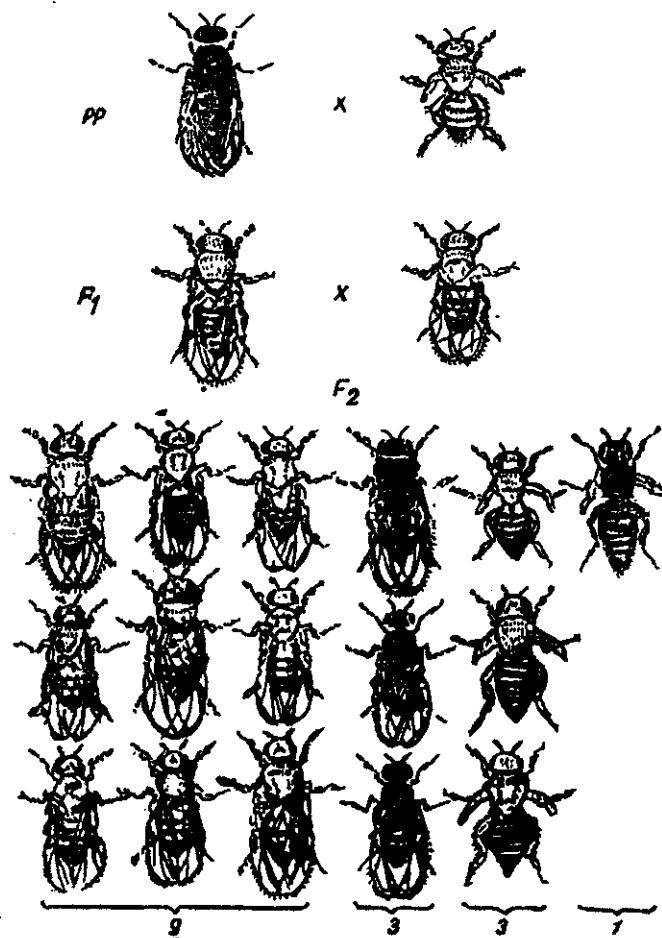
Milçəklərə diqqətlə nəzər yetirdikdə onlar arasında 4 tipdə fenotiplərə: bədəni boz—qanadları normal, bədəni boz—qanadları rudiment, bədəni qara—qanadları normal və bədəni qara—qanadları rudiment milçəklərə rast gəlirik (şəkil 19). Milçəklərin analizini 4 dəfə günaşırı apararaq, hər fenotipdən olan formaları müəyyən edib, cədvəldə ayrılıqda qeyd etməli.

Alinmış nəticəni hər bir tələbə ümumiləşdirib statistik üsulla parçalanmanın həqiqilik ehtimalını hesablayır. Parçalanmanın həqiqilik ehtimalı qrupun bütün tələbələrinin əldə etdiyi material ümumiləşdirilib hesablandıqda daha yaxşı nəticə alınır (cədvəl 13).

Cədvəldə siniflərin sayı 4 olduğundan sərbəst kəmiyyətin miqdarı 3 olur. Belə olduqda həqiqilik ehtimalı 0,75-dən böyükdür. Deməli, parçalanmada müşahidə edilən kənarlanma təsadüfi olub, drozofil milçəyi üzərində apardığımız çarpezlaşdırımda əlamətlərin parçalanması 9:3:3:1 nisbetinə uyğun gəlir:

$$\chi^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,09 + 0,23 + 0,16 + 0,59 = 1,07$$
$$n'=3 \quad p > 0,75$$

Trihibrid çarpezlaşdırma. Drozofil milçəyində üç əlamətə görə çarpezlaşdırma aparmaq üçün hər bir cüt autosom xromosomda (II, III, IV xromosomlarda) yerləşən genlərdən istifadə edək.



Şekil 19. Dihibrid çarbazlaşdırma (*ebony* x *vestigial*).
Əlamətlərin sərbəst paylanması.

Bu məqsədlə II xromosomda yerləşən *brown* (gözləri qonur rəngli edən) resessiv genindən, III xromosomda yerləşən *ebony* (bədəni qara edən) genindən və IV xromosomda yerləşən *eyeless* (gözləri inkişafdan qoyan) genindən istifadə edə bilərik. Belə 3 resessiv mutant əlamətlərə malik

olan dişi milçekləri hər 3 əlamətlərə görə normal olan erkək milçeklərlə çarpezlaşdırıraq (cədvəl 14).

Cədvəl 14

**Dihibrid çarpezlaşdırımda (*ebony x vestigial*)
*F*₂-de alınmış milçeklərin analizi**

Cəmi	Alınmış milçeklər			
	bədəni boz, qana- di nor- mal	bədəni boz, qanadı rudi- ment	bədəni qara, qanadı nor- mal	bədəni qara, qanadı rudi- ment
Bir tələbə tərəfindən alınan milçeklər	176	95	31	38
Faktiki parçalanma, qrupun bütün tələbələri tərəfindən alınan milçeklər (p)	3264	9 1823	3 624	3 602
Gözlənilen nisbet		9	3	1
Nəzəri gözlənilen parçalanma (q)	3264	1836	612	612
Kənarlanma (d)	—	13	12	10
				215
				204
				11

Validəyn formadan olan milçeklərin çarpezlaşdırılma sxemini belə yaza bilərik:

$$P \text{ ♀ } \frac{bw}{bw} \quad \frac{e}{e} \quad \frac{ey}{ey} \times \sigma \quad \frac{+}{+} \quad \frac{+}{+} \quad \frac{+}{+}$$

Artıq bize məlumdur ki, homoziqot organizmlər bir tipdə qamet emələ gətirir. Bizim təcrübəmizdəki validəyn formaları hər 3 əlamətə görə homoziqot olduğundan, aşağıdakı tipdə qametlər vərə bilər.

$$\text{Qametlər: } \frac{bw}{bw} \quad \frac{e}{e} \quad \frac{ey}{ey}; \quad \pm \pm \pm$$

Belə qametlərin mayalanması nəticəsində triheteroziqot hibridlər alınır.

$$F_1 \quad \frac{+}{bw} \quad \frac{+}{e} \quad \frac{+}{ey}$$

Bizə məlumdur ki, triheteroziqot organizmlər $2^3 = 8$ tipdə qamet emələ gətirə bilər. Onda biz həmin qametləri Pennet cədvəlinin üst və yan hissəsinə yazmaqla alınacaq bütün kombinasiyaları 64 xanada yaza bilərik (cədvəl 15).

Trihbrid çaprazlaşdırma (*brown–ebony–eyeless*×*Normal*)

PP: ♀ II III IV
bw e 'ey X ♂ + + + Gametier: ♀ II III IV
bw e ey ♂ + + + + + + F₁ ♀ vs ♂ b w e 'ey

F₅

<u>q</u>	<u>d</u>	+ + +	+ + ey	+ e +	bw + +	+ e ey	bw + ey	bw e +	bw e ey
+	+	+	+	+	bw	+	bw	+	bw
+	ey	+	ey	+	bw	ey	bw	ey	bw
+	e	+	ey	+	bw	ey	bw	ey	bw
bw	+	+	ey	bw	+	ey	bw	ey	bw
+	e	ey	+	ey	bw	+	bw	+	bw
bw	+	ey	bw	+	bw	+	bw	+	bw
bw	e	+	ey	bw	e	+	bw	e	bw
bw	e	ey	bw	e	bw	e	bw	e	bw

Dihibrid çarpazlaşdırımda F_2 nesildə təfsilatı ilə fenotip və genotiplerin analizini verdikdən sonra, trihibrid çarpazlaşdırımda F_2 -də alınmış milçəklərin belə geniş analizinə ehtiyac yoxdur. Yəmumiyyətlə, cədvəldən göründüyü kimi, fenotipə görə belə parçalanma gedir: hər üç dominant əlamətli milçəklər ümumi milçəklərin $27/64$ hissəsini, iki dominant bir resessiv əlamətli milçəklər üç tip olub, hər bir tip $9/64$ hissəsini, bir dominant iki resessiv əlamətli milçəklər də üç tip olub, hər bir tip $3/64$ hissəsini və nəhayət, üç resessiv əlamətli milçəklər $1/64$ hissəsini teşkil edir:

27 Normal: 9 brown: 9 ebony: 9 eyeless: 3 brown-ebony: 3 ebony-eyeless: 3 brown-eyeless: 1 brown-ebony-eyeless.

Əgər bu çarpazlaşdırımda F_2 -də alınan milçəkləri hər bir cüt alternativ əlamətlərinə görə analiz edib, digər iki əlamətləri nəzərə almasaqla, onda bir monohibrid çarpazlaşdırımda olduğu kimi hər bir cüt alternativ əlamətlərin $3:1$ ($45:15$) nisbetindən parçalandığını görə bilərik. Yəni hər bir cüt alternativ əlamətin digər qeyri-alternativ əlamətdən asılı olmadan nesildə sərbəst paylanması baş verər.

Deməli, trihibrid çarpazlaşdırımda da əlamətlərin eyniliyi (F_1 -də), əlamətlərin parçalanması (F_2 -də) qanunları və bu zaman qeyri-allel əlamətlərin biri digərindən asılı olmadan nesildə sərbəst paylanması qanununun şahidi olurraq.

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. Pomidor bitkisində gövdənin purpur (açıq qırmızı) rəngi yaşlılıq, yarpaqların kənarının parçalanması yarpaqların kənarının tamlığı üzərində dominantlıq edir. Bu əlamətlər sərbəst nəslə ötürülür. Aşağıda göstərilən hər bir çarpazlaşdırımdan alınan nəticelərə əsasən valideyn formaların ən çox ehtimal olunan genotiplərini müəyyən edin (cədvəl 15°).

Həlli:

Sərtə görə: A —purpur, a —yaşıl rəng, B —yarpağın kənarı parçalanmış, b —yarpağın kənarı tam.

Birinci çarpazlaşdırma: hər iki valideyn A və B allellerinə malikdir, yəni hər iki dominant əlaməti daşıyır.

F_1 -de parçalanmanın her iki əlamətə görə baş verməsi valideynlərin heterozygotluğunu, yəni AaBb genotipinə malik olmasının göstərir. Şərtimizə görə əlamətlər sərbəst nəslə ötrülür. Deməli, parçalanma 9:3:3:1 nisbətinə uyğun gəlir və χ^2 -nın cavabı bunun doğruluğunu sübut edir.

Cədvəl 15^a

Valideyn bitkilerin əlamətləri	Nəsildə bitkilerin miqdarı			
	purpur rəng, parçalanmış yarpaq	purpur rəng, kənarı tam yarpaq	yaşıl rəng, parçalanmış yarpaq	Yaşıl rəng, kənarı tam yarpaq
1.Purpur-parçalanmış purpur-parçalanmış	×	390	112	128
2.Purpur-tam kənar parçalanmış	×	168	175	148
3.Purpur-parçalanmış yaşıl-tam kənar	×	136	—	—
4.Yaşıl-tam kənar × yaşıl tam kənar	—	—	—	186

İkinci çarbazlaşdırma: şərtimizə görə valideynlərdən biri purpur gövdəyə və tam kənarlı yarpaqlara, digəri yaşıl və kənarları parçalanmış yarpaqlara malikdir. F_1 -de parçalanmanın her iki əlamətə görə müşahidə olunması, valideynlərin müxtəlif genlərə görə heterozygot Aabb və aaBb olduğunu göstərir. Parçalanma 1:1:1:1 nisbətinə uyğun gəlir, yəni burada hər bir cüt əlamət üçün analizedici çarbazlaşdırma aparılır.

Üçüncü çarbazlaşdırma: şərtimizə görə gövdəsi purpur rəngli, yarpaqların kənarı parçalanmış olan bitkilerin genotipində A və B alleləri, yaşıl gövdəli və yarpaqları tam kənarlı bitkiler isə aabb genotipinə malik olmalıdır. F_1 bitkileri arasında parçalanmanın getməməsi birinci valideynin hər iki allele görə homoziqot (AABB) olmasını göstərir.

Dördüncü çarbazlaşdırımda, şərtimizə görə gövdəsi yaşıl və yarpaqları tam kənarlılıq əlamətlərinin hər ikisi ressesiv xarakter daşıyır və həmin valideynlərin çarbazlaşdırılması parçalanma vermir. Deməli, onlar aabb genotipinə malik olmuşdur.

Məsələ 2. Çiçəyi qırmızı, pilorik (uzunsov) və sarı ziqomorf (qırışiq) formada olan qurdağzı bitkileri arasında çarpanlaşdırma aparılmışdır. F_1 -də bütün bitkiler çəhrayı rəngli və ziqomorf olmuşsa, F_2 -də:

78 bitki qırmızı-ziqomorf,
188 bitki çəhrayı-ziqomorf,
90 bitki sarı-ziqomorf,
30 bitki qırmızı-pilorik,
56 bitki çəhrayı-pilorik,
26—bitki sarı-pilorik olmuşdur.

Cəmi —468

Burada əlamətlərin irsiliyi necədir? Başlanğıc valideynlərin genotipini müəyyən edin. F_2 -də qırmızı-ziqomorf çiçəkli bitkilərin hansı hissəsi bu əlamətlərə görə homoziqot olacaqdır?

Məsələnin şərtinin qısa təsviri

Qurdağzı bitkisində çiçəyin rənginin və formasının irsiliyi

P	qırmızı-pilorik × sarı-ziqomorf
F_1	çəhrayı-ziqomorf
F_2	Altı fenotipik forma

Həlli:

1. Hər bir əlamətin irsiliyinin analizi
 - a. çiçəyin rəngi:
 1. F_1 -də rəngin eyniliyi ilkin bitkilərin homoziqot olmasını göstərir.
 2. F_2 -də parçalanma

	qırmızı	çəhrayı	sarı
	78	188	90
Cəmi:	<u>30</u>	<u>56</u>	<u>26</u>
	<u>108</u>	<u>244</u>	<u>116</u>

Parçalanmanın 3 fenotipik sınıfda baş vermesi ve F_1 -de aralıq rəngin əmələ gəlməsi bu əlamətin natamam dominantlıqla monogen parçalanmasını zənn etməyə imkan verir. Parçalanmada qametlərin mümkün olan 4 kombinasiyasının birleşməsindən əmələ gələn bir kəmiyyəti (sınıfı) müəyyən edək: $468:4=117$.

Təcrübədə parçalanma:

$$\begin{aligned} \text{qırmızı} & - 108:117 = 0,9 \\ \text{çəhray} & - 244:117 = 2,1 \\ \text{sarı} & - 116:117 = 1,0 \end{aligned}$$

burada, parçalanma təxminən $1:2:1$ nisbətində baş verir. χ^2 hesablanması natamam dominantlıqla əlamətlərin monogen parçalanmada $1:2:1$ nisbətində tam uyğun olduğunu göstərir; yəni sıfır hipotezini inkar etmir.

Nəticə. Başlangıç valideyn bitkilərin çiçeyinin rənginin irsiliyinə bir cüt allel genin natamam dominantlığı ilə nezərət olunur: AA ilə qırmızı, aa ilə sarı rəng.

b. Çiçeyin forması:

1. F_1 -in çiçəyi formasına görə eyniliyi başlangıç valideyn bitkilərin həmin əlamətə görə homoziqotluğunu göstərir.

2. F_2 -də parçalanma: ziqomorf—356 və pilorik 112 olmasına, iki fenotipik sınıfın təxminən $3:1$ nisbətində monogen parçalanmasını göstərir. χ^2 -nin hesablanması bunu bir daha sübut edir.

3. Əgər ziqomorfluğu— B , pirolikliyi— b ilə işaret etsək: onda başlangıç valideyn bitkilərin genotipini: BB—ziqomorf, bb ilə pilorikliyi yaza bilərik.

Nəticə. Çiçeyin forması—ziqomorfluq piroliklik üzərində dominantlıq etməklə, bir cüt allellə idarə olunur.

II. İki əlamətin birgə irsiliyinin analizi. Hər iki əlamət bir-birindən asılı olmadan nəslə ötürürlür. Bu zaman ehtimal nəzəriyyəsinə görə hər iki əlamətin parçalanması belə olmalıdır: $(1AA: 2Aa:1aa) \times (3B: 1bb) = 3AAB: 6AaB: 3aaB: 1AAbb: 2AAbb: 1aabb$ parçalanmada qametlərin mümkün olan birləşməsi nəticəsində bir sınıfın kəmiyyətini müəyyən edək— $468:16=33,2$. Təcrübədə parçalanma $78:33,2 = 2,3$: $188:33,2 = 5,7$: $90:33,2 = 2,7$; $30:33,2 = 0,9$; $56:33,2 = 1,7$;

$2:33,2=0,8$ olur. Yeni təxminən prçalanma $3:6:3:1 :1:1$ nisbətində baş verir. Burada χ^2 hesablandıqda sıfır hipotezi (H_0) inkar olunmur.

Nəticə. Əlamətlər sərbəst nəslə ötürülür. F_2 -də 78 bitki qırmızı-ziqomorf çiçəklərə malik olur, bunlardan $1/16$ hissə AABB genotipli və $2/16$ hissə AABb genotiplidir. Beləliklə, onlardan ancaq $1/3$ hissə iki dominant əlamətlərə görə homozigot olur.

III. Nəticələr

1. Çiçəyin rənginin irsiliyi bir cüt allelin natamam dominantlığı ilə idarə olunur.

2. Çiçəyin formasının irsiliyində ziqomorfluq pilorik üzərində tam dominantlıq təşkil edir və bir cüt allellə idarə olunur.

3. Çiçəyin rəngi və forması əlamətləri bir-birindən asılı olmadan nəslə ötürülür.

4. Başlangıç valideyn bitkilerin genotipi: qırmızı-pilorki—AAbb; sarı ziqomorf—aaBB olur.

Məsələ 3. İnsanlarda sağaxaylıq-solaxaylıq, qonur gözlük-mavi gözlük üzərində dominantlıq təşkil edir. Qonur göz—sağaxay qadınla mavi göz—sağaxay kişinin nigahından qonurgöz—solaxay və mavigöz—sağaxay iki övlad dünyaya gəlmışdır. Həmin kişinin digər qonurgöz sağaxay qadınla nigahından 9 qonurgöz—sağaxay uşaq doğulmuşdur. Bütün bu 3 valideynin ən çox ehtimal olunan genotipləri necə olur? İkinci qadının heterozygotluq ehtimalını müəyyən edin.

Məsələnin şərtinin təsviri

Gözün rənginin və sağaxaylığının irsiliyi.

1.P ♀ Qonurgöz—sağaxay x ♂ mavigöz—sağaxay

F_1 mavigöz—sağaxay

Qonurgöz—solaxay

2.P ♀ qonurgöz—sağaxay x ♂ mavigöz—sağaxay

F_1 qonurgöz sağaxay

Həlli:

Şərtimizə görə D —qonurgöz, d —mavigöz, B —sağaxaylıq, b —solaxaylıq. Deməli, kişinin genotipi $ddB-$, hər iki qadının genotipi $D-B-$ göstərilə bilər.

1. Birinci qadının uşaqlarında resessiv əlamətin üzə çıxması onun hər iki genə görə heteroziqot olmasını və kişinin b geninə görə heteroziqotluğunu sübut edir. Yəni, birinci qadın $DdBb$, kişi isə $ddBb$ genotipinə malik olmuşdur.

2. İkinci qadından doğulan 9 uşağıın hamısının qonurgöz və sağaxay olması ananın hər iki genə görə homoziqot genotipi— $DDBB$ malik olduğunu göstərir.

Nəticələr. Kişinin genotipi $ddBb$, birinci qadının genotipi $DdBb$, ikinci qadının genotipi— $DDBB$ -dir. İkinci qadından 9 qonurgöz və sağaxay uşaqların ardıcıl doğulması onun heteroziqotluğunu tamam inkar edir.

Dihibrid çarpazlaşdırılmaya aid məsələlər.

1. Vələmir bitkisində normal boy—nəhəng boyluq, tezyetişkənlik—gec yetişkənlik üzərində dominantlıq təşkil edir. Əlamətlərin ırsiliyi sərbəstdir. Normal boylu və tezyetişən nəhəng gecyetişən bitki ilə çarpazlaşdırılmışdır. Başlangıç validenylər homoziqotdur. Hansı nəsildə və hansı ehtimalda homoziqot tezyetişən—nəhəng bitkilər meydana çıxacaqdır?

2. Qırmızı rəngli (dominant) normal boyda (dominant) malik pomidor bitkisi sarı meyvəli (resessiv) cirtdanboylu (resessiv) pomidor bitkisi ilə çarpazlaşdırılmışdır. F_1 hibridlər hansı əlamətlərə malik olacaqdır? F_1 hibridlərin çarpazlaşdırılmasından F_2 -də hansı nisbətdə əlamətlərə malik bitkilər alınacaqdır. Hər iki əlamətin genləri müxtəlif homoloji xromosomlarda yerləşir.

3. Qurdağızı bitkilərinin aşağıdakı tip çarpazlaşdırılmasından hansı nisbətdə fenotiplər və genotiplər alına bilər? (Qurdağızı bitkisində çiçəyin rəngi bir cüt allelin natamam dominantlığı ilə nəzarət olunur, əlamətlərin ırsiliyi sərbəstdir).

a) Qırmızı çiçəkli—orta yarpaqlı X çəhrayı çiçəkli—orta yarpaqlı?

b) çəhrayı çiçəkli—orta yarpaqlı X ağ çiçəkli—dar yarpaqlı?

v) Ağ çiçekli—orta yarpaqlı X kırmızı çiçekli—enli yarpaqlı?

Başlangıç valideyn bitkilərin genotipi necə olmuşdur?

4. Normal sünbülli və yarpağında kırmızı sırgaları olan çovdar bitkisinin sünbülli şaxeli, ağ sırgalı bitki ilə çarpazlaşdırılmasından alınan hibridlər normal sünbülli və kırmızı sırgalı olmuşdur. F_2 parçalanma baş vermişdir: 254 bitki normal sünbülli—kırmızı sırgalı, 75 bitki normal sünbülli—ağ sırgalı, 91 bitki şaxeli sünbülli—kırmızı sırgalı və 28 bitki şaxeli sünbülli—ağ sırgalı olmuşdur. Əlamətlərin nəslə necə ötürüldüyünü, valideynlərin və F_1 -in genotiplərini müəyyən edin. F_2 -də neçə hissə şaxeli sünbülli—kırmızı sırgalı bitkiler homoziqot olacaqdır?

5. Rəngi qara və kəkilli toyuq və xoruzlardan —24 qara—kəkilli, 9 boz—kəkilli, 11 qara—kəkilsiz və 3 boz—kəkilsiz balalar alınmışdır. Əlamətlərin irsiliyi və validenylərin genotipi necə olmuşdur? Parçalanmanın χ^2 üsulu ilə hesablamayaqla həqiqilik ehtimalını müəyyən edin.

6. Adadovşanlarında qara rəng—ağ rəng, qısa yunluq—uzun yunluq üzerinde dominantlıq təşkil edir. Qara—uzun yunlu dovşanların ağ—qısa yunlu dovşanlarla çarpazlaşdırılmasından 15 bala alınmış və onların hamısı eyni əlamətlərə malik olmuşdur. F_1 -dən olan dovşanların çarpazlaşdırılmasından 156 qara—qısa yunlu, 47 qara—uzun yunlu, 57 ağ—qısa yunlu və 18 ağ—uzun yunlu dovşanlar alınmışdır. Əlamətlərin irsilik tipini, F_1 hibridlərin genotipini və F_2 -də alınmış qara—qısa yunlu dovşanların genotiplərini müəyyən edin. Parçalanmanın həqiqilik ehtimalını χ^2 üsulu ilə hesablayın.

7. Kırmızı rəngli buynuzlu ineklərlə sarı rəngli buynuzsuz buğanın çarpazlaşdırılmasından 8 sarı—buynuzlu, 10 sarı—buynuzsuz, 7 kırmızı—buynuzsuz və 9 kırmızı—buynuzlu buzovlar alınmışdır. Rəng və buynuz əlamətlərinin irsiliyini müəyyən edin. Başlangıç valideynlərin genotipi necə olmuşdur?

8. Buynuzlu qara qoç buynuzsuz ağ qoyunla çarpazlaşdırılmışdır. Onların erkək balalarının $1/4$ hissəsi buynuzlu—ağ, $1/4$ hissəsi buynuzlu—qara, $1/4$ hissəsi buynuzsuz—ağ, $1/4$ hissəsi buynuzsuz—qara, dişi quzuların $1/2$ hissəsi

buynuzsuz—ağ ve 1/2 hissesi buynuzsuz—qara olmuşdur. Başlangıç validenylərin genotipi necə olmuşdur? (Qoyunlarda ağ rəng dominantdır. Qoçlarda buynuzluq buynuzsuzluq üzərində dominant, dişilərdə isə resessivdir).

9. Donuzlarda qılçıqların ağ rəngi qara rəng üzərində, bir barmaqlılıq isə ikibarmaqlılıq üzərində dominant olur.

İki qaban—N4, N6 bir barmaqlı ayaqlara ve ağ qılçıqlara malikdir. Qabanlardan biri (N4) dişi donuzlarla çarpazlaşdırıldıqda ağ—bir barmaqlı çoskalar alınır. İkinci qaban—N6 qara donuzlarla çarpazlaşdırıldıqda 1/2 hissə ağ ve 1/2 hissə qara nəsil verir, iki barmaqlı donuzlarla çarpazlaşdırıldıqda 1/2 hissə bir barmaqlı və 1/2 hissə ikibarmaqlı çoskalar alınır. Qabanların genotipini müəyyən edin.

10. Talassemiya—qanda irsi xəstəlik olub, bir genin təsirindən baş verir. Həmin gen homoziqot vəziyyətdə çox ağır xəstəlik—böyük talassemiya əmələ gətirir. Adətən, uşaq yaşlarında öldürücü təsirə (tt) malikdir. Heteroziqot vəziyyətdə xəstəliyin yüngül forması—kiçik talassemiya təzahür edir (Tt). Albinosluq resessiv əlamətdir. Albinos uşaq kiçik talassemiyadan əziyyət çəkir. Uşağın validenylərinin genotipini müəyyən edin. Belə valideynlərdən digər genotipli övladlar gözlənilirmi?

11. Ata kar və kor (resessiv əlamətdir), ana hər iki əlamətə görə sağlamdır. Bunlardan 5 uşaq dünyaya gəlmış və onların hamısı kar və kor olmuşlar. Bunu ata irsiyyəti ilə izah etmək olarmı? Bu uşaqlar böyüdükdə normal gənclərlə nigahından hər 5 ailədə normal uşaqlar dünyaya gəlmüşdir. Valideynlərin və uşaqların genotipini müəyyən edin.

Trihibrid çarpazlaşdırılmaya aid məsələlər

1. Üç əlamətə görə heteroziqot (AaBbCc) iki fərd bir-birile çarpazlaşdırılır. Bu çarpazlaşdırında aşağıdakılari müəyyən etmeli.

- Trihibrid orqanizm neçə tipdə qametlər verər?
- Belə oraqnizmin F_2 nəсли hansı əlamətlərə malik olar?
- Nəsilin hansı hissəsində hər üç dominant əlamətlər üzə çıxar?
- Hər üç əlamətin irliliyi necə baş verər?

2. Bir-biri arasında AAbbDD¹ ve aaBbDD¹ fəndləri çarpazlaşdırılır. A və B genləri öz allelləri üzərində dominant olur. Lakin D və D¹ genləri isə aralıq ırsiliyə malikdir. Aşağıdakıları müəyyən edin:

- a) Bu fəndlərdən hansı tipdə qametlər əmələ gələcəkdir?
- b) F₁-də müxtəlif fenotiplərin miqdarı və onların nisbəti necə olacaqdır?

3. Toyuqlarda ayaqların ləlekliyi (F) — çilpaqayaqlılıq (f) üzərində dominantdır, gülvarı pipik forması (K) — sadə pipik (k) üzərində, ağ ləleklik (J) — rəngli ləleklik (i) üzərində dominantlıq təşkil edir. Ayaqları ləlekli, sadə pipikli və ağ ləlekli triheterozygot toyuq, ayaqları ləlekli, gülvarı pipikli və rəngli ləlekli triheterozygot xoruzla çarpazlaşdırılmışdır. Nəsildə fenotipə görə parçalanmazı müəyyən edin.

Ayaqları ləlekli-gülvarı pipikli—ağ ləlekli toyuq, ayaqları çilpaq-sadə pipikli-rəngli ləlekli xoruzla çarpazlaşdırılmışdır. Bu çarpazlaşdırılmadan alınan cücelərdən birində ancaq xoruzun əlamətləri olmuşdur. Toyuğun genotipini müəyyən etmək olarmı?

TAPŞIRIQ 12

QEYRİ-ALLEL GENLƏRİN QARSILIQLI TƏSİRİ

Əvvəlki bölmələrdən məlum oldu ki, Mendelin fenotipə görə parçalanma qanunları: öyrənilən genlər müxtəlif cüt homoloji xromosomlarda yerləşdikdə və gen müəyyən etdiyi əlamətin inkişafına digər genlərdən asılı olmadan sərbəst təsir etdikdə özünü doğruldur.

İrsilik qanunlarından məlumdur ki, əslində nəslə öttürülən əlamətlər deyil, həmin əlamətlərin inkişafını müəyyən edən genlərdir. Genlərin təsiri fərdi inkişaf (ontogenez) prosesində təzahür edir, yeni genlər mayalanmış və yeni orqanizmi əmələ getirəcək birinci hüceyrədən başlayaraq, fərdin qocalması və təbii ölümünə qədər inkişaf prosesində fealliyət göstərir. Ontogenezdə genlərin təsiri bir çox formalarda təzahür edə bilir.

İnkişaf etməkdə olan orqanizm tam vahid olub, hər bir gen genetik sistemdə mövcuddur. Odur ki, əslində hər bir

əlamət və əlamətlər qrupu ontogenezdə bütün genlərin qarşılıqlı təsirinin nəticəsidir. Fərdin genotipinə daxil olan genlərin ontogenetin ayrı-ayrı mərhələlərində qarşılıqlı təsiri nəticəsində əlamətin inkişafı dəyişilə bilər. Eyni əlamətin inkişafına təsir göstərən müxtəlif cüt genlərin qarşılıqlı təsirinin öyrənilməsinə əsasən onların bir neçə qarşılıqlı təsir tipləri müəyyən edilmişdir: yeni əmələgəlmə, komplementar və ya əlavə təsir, kriptomeriya, epistaz, polimeriya, pleiotropiya (genlərin çoxtərəfli təsiri), modifikasiyalasdırıcı və s. təsirlər.

Yeniəmələgəlmə. Bu zaman iki qeyri-allelelin qarşılıqlı təsirindən nəsildə valideynlərdə olmayan yeni əlamət əmələ gəlir. Daha doğrusu, nəsildə eyni əlamətin dörd forması (variantı) meydana çıxır. Bu hadisəni biz toyuqlarda pipik formalarının ırsiliyində görə bilərik.

Toyuqlarda gülvari pipik (K) və noxudvari pipik (C) formalarına rast gəlinir. Həmin genlərin hər ikisi sadə pipik forması üzərində dominantlıq təşkil edir. Gülvari və noxudvari pipikləri idarə edən genlər qeyri-allel genlərdir. Yarpaqvari (sadə) pipik forması eyni genotipdə resessiv genlərin hər ikisi homoziqot (kkcc) vəziyyətdə olduqda təzahur edir.

Gülvari pipik formasına malik KKcc genotipli toyuqları noxudvari pipikli kkCC genotipli xoruzlarla çarpazlaşdırıldıqda F_1 hibridlər KkCc genotipinə malik olacaqdır, yəni nəsildə hər iki dominant genlərin (K və C) qarşılıqlı təsirindən yeni—qozvari pipik forması inkişaf edir. İkinci nəsildə isə valideynlərə xas olan iki pipik (gülvari və noxudvari) formasından başqa, yeni əlamətlər—qozvari və sadə pipik formaları meydana çıxır. Beləliklə, F_2 -də 9 hissə qozvari K—C—; 3 hissə gülvari K—cc, 3 hissə noxudvari kkC— və 1 hissə sadə kkcc tipik formaları əmələ gəlir. Birinci nəslin analizedici çarpazlaşdırılmasından (KkCc x kkcc) 1:1 nisbetində 4 fenotip alınır.

Genlərin qarşılıqlı təsirindən yeni əlamətlərin əmələ gəlməsini drozofil milçeyinin iki mutant formasını çarpanlaşdırmaqla da izləmək olar.

Drozofildə mutant *brown* geni gözləri qonurrəngli, *scarlet* geni isə gözləri açıq-qırmızı rəngli edir. Bu

mutantları bir-birile çarpazlaşdırıldıqda F_1 hibridlər tünd-qırmızı (normal) gözlərə malik olur.

Birinci nəsildən (F_1) ikinci nəсли (F_2) alındıqda 9 hissə gözləri tünd-qırmızı (hər iki dominant genin qarşılıqlı təsirindən əlamətin yeni forması meydana çıxır), 3 hissə gözləri qonur, 3 hissə gözləri açıq-qırmızı və 1 hissə gözləri ağ rəngli (hər iki resessiv genin qarşılıqlı təsirindən əlamətin yeni forması inkişaf edir) milçəklər əmələ gelir. Alınmış ağ göz milçəkləri F_1 hibridlərlə çarpazlaşdırıldıqda 1:1 nisbətində 4 fenotip meydana çıxır.

Komplementar və ya əlavə təsir. Bu zaman qeyri-allel genlərdən hər biri genotipdə ayrılıqda olduqda onlar əlamətin inkişafını təzahür etdirə bilmir. Bu zaman əlamətin təzahürü üçün digər genin əlavə təsiri tələb olunur. Yeni əlamətin təzahüründə iki genin təsiri ełə bil bir-birini tamamlayır. Buna misal olaraq, noxud bitkisinin (*Pisum sativum*) iki sortunun çarpazlaşdırılmasını göstərmək olar. Çiçəklərinin rəngi ağ olan iki noxud sortunu çarpazlaşdırıldıqda birinci nəsil (F_1) hibridlərinin hamısında qırmızı çiçəklər inkişaf edir. İkinci nəsildə 9 hissə qırmızı və 7 hissə ağ çiçəklə parçalanma baş verir. Valideynlər AAbb və aaBB genotiplərə malik olub, onlardan hər biri bir dominant gen (A və ya B genini) daşıyır. Bu genler genotipdə teklikdə heç bir təsir göstərmədiyi üçün hər iki valideynin çiçəyi ağ olur. Lakin F_1 -də hibridlər hər iki dominant genə malik olduğundan qırmızı rəngli çiçəklər inkişaf edir. İkinci nəsildə (F_2) 9 hissə qırmızı (A-B-), 7 hissə (A-bb, aaB- və aabb) ağ çiçək əmələ gelir.

Drozofil milçəyində bədənin rəngini qara edən iki resessiv mutantların çarpazlaşdırılması təcrübəsi də genlərin komplementar təsirini yaxşı nümayiş etdirir.

Ev sıçanlarına, eksər vəhşi gəmiricilərdə olduğu kimi kürən boz (aquti adlanan) tük örtüyü xarakterdr. Belə tük örtüyü hər bir tükün zonalı rənglənməsi ilə əmələ gelir. Tükün əsası və ucu qara, orta hissəsi sarı olur.

Aquti rəngi iki qeyri-allel (A və C) dominant genlərin qarşılıqlı təsiri ile müəyyən olunur. Dominant A geninin resessiv homoziqot allellərinə (aa) malik olan fərdlərin tük örtüyü tam, məsələn, qara rəngli olur. Digər dominant gen

(C) pigmentin inkişafını müəyyən edir, həmin genin homozigot resessiv allelleri (cc) albinosluq əmələ getirir, yeni tük örtüyü ağ, gözlərin yan hissələri qırmızı olur. Qara siçanları (aaCC) albinos (ağ) siçanlarla (AAcc) çarpazlaşdırıldıqda F_1 -in nəsillərinin (AaCc) tük örtüyü aquti rəngdə olur. F_2 -də isə fenotipe görə 9 hissə aquti: 3 hissə qara: 4 hissə ağ nisbətində əlamətlərin parçalanması baş verir. Belə parçalanma ondan irəli gəlir ki, c geni A və a genlərinə epistatik təsir göstərdiyindən AAcc və Aacc genotipli fərdlər fenotipe görə aacc fərdlərindən seçilmir. Resessiv genlərin belə epistatik təsiri bəzən kriptomeriya adlanır.

Epistaz. Bəzi genlər həmin genotipdə ona qeyri-allel olan digər genlər iştirak etdikdə öz təsirini təzahür etdirə bilmir. Qeyri-allel genin təsirini yatırıdan dominant genlər supresor, təsir göstərə bilməyən genlər isə g i p o s t a t i k genlər adlanır. Bu qarşılıqlı təsir tipi adı dominantlıqdan onunla fərqlənir ki, dominantlıqda dominant və resessiv genlər eyni genin cüt allelinən ibarət olduğu halda, epistazlıqda əlamətin inkişafı xromosomun müxtəlif lokuslarında yerleşən iki qeyri-allel dominant genlərlə müəyyən edilir. Epistaz hadisəsi toyuqlarda lələyin rənginin, atlarda tükün rənginin, balqabaqda meyvənin rənginin, nutriyada xəzin rənginin irliliyində və s. müəyyən edilmişdir. Atlarda qarğı rənglik (bozumtul-qara) dominant B geni ilə, kürən rəng isə həmin genin resessiv alleli b ilə müəyyən edilir. Digər allelə aid olan c geni genotipdə olduqda erkən yaşlarda tüklərin çallaşması (ağarmaq) başlayır. Odur ki, genotipdə B və ya b allellerin olub-olmamasından asılı olmayaraq atın rəngi boz olur, başqa sözlə, bu genlər (B və b) C geninə görə gipostatikdir. Qarğı və ya kürən rəng resessiv c geninə görə homozigot olan fərdlərdə inkişaf edə bilər. Boz rəngli atı (BBCC) kürən (bbcc) atla çarpazlaşdırıldıqda F_1 hibridləri her iki dominant genə görə heteroziqot (BbCc) olub, boz rənglidir. F_2 nəsildə 12 hissə boz (B—C—, bbC—), 3 hissə qara rəngli (B—cc) və 1 hissə kürən rəngli (bbcc) atlar alınırlar.

Polimeriya. Bu tip irlilikdə əlamətin inkişafı iki və daha çox cüt eyni təsirli qeyri-allel genlər vasitəsilə müəyyən edilir. Belə genlər eyni işarələrlə göstərilərək, müxtəlif rəqəmlərlə nömrələnir: A₁, A₂, A₃ və s. Polimeriya zamanı

əlamətin fenotipcə üzə çıxma dərəcəsi həmin genotipdə iştirak edən dominant genlərin miqdardından asıldır, yeni genotipdə nə qədər çox dominant gen iştirak edərsə, əlamət fenotipcə bir o qədər kəskin dərəcədə meydana çıxır. Bu zaman ele bil onların təsiri toplanır. Genlərin belə təsiri additiv (topluyıcı) təsir, əlamətin inkişafını qüvvətləndirən belə genlər isə additiv genlər adlanır.

Polimeriya əsasən kəmiyyət (ölçülən, sayılan və çəkilən) əlamətlərinin ırsiliyində, yeni boy, çəki, dənin sünbüldə miqdarı və s. ırsiliyində müşahidə edilir. Polimer ırsilik balqabaq bitkisi meyvəsinin formasının, adadovşanlarının qulaq seyvanının ölçüsünün, buğdanın rənginin, hətta insanın dərisinin rənginin və s. əlamətlərin ırsiliyində müəyyən edilmişdir.

Polimer ırsilikdə 2 cüt qeyri-allel gen iştirak etdikdə, F_1 hibridlər əlamətin üzə çıxmamasına görə aralıq vəziyyət tutur, lakin F_2 -də əlamətlərin üzə çıxması tədricən dominantlıqdan resessivliyə doğru zəifləyir. Belə ki, $1/16$ hissədə 4 dominant gen, $4/16$ hissədə 3 dominant gen, $6/16$ hissədə 2 dominant gen, $4/6$ hissədə bir dominant gen iştirak edir, lakin $1/16$ hissədə isə dominant gen iştirak etmir. Fenotipik parçalanma $1:4:6:4:1$ nisbətində baş verir. Əgər polimer ırsilikdə 3 cüt qeyri-allel gen iştirak edirsə, F_2 -də fenotipik parçalanma $1:6:15:20:15:6:1$ nisbətlərində olacaqdır.

Deməli, genotipdə əlamətin inkişafını müəyyən edən additiv genlər nə qədər çox olarsa, F_2 -də əlamətin fenotipik dəyişilmə hüdudu (amplitudası) bir o qədər geniş olar.

Genlərin qarşılıqlı təsirinə aid təcrübələrin qoyulması

1. Yeniəmələgelmə ırsilik formasında məqsəd iki qeyri-allel genin qarşılıqlı təsirindən nəsildə əlamətin yeni variyantının necə əmələ gəldiyini tələbələrə başa salmaqdan ibarətdir.

Tapşırıq 1. Qarşıya qoyulan məqsədə uyğun mutant formalarının seçilməsi. 2. Çarpazlaşdırma sxemini tərtib etmək və F_2 -də nəzəri gözlənilən parçalanmayı müəyyənləşdirmək. 3. Mayalanmamış (virgin) dişilərin seçiləsi və onların erkəklərlə çarpanlaşdırılması. 4. F_1 hibridlərin analiz edilmə-

si və F_2 nəsil almaq üçün cütlerin seçilməsi və çarbazlaşdırılma aparılması. 5. F_2 -də olan milçəklərin analizi.

Material və ləvazimat. Drozofil milçeyinin *brown* və *scarlet* mutant xətləri. F_1 nəsil almaq üçün tələbələrin hər birinə içərisində təzə qidalı mühit olan 2–3 stəkan, F_2 nəsil almaq üçün 4–5 stəkan və bir komplekt əşya və lavazimat verilir (səh. 67).

İşin yerinə yetirilməsi. Tələbə aldığı mutant formalarla—gözleri qonur edən *brown* və gözleri açıq-qırmızı edən *scarlet* xətlərlə tanış olur və onları gözleri tünd-qırmızı olan Normal xətt ilə müqayisə edir.

Çarbazlaşdırma aparmaq üçün hər tələbə 2–3 stəkanda təcrübə qoyur.

P	II <i>bw</i>	III + <i>bw</i> +	x	II + st	III + st
F_1	$\frac{bw}{+}$	$\frac{+}{st}$			

gözleri tünd qırmızı

Birinci nəsildən olan hibrid milçəklər eyni əlamətlərə (normal) malik olub, dişi fərdləri seçilmədən erkəklərlə çarbazlaşdırmaq üçün təzə qida olan stəkanlara –3 dişi və bir o qədər erkək salınır. Hər tələbə belə çarbazlaşdırmanı 4–5 stəkanda qoyur.

Miçəklərin F_2 nəсли alınana qədər mutantların işarələrin-dən istifadə edərək F_2 nəслиn cədvəlini tərtib edib, əlamətlərin nezəri parçalanması mexanizmini müəyyən etmək lazımdır (cədvəl 16).

Cədvəldə verilən rəqəmlərin analizi göstərir ki, dörd fe-notipik əlamətlərə milçəklər gözlənilir. 1-dən 9-a qədər xanada olan milçəklər normal (tünd-qırmızı) gözlərə malik, 10, 11, 12-ci xanadakı milçəklər açıq-qırmızı, 13, 14, 15-ci xanalardakı milçəklər qonur gözlərə və 16-ci xanadakı genotipə malik milçəklər ağ gözlərə malik olacaqdır. Deməli, parçalanama 9:3:3:1 nisbətində baş verir. Valideyn əlamətlərindən (açıq-qırmızı və qonur gözlülükdən) əlavə, nəsildə tünd qırmızı və ağı gözlü milçəklər alınır.

♀	♂	$++$	$+st$	$bw+$	$bw st$
$++$	$++$	$++$ 1	$+st$ 9	$bw+$ 8	$bw st$ 7
$+st$	$+st$	$+st$ 2	$+st$ 10	$bw+$ 6	$bw st$ 11
$bw+$	$bw+$	$bw+$ 3	$bw+$ 5	$bw+$ 13	$bw st$ 14
$bw st$	$bw st$	$bw st$ 4	$bw st$ 12	$bw st$ 15	$bw st$ 16

F_2 -də alınmış milçeklər gözün rənginə görə diqqətlə analiz edilir. Bu analiz günləri 4–5 dəfə aparılmalı və alınmış nəticə cədvəldə qeyd olunmalıdır. Alınmış nəticələr statistik olaraq hesablanmalı, təcrübənin düzgünlüyü və əlamətlərin ırsiliyi müəyyən edilməlidir. Bu işdə hər tələbənin ayrılıqda və qrupun tələbələrinin aldıqları nəticələrlə birgə statistik hesablanıb nəticə çıxarılmalıdır (cədvəl 17).

Hər iki təcrübədə əlamətlərin diallelliklə idarə olunduğu və parçalanmanın 9:3:3:1 nisbətinə uyğun gəldiyi özünü göstərir:

Komplementar təsirə aid təcrübənin qoyuluşu. Təcrübədə məqsəd genotipdə iki qeyri-allel genin qarşılıqlı təsirindən əlamətin parçalanmasının başqa nisbətdə baş verdiyini tələbələrə başa salmaqdan ibarətdir.

Tapşırıq. 1. Mutant xətlerin çarpazlaşma üçün seçilməsi. 2. Çarpazlaşma sxemini çəkməli və F_2 -də nəzəri gözlənilən parçalanmayı müəyyən etməli. 3. Mayalanmamış dişi milçeklər seçib çarpazlaşma aparmalı. 4. F_1 nəсли analiz edib, F_2 almaq üçün milçeklər ayırmalı və təcrübə qoymalı. 5. F_2 nəsil milçekləri analiz etmək.

Material və ləvazimat. Drozofil milçeyinin *black* və *ebony* xətleri. Hər tələbəyə F_1 nəsil almaq üçün içərisində təzə qidalı mühit olan 2–3 stekan, F_2 nəsil almaq üçün 4–5 stekan və təcrübə qoymaq üçün bir kompleks əşya və ləvazimat verilir (səh. 67).

Cədvəl 17

Apardığımız meşgələdə drozofildə gözün rənginin irsiliyinin nəticəsi [yeniyemələgəlmədə]

F ₁	I. təcrübə					II. təcrübə				
	qonur göz		x	açıq qırmızı göz	Cəmi	qonur göz		x	açıq qırmızı göz	Cəmi
	qırmızı göz	qonur göz	—	—		qırmızı göz	qonur göz	—	—	
F ₂	bütün hamısı	—	—	—	—	bütün hamısı	—	—	—	—
Təcrübədən alınmış (p)	221	77	70	21	389	147	47	58	22	274
Parçalanma nisəbi	9	3	3	1		9	3	3	1	
Nəzəri gözlənilen parçalanma (q)	218,7	72,9	72,9	24,3	289	153,9	51,3	51,3	17,1	
Kənarlanma (d)	2,3	4,1	-2,9	-3,3		-8,9	-4,3	6,7	4,9	

$$\chi^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,02 + 0,23 + 0,11 + 0,45 = 0,81 \quad 0,31 + 0,36 + 0,87 + 1,4 = 2,94$$

n' = 3 P > 0,75 n' = 3 P > 0,25

İşin yerine yetirilməsi. Təcrübə aparmaq üçün drozofilin bədənini qara edən *black* və *ebony* mutant xətləri götürülür. Teləbələr bu mutantları bir-bir və normal xətdən olan milçeklərlə müqayisə edib, onları fərqləndirirlər.

Məlumdur ki, *black* geni drozofilin II xromosomunda, *ebony* geni III xromosomunda yerləşir. Belə mutant qara bədəni olan milçekləri bir-birile çarpanlaşdırıldıqda F_1 -də normal rəngli (boz) milçeklər alınır. F_2 -də alınmış milçeklərin 9/16 hissəsi boz, 7/16 hissəsi qara bədənlə olur. Təcrübəni qoyma-mışdan əvvəl çarpanlaşdırma sxemini çəkib, nəzəri gözlənilən parçalanməni müəyyən etmək lazımdır (*cədvəl 18*).

Cədvəl 18

Genlərin komplementar təsiri

	II	III		II	III
P:	♀ -	<u>b</u> +	x	♂ +	<u>e</u> +
	<u>b</u> +			<u>e</u> +	
Gametler:	<u>b</u>	+		+	<u>e</u>
F_1 ♀ ♀ sa	<u>b</u>	+			
				<u>e</u>	

♀ \ ♂	♂	+ +	+ e	b +	b e
+ +	+ +	+ +	+ e	b +	b e
+ e	+ +	+ e	+ e	b +	b e
b +	+ +	+ e	b +	b +	b e
b e	+ +	+ e	b e	b e	b e

Cədvəldə 1-dən 9-a qədər olan xanalarda göstərilən genotiplər bədəni boz, 10-16-cı xanalarda göstərilən genotiplər isə bədəni qara gözlənilir.

Təcrübə qoymaq üçün hər teləbə içərisində təzə qidalı mühit olan 2-3 stekanın hər birinə 2-3 virgin dişi *black* və 3-4 erkək *ebony* milçeklər salır. Çarpanlaşdırma üçün təc-

rübə qoyulandan 10–12 gün sonra alınmış F_1 milçəkləri kütlevi çıxmağa başladıqda onlar analiz edilir. F_1 -in hamisının bədəni boz olur.

F_2 nəsil almaq üçün hər tələbə təzə qidalı mühit olan 4–6 stəkana F_1 milçəklərindən 2–3 dişi və 3–4 erkək milçəklər salıb, təcrübə qoyur. Bu təcrübə qoyulandan 10–12 gün sonra kütlevi halda F_2 milçəklər çıxır. Hər bir stəkanda milçəklərin analizi günaşırı 4–5 dəfə aparılır. Analiz zamanı boz və qara bədənli milçəklər müəyyənləşdirilib, xüsusi cədvəldə qeyd edilir. Alınmış rəqəmlər yekunlaşdırılır və statistik hesablanır (cəvdəl 19).

Her iki təcrübədə elamətlərin 9:7 nisbətində parçalandığı və parçalanmanın ehtimallığı özünü göstərir.

Cədvəl 19

Apardığımız məşğelədə drozofil milçeyinin rənginin ırsiliyi (komplementar təsir) analizinin nəticəsi

F_1	I təcrübə			II təcrübə		
	$\text{♀ black} \times \text{♂ ebony}$			$\text{♀ black} \times \text{♂ ebony}$		
	boz	qara	cəmi	boz	qara	cəmi
	bütün hamisi	—	—	bütün hamisi	—	—
F_2 Təcrübədə alınmış (p) Parçalanma nisbeti Nəzəri gözlənilən parçalanma (q) Kənarlanma (d)	176 9	150 7	326	493 9	358 7	356
	188,4 -7,4	142,6 7,4	326	481,5 16,5	374,5 -16,5	856

$$\chi^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,3 + 0,28 = 0,58 ; 0,53 + 0,68 = 1,21$$

$$n'=1; P > 0,25; \quad n'=1; P > 0,25.$$

Məsələ həllinə aid nümunələr

Məsələ 1. Noxudvarı pipiyi olan toyuqları gülvarı pipiyə malik xoruzlarla çarbazlaşdırıldıqda F_1 -də bütün cücelər qozvari pipikli olmuşdur. F_2 -də isə 246 cüce qozvari, 80 gülvari, 87 noxudvari və 24 cüce sadə (yarpaqvari) pipiyə

malik olmuşdur. Əlamətlər nəslə necə ötürülür? Valideynlərin və F_1 hibridlərin genotipini müəyyənleshdirin. Gülvari pipikli valideyn xoruzlarının yarpaqvari pipikli toyuqlarla cütləşdirilməsindən hansı pipiklərə malik nəsil alınar?

Məsələnin şərti

Toyuqlar. Pipik formalarının irsiliyi.

P ♀♀ noxudvari qrup \times ♂♂ gülvari qrup.

F_1 ♀♀ və ♂♂ qozvari qrup.

F_2 246 qozvari, 80 gülvari, 87 noxudvari, 24 sadə.

Həlli

1. F_1 -də əlamətlərin eyniliyi yeni formada meydana çıxır. Valideynlər görünür homoziqotdur. Əlamətlərin irsiliyi, ehtimal ki, iki cüt qeyri-allel genlə müəyyən edilir.

2. F_2 -də əlamətlərin parçalanması dihibrid çarpazlaşdırında olduğu kimi dörd fenotipik sinif verir. Bu zaman əlamətlərin 1/16 kombinasiyasını tapmaq üçün 439:16=27,3 olar. Təcrübəmizdə parçalanma 248:27,3=9,1; 80:27,3=2,9; 87:27,3=3,2; 24: 27,3=0,9, yəni təxminən 9:3:3:1 nisbetində baş verir. χ^2 üsulu ilə nəzəri və təcrübədən alınan rəqəmlər arasında fərq ehtimalı olur. Deməli, əlamət qeyri-allel genlərin qarşılıqlı təsiri ilə müəyyən edilir. A—B—qozvari əlamətin yeni foramasını, A—bb noxudvari, aa—B gülvari və aabb yarpaqvari əlamətin yeni formasını əmələ gətirir. Parçalanmanın xarakteri A və B genlərinin sərbəst irsiliyini göstərir.

Valideynlərin genotipleri noxudvari AAbb, gülvari aaBB, hibridlərin genotipi AaBb olur.

3. Gülvari pipikli valideyn xoruzları aaBB, aaBb sadə pipikli toyuqlarla (aabb) çarpazlaşdırıldıqda alınmış fəndlərin bir hissəsi gülvari pipikli, digər hissəsi yarpaqvari pipikli olacaqdır.

Nəticələr:

1. Toyuqlarda pipiyin forması iki, bir-birindən asılı olmayan genlərlə nəslə ötürülür. Bu zaman genlərin qarşılıqlı

təsirindən parçalanma 9:3:3:1 nisbətində baş verir və əlamətin yeni formaları meydana çıxır.

2. Xoruzların genotipi aaBB, toyuqların genotipi—AAbb, F₁ hibridlərin genotipi—AaBb olur.

3. Valideyn xoruzların F₂-də alınmış yarpaqvari pipiklərə malik toyuqlarla çarpazlaşdırılmasından cücelər gülvarı və yarpaqvari pipikli olacaqdır.

Məsələ 2. Ətirli noxud bitkisində D və E genləri ayrılıqda çiçeyin rəngini ağ edir. Dominant genlərin hər ikisi eyni genotipdə olduqda çiçəklər al-qırmızı (purpur) rəngli olur.

Ağ çiçəkli bitkinin al-qırmızı çiçəkləri olan bitki ilə çarpazlaşdırılmasından 3/8 hissə al-qırmızı və 5/8 hissə ağ çiçəkli bitkiler alınmışdır. Bele ırsiliyi necə izah etmək olar? Valideyn bitkilərin genotipini müəyyən edin.

Məsələnin şərti

Ətirli noxud. Ciçeyin rənginin ırsiliyi:

P ağ x al-qırmızı.

F₁ 3/8 al qırmızı, 5/8 ağ.

Həlli

1. F₁-də parçalanmanın baş verməsi heç olmasa valideynlərdən birinin heteroziqot olmasını göstərir.

2. Şərtimizə görə əlamətin ırsiliyinə iki genlə nəzarət olunur, bu genlər komplementar təsir göstərir və təcrübədə parçalanma 3/8:5/8 nisbətində baş verir. Deməli, belə güman etmək olar ki, valideynlərdən biri 4 tipdə qamet hazırlayır, yəni diheteroziqotdur: DdEe (al-qırmızı çiçəkli), digəri isə iki qamet əmələ gətirir: yəni genlərdən ancaq bir cütünə görə heteroziqotdur. Onun mümkün olan genotipi Ddee və ya ddEe ola bilər.

Qametler	DE	De	dE	de
De	DDEe	Ddee	DdEe	Ddee
de	DdEe	Ddee	ddEe	ddee

Bütün D-E-genotipli bitkilər al-qırmızı çiçəkli (3/8 hissə), qalan genotiplər (5/8 hissə) ağ çiçəkli olacaqdır.

Nəticə. Valideyn bitkilərin genotipi al-qırmızılar DdEe, ağlar Ddee və ya ddEe olmuşdur.

Məsələ 3. Balqabaq bitkisinin meyvələrinin rəngi müxtəlif olur. İki müxtəlif sortdan olan ağ meyvəli balqabaq bitkilərinin çarpezlaşdırılmasından F_2 -də 143 ağ, 38 sarı, 11 yaşlı meyvəli bitkiler alınmışdır. Əlamətlərin irsiliyini izah etməklə, valideynlərin genotipini müəyyən edin. Əger valideyn bitkiləri F_1 -dən olan yaşlı meyvəli bitkilərlə çarpezlaşırlarsa, hansı rəngə malik meyvələr alınar?

Məsələnin şərti

Balqabaq bitkisi, meyvənin rənginin irsiliyi.

P	ağ × ağ
F_2	143 ağ
	38 sarı
	11 yaşlı

	192

Həlli

1. F_1 -də parçalanmanın baş verməsi valideyn bitkilərin heteroziqotluğunu göstərir.

2. Monohibrid çarpezlaşmada olan 1:2:1 nisbətdə parçalanmaya tam uyğun gelmir, əlamətin digər tipdə nesle ötürülüyü güman edilir. Qametlərin kombinasiyası nəticəsində mümkün olan 16-dan bir hissəni müəyyən edək: 192:16=12. Təcrübədə parçalanma 143:12=11,9; 38:12=3,1, 11:12=0,9, yəni təxminən 12:3:1 nisbətində baş verir. χ^2 üsulu digen irsilikdə əlamətlərin 12:3:1 nisbətində parçalanmasını təsdiq edir. Beləliklə, əlamətin irsiliyi iki dominant genin qarşılıqlı təsirinin epistaz tipi ilə müəyyən edilir. A geni hər hansı rəngi əmələ gəlməyə qoymur və genotipdə olduqda meyvələr ağ rəngli olur; a—allel geni isə rəng əmələ gəlməyə imkan verir, lakin bu digər gendən asılıdır, B—sarı rəng, b—yaşlı rəng alleli olduqda aaB—sarı rəng və aabb—yaşlı rəng inkişaf edir.

Valideyn bitkilər ağ meyvelərə malik olduğundan onların genotipində A alleli olur, nəsildə sarı meyvələrin əmələ gəlməsi valideyn bitkilərin genotipində B allelin olmasını, yaşıl meyvələrin meydana çıxmamasını isə hər iki genə görə valideynlərin heterozygotluğunu göstərir. Deməli, valideynlərin genotipi AaBb olmuşdur.

3. Parçalanmanın xarakteri A və B genlərin bir-birindən asılı olmadan irsiliyini sübut edir.

4. Resessiv əlamətlərə malik valideyn bitkinin AaBb yaşıl meyvəli bitkilərlə (aabb) çarpanlaşdırılması analizedici çarpanlaşdırmadır. Belə çarpanlaşdırında müxtəlif ehtimalda dörd genotipin əmələ gəlmesi mümkündür: AaBb, Aabb, aabb, aabb. Genotipləri AaBb və Aabb olan fərdler ağ meyvələrə malik olacaqdır. Analizedici çarpanlaşdırında parçalanma 2ağ:1 sarı:1 yaşıl nisbətində gözlənilir.

Nəticələr

1. Balqabaqda meyvənin rəngi iki cüt dominant genin epistaz tipli qarşılıqlı təsiri ilə nəzareت olunur, genlər sərbərst nəslə ötürürlər və parçalanma 12:3:1 nisbətində baş verir.

2. Valideyn bitkilərin yaşıl meyvəli bitkilərlə çarpanlaşdırılmasında F_1 -də 2 ağ:1 yaşıl nisbətində parçalanma alınır.

Məsələlər

1. Boz və açıq-qəhvəyi rəngli xəzi olan norkaları çarpanlaşdırıldıqda F_1 -də qonur xəzli, F_2 -də 14 boz, 46 qonur, 5 krem (qaymağı) və 16 açıq qəhvəyi rəngli xəzə malik norkalar alınmışdır. Bu əlamətin irsiliyi necədir? F_1 -in hibridlərinin F_2 -də alınmış krem rəngli xəzi olan norkalarla çarpanlaşdırılmasından hansı rəngli xəzə malik nəsil alınar?

2. Dəni rəngli olan iki qarğıdalı bitkisinin çarpanlaşdırılmasından 936 rəngli, 708 rəngsiz dən alınmışdır. Əlamətin irsiliyini müəyyən etməklə, alınmış dənələrin genotiplərini yazın.

3. Al-qırmızı və sarı çiçəkli yonca bitkilərini çarpanlaşdırıldıqda F_1 -də bütün çiçəklər yaşıl olmuşdur. F_2 -də 169

yaşıl, 64 al-qırmızı, 67 sarı ve 14 ağ çiçekli bitkiler alınmışdır. Bu əlamətin irsiliyi necədir? Valideyn bitkilerin genotipini müəyyən edin. F_1 -də ağ çiçekli hibridlərin çarpanlaşdırılmasından hansı bitkiler alınar?

4. İki cırdanboylu qarğıdalı bitkisinin çarpanlaşdırılmasından normal boylu bitkiler alınmışdır. F_1 bitkilərdən (nəsildən) F_2 -də 904 bitki normal boylu və 706 bitki cırdanboylu olmuşdur. Əlamətin irsilik tipini və valideynlərin genotipini müəyyən edin.

5. Sarı soğanağı olan soğan bitkisi (N1) ağ soğanağı olan iki bitki ilə (N2 və N3) çarpanlaşdırıldığda aşağıdakı nəticələr alınmışdır: sarı soğanaqlı bitkilərin N2 bitki ilə çarpanlaşdırılmasından F_1 -də bütün soğanaqlar sarı rəngli, F_2 -də 108 sarı və 30 ağ soğanaqlı bitki alınmışdır: sarı soğanaqlı bitkilərin N3 bitki ilə çarpanlaşdırılmasından F_1 -də bütün soğanaqlar qırmızı, F_2 -də 142 sarı, 178 ağ, 390 qırmızı soğanaqlar alınmışdır.

İrsilik tipini, valideynlərin genotipini müəyyən edin.

6. Tutuquşuları müxtəlif rəngli ləlekələrə malik olur. Sarı və mavi rəngli quşların çarpanlaşdırılmasından, F_2 -də 113 yaşıl, 35 mavi, 39 sarı və 12 ağ rəngli tutuquşular alınmışdır. İrsilik tipini və validenylərin genotipini müəyyən edin.

7. Albinos və rəngli qızıl baliqçıları çarpanlaşdırıldığda, F_1 -də bütün hibridlər rəngli olmuşdur. Lakin F_2 -də 199 rəngli, 17 albinos baliqçılar əmələ gəlmişdir. Əlamətin irsiliyi necə baş verir? Valideynlərin və F_1 hibridlərin genotipini müəyyən edin.

8. Ağ dərili insanların zəncilərlə nigahından tutqun dərili mulat uşaqlar doğulur. Mulatların nigahından doğulmuş çoxlu uşaqların analizi göstərmişdir ki, parçalanma 1:4:6:4:1 nisbetində baş verir. Uşaqlar arasında qara, ağ mulat, həmçinin tutqun və açıq mulat dərili formalar olur. Nəticəni izah etməklə, göstərilən dəri rənglərinə nəzarət edən genlərin miqdarını və valideynlərin genotipini müəyyənləşdirin.

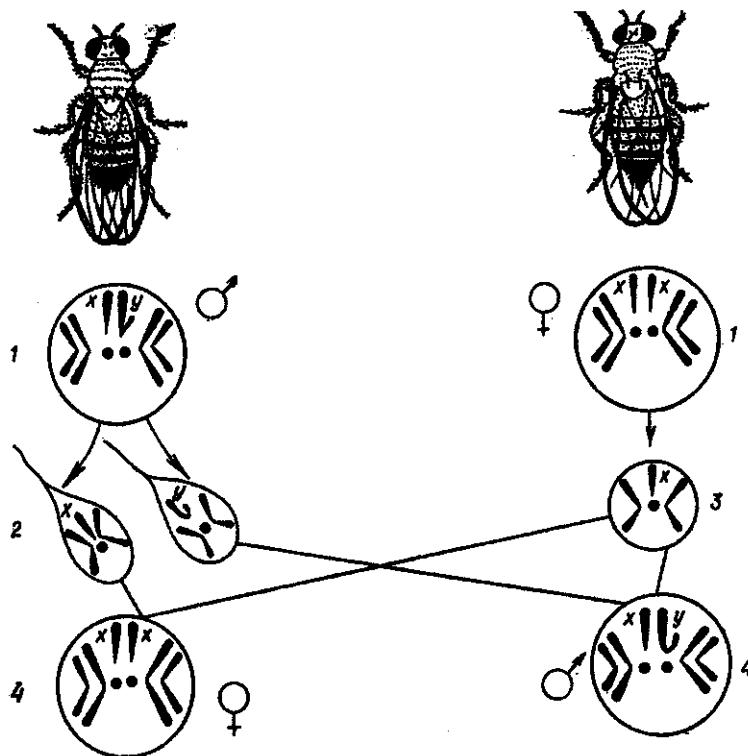
9. Qohumluğu olmayan 2 albinosun nigahından 8 uşaq dünyaya gelmişdir. Həmin uşaqlardan 5-i albinos, 3-ü qeyri-albinos olmuşdur. Bunu necə izah etmək olar?

CİNSİYYƏT VƏ CİNSİYYƏTLƏ İLİŞİKLİ İRSİYYƏT

Bütün heyvanlarda (o cümlədən, insanlarda) və ikievli bitkilərdə, bir qayda olaraq, erkək və dişi fərdlər təxminən bərabər miqdarda dünyaya gelir, yeni cinsiyyətə görə nəsildə parçalanma 1:1 nisbətində baş verir. Bu monohibrid çarpazlaşma da analizedici çarpazlaşdırmadan alınan parçalanmaya uyğun gelir. Deməli, cinsiyyətə görə parçalanmanın əsasında valideynlərdən birinin eyni tipdə, digərinin isə iki tipdə qəmet əmələ gətirməsi dura bilər. Sitoloji tədqiqatlarda sübut olundu ki, heyvanlarda erkek və dişi cinsiyyətlər xromosom yığımına görə fərqlənir. Məsələn, drozofilin dişi fərdlərinde olan bütün 4 cüt xromosomlar homologiya təşkil edir, erkəklərdə isə bu 4 cüt xromosomdan bir cütü bir-birindən fərqlənir. Erkəklərdə fərqlənən xromosomlardan biri dişi fərdlərdə də vardır, digəri isə ancaq erkəklərə məxsusdur. Cinsiyyətlərə bir-birindən fərqlənən xromosomlar cinsiyyət xromosomları adlanır. Hər iki cinsiyyətdə eyni olan cinsiyyət xromosomu —X, ancaq erkək cinsiyyətə malik olan cinsiyyət xromosomu isə Y-xromosom adlanır. Cinsiyyətlərə fərqlənmeyən digər homoloji xromosumlara isə autosomlar adı vermişlər.

Ümumiyyətlə, drozofilin dişi və erkəklərinin hər biri 6 autosom xromosoma malikdir. Bunlardan eləvə dişilərdə X-xromosomlar, erkəklərdə isə X- və Y-xromosomlar vardır. Ona görə dişi fəndlər meyoz prosesində X xromosomuna görə eyni tipdə qametlər, erkəklər isə iki tipdə—X və Y-xromosomlu qametlər hazırlayırlar. Eyni qamet hazırlayan cinsiyyət—homogamet, müxtəlif tipdə qametlər əmələ gətirənlər isə heterogamet organizmlər adlanır. Drozofilin dişi cinsiyyəti homoqamet (XX), erkək isə heterogamet (XY) genotipə malikdir. Belə genotipli cinsiyyətə məməli heyvanlar, o cümlədən, insanlar, bəzi balıqlar, sürünenlər və müəyyən bitkilər malikdir. Quslarda, pulcuqqanadlı həşəratlarda (barama qurdunda və b. kəpənəklərdə), bəzi balıqlarda, əksinə dişi cinsiyyət — heterogamet, erkək cinsiyyət isə homogamet olur.

Dişi fəndlərin X-xromosomlu yumurtahüceyrənin erkəklərin X və ya Y-xromosomlu spermatozoidlərlə mayalanması nəticəsində iki X-xromosому olan ziqot dişi fərd, X və Y-xromosomu olan ziqot-erkek fərd əmələ gəlir. Dişilərdə iki cinsiyət xromosomundan biri yumurta vasitəsilə anadan, digəri isə spermatozoid vasitəsilə atadan alınır. Dişi fəndlərdən fərqli olaraq, erkəklər vahid X-xromosomu isə atadan (spermatozoid vasitəsilə) alırlar (Şəkil 20). Bunlara tam uyğun olaraq cinsiyət xromosomlarında yerləşən genlər nəsilə ötürülür.



Şəkil 20. Drozofil milçeyində cinsiyətin teyini. Xromosom yığımı:
 1—somatik hüceyrələr; 2—spermatozoidlər;
 3—yumurtahüceyrədə; 4—nəsilde.

Qeyd etməliyik ki, genlər automosom xromosomlarda yerləşdikdə resiprok çarpzlaşdırımlardan eyni nəticələr alınır. Bu da autosomların hər iki cinsiyyətdə eyniliyi ilə izah olunur. Əgər öyrənilən genlər cinsiyyət xromosomlarınında yerləşirsa, onda həmin genlərdə müəyyən olunan əlamətlərin irsiliyi meyoz prosesində qametlər əmələ gələrkən: cinsiyyət xromosomlarının davranışından və həmin xromosomların xüsusiyyətlərindən asılı olur.

Məlum olmuşdur ki, bir çox orqanizmlərin Y-xromosomu X-xromosomundan fərqli olaraq, irsən inertdir, yəni genlər daşılmır. Odur ki, X-xromosomda allel genləri bir qayda olaraq olmur. X-xromosomda yerləşən resessiv genlərin Y-xromosomda alleli olmadığından həmin genin fenotipik təzahürü homoziqotda olduğu kimi baş verir. İnkışafı cinsiyyət xromosomlarında yerləşən genlərlə idarə olunan əlamətlər cinsiyyətlə ilişikli irsilik adlanır. Bu irsilik tipinə drozofil milçeyinin qırmızıgöz və ağgöz formalarının çarpzlaşdırılmasında baxaq. Genetikada qəbul olunduğu kimi normal-qırmızıgözlük allelini w^+ , ağgözlüyü $w(w)$ ilə göstərək.

Qırmızıgöz dişi milçək ağgöz erkəklə çarpzlaşdırıldıqda F_1 -də milçəklərin hamısının gözü qırmızı olur. Deməli, gözü qırmızılıq ağılıq üzərində dominantlıq təşkil edir. F_1 -dən F_2 alındıqda, alınmış nəslin $3/4$ hissəsi qırmızıgöz, $1/4$ hissəsi ağgöz olur. Burada dişilərin hamısının gözü qırmızı erkəklərin bir hissəsi ağgöz, digər hissəsi qırmızıgöz olur. Bu irsilik ağgöz, digər hissəsi qırmızıgöz olur. Bu irsilik tipi necə izah edilə bilər? Burada başlangıç dişi valideyn iki X-xromosoma malik olub, gözün qırmızılıq dominant allelerinə görə homoziqotdur (w^+w^+). Həmin dişi öz nəsillərindən hər birinə bir X-xromosomla dominant alleli (W^+) ötürür. Nəticədə F_1 -də həm dişilər və həm də erkəklər qırmızıgöz olur. Başlangıç erkək valideyn XY-xromosomlara malik olduğundan o, ancaq bir ağgözlük resessiv allelini (w) daşıyır. Allelin bu (tək) vəziyyəti hetero- və homoziqotluqdan fərqli olaraq hemizigot adlanır. Hemizigot erkək resessiv w alleli X-xromosomu ilə dişi övlada, "içi boş" Y-xromosomu isə erkək övlada ötürülür. Odur ki, erkək övladlar w^+ dominant allele görə hemizigot olduğandan

onların gözleri kırmızı olur. Növbeti F_2 -nəsildə dişi fərdlərin yarısı F_1 -ata və anaların hərəsindən bir dominant w^+ allelinə malik X-xromosomlarını alır və homoziqot vəziyyətdə (w^+w^+) olur. Dişi fərdlərin digər yarısı heteroziqot (w^+w) olub, atadan w^+ alleli ilə X-xromosomunu, anadan isə X-xromosomla resessiv w allelini alır. Hər iki genotipdən olan dişi fərdlər kırmızı gözə malik olur. F_2 erkeklerin yarısı w^+ allelə görə homoziqot olub kırmızı gözlüdür, digər yarısı isə resessiv w alleline malik olub, ağ gözlüdür. Hər iki allel F_1 heteroziqot dişilərdən alınır.

Bu məsələni yaxşı başa düşmək üçün eks (resiprok) çarpazlaşma aparaq. Ağgöz dişi və qırmızıgöz erkək milçəkləri çarpazlaşdırıldıqda F_1 -də əlamətlərin 1:1 nisbətində parçalanması baş verir. Bu zaman anadan erkək övlada ağgözlük: atadan dişi övlada qırmızıgözlük əlaməti ötürülür. İrsi əlamətlərin belə çalın-çarpaz ötürülməsi kriss-kross irlilik adlanır. Bu hadisə dişi və erkəklərin cinsiyyət xromosomlarının müxtəlifliyi ilə izah edilir. Ağgöz ana X-xromosomu ilə ağgözlük allelini (w) erkək övladlara ötürür. Həmin erkək övladlarda atadan isə "içi boş" Y-xromosomunu aldıqlarından, hemoziqot halda resessiv ağgözlük əlaməti üzə çıxır. F_1 -in dişiləri anadan X-xromosomla resessiv w allelini, atadan isə dominant w^+ alleli ilə ikinci X-xromosomunu aldıqlarından, onların gözleri kırmızı olur. Beləliklə, burada gözün rənginin və milçeyin cinsiyyətinin irliliyin onların cinsiyyət xromosomlarının irliliyi ilə əlaqədir olduğunu dəqiq izləmək olur. Növbəti F_2 nəsildə də parçalanma 1:1 nisbətində baş verir, yəni hər iki cinsiyyətdən olan milçəklərin yarı hissəsi ağgözlü və digər yarı hissəsi qırmızıgözlü olur. Bu, F_1 nəslin heteroziqot dişilərinin hemiziqot erkəkləri ilə çarpazlaşdırılmasından alınır. Belə erkəklər genetik analizatorlar olub, onlar resessiv w alleli daşıyan X-xromosomlu və "boş" Y-xromosomlu qamətlər əmələ getirir. Heteroziqot dişilərin (F_1) əmələ gətirdikləri qamətlərin bir hissəsi w^+ allelinə və digər hissəsi w allelinə malik olduğundan F_2 -nin hər iki cinsiyyətdən olan hibridləri arasında parçalanma 1:1 nisbətində baş verir.

Yuxarıda çarpazlaşmanın analizi göstərir ki, cinsiyyətlə ilişikli əlamətlərin irliliyi meyoz prosesində qamətlər əmələ

gelen zaman cinsiyyet xromosomlarının qametlere düşmesi ve hemin qametlerin mayalanma prosesinde birləşməsi ilə müəyyənmişdir. Odur ki, cinsiyyətlə ilişikli əlamətlərin ırsiliyi müəyyən genlərin cinsiyyət xromosomlarında yerləşdiyini və onların daşıyıcısı olduğunu sübut edir.

Drozofil milçeyində *Bar*, *cut*, *yellow*, *vermillion* və digər genlər də cinsiyyətlə ilişikli nəslə ötürülür. İnsanlarda qanın laxtalamanmaması—hemofiliya, rəng korluğu—daltonizm, bir sıra korluq, karlıq və s. genlərinin də cinsiyyətlə ilişikli ırsiliyi müəyyən edilmişdir.

Cinsiyyətlə ilişikli ırsiliyə aid təcrübələrin qoyulması

Məşğələnin məqsədi tələbələri cinsiyyətlə ilişikli əlamətlərin ırsiliyinin əsas qanunları ilə tanış etməkdən ibarətdir.

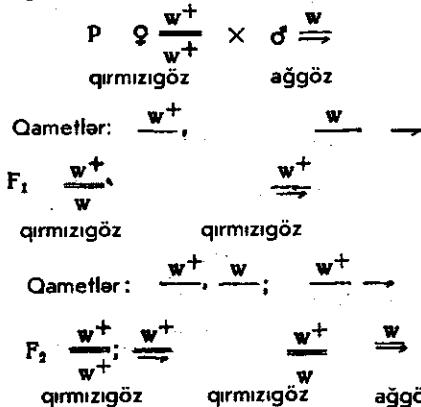
Tapşırıq. 1. Drozofildə cinsiyyət xromosomları ile tanışlıq və onlarda cinsiyyətin təyin edilməsi. 2. Çarpazlaşdırma lar aparmaq: *Normal* x *white*, ♂ ♀ *white* x *Normal*. 3. Nəzəri gözlənilən parçalanmanın sxemini tərtib etməli. 4. F_1 i analiz etmek və F_2 almaq üçün çarpazlaşma aparmaq. 5. F_2 nəsil alıb, onları analiz etmek.

Material və ləvazimat. Drozofil milçeyinin *Normal* və *white* xətləri. İçerisində tezə yem olan stekanlar. Hər tələbəyə təcrübə qoymaq üçün bir kompleks ləvazimat (səh. 67).

İşin yerinə yetirilməsi. Hər iki tələbə birlikdə düzünə və əksinə (resiprok) çarpazlaşdırma aparır. Təcrübə qoymazdan əvvəl tələbələr erkək və dişi fərdləri yaxşı fərqləndirirlər. Sonra mutant *white* xətlə müqayisə edilir.

Düzünə çarpazlaşdırma zamanı qırmızıgöz dişi fərdlər ağ göz erkək fərdlərlə çarpazlaşdırılır. Hər iki tələbə içerisinde yem olan 4–5 stekanın hər birinə 2–3 qırmızıgöz dişi 3–4 ağırgöz erkək milçək salır. F_1 hibridlər 10–12 gündən sonra kütləvi halda çıxmaga başladığda onların hər biri qeydə alınır, analiz edilir. F_1 nəsinin hamısının qırmızı gözlü olduğunu, birinci hibrid nəsinin eyniliyinin və qırmızı gözlüyün ağırgözlük üzerinde dominantlığının şahidi olduqdan sonra, milçəkləri cinsiyyətə görə ayırmak və onların sayını müəyyən etmək lazımdır. Alınmış nəticə cədvəldə qeyd edilir və statistik hesablanır.

F_1 -de alınmış milçeklərdən F_2 almaq üçün çarbazlaşdırma aparılır. Alınmış F_1 milçeklər iki fenotipik qrupa—qırmızı və ağıöz milçeklərə ayrılır. Həmçinin milçeklər cinsiyyətə görə ayırd edilməlidir. Bütün dişi milçeklər qırmızıgöz, erkəklərin isə arasında həm qırmızıgöz və həm də ağıöz milçeklərə rast gəlinir. Hər bir cinsiyyətdə olan milçeklərin miqdarını müəyyənləşdirmək və cədvəldə qeyd etmək lazımdır. Milçeklərin qeydi günüşri 4–5 dəfə aparılmalı və alınmış rəqəmlər ümmü mileşdirilib, statistik hesablanmasıdır. Bu zaman iki hissə qırmızıgöz dişi, bir hissə qırmızıgöz erkək və bir hissə ağıöz erkək milçeklərin alındığının nəzəri gözlənilen nəticəyə uyğunluğu müəyyən edilməlidir. Aşağıda düzüne çarbazlaşmanın sxemi verilir.



Əks çarbazlaşdırma zamanı ağıöz dişi və qırmızıgöz erkəklər çarbazlaşdırılır. Çarbazlaşdırma yene hər iki tələbə tərəfindən 4–5 stekanda aparılır. Alınmış F_1 nəsil fenotipik qrupa—qırmızı və ağıöz milçeklərə bölünür. Bütün qırmızıgöz milçeklər dişi, ağızählülər isə erkək olduğu müəyyən edilib, cədvələ qeyd edilməlidir. Parçalanmanın 1:1 nisbətində baş verdiyinin şahidi olduqdan sonra F_2 nəsil almaq üçün çarbazlaşdırma aparılmalıdır.

F_2 -de alınmış milçekləri gözünün rənginə və cinsiyyətinə görə qruplara bölmeli. Bu zaman həm dişi və həm də erkəklərin bir hissəsi qırmızıgöz və digər hissəsi ağıöz olacaqdır. Hər sinifdən olan milçeklərin miqdarını müəyyənləşdirib cədvələ yazmalı.

P	♀	$\frac{w}{w}$	X	♂	$\frac{w^+}{w^-}$
		ağgöz			qırmızıgöz
Qametlər:		$\frac{w}{w}$		$\frac{w^+}{w^-}$	\rightarrow
F ₁		$\frac{w^+}{w}$		$\frac{w}{w^-}$	

qırmızıgöz ağgöz

	♂	w^-	\rightarrow
♀			
w^+		$\frac{w^+}{w^-}$	$\frac{w^+}{w^-}$
w^-		$\frac{w^-}{w}$	$\frac{w}{w^-}$

Düzüne ve eks çarbazlaşdırılardan alınan rəqəmləri cədvələ yazıb, statistik hesablama aparılmalıdır (cədvəl 20).

Hər iki təcrübədən alınan rəqəmlərin statistik hesablanması göstərir ki, faktiki alınan rəqəmələr nəzəri gözlənilen parçalanmadan alınan rəqəmlərə uyğun gəlir. Burada "sıfır" fərziyyəsi qəbul edilir.

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. Bədəni boz (normal), qanadları uzun drozofillərin bir-birilə çarbazlaşdırılmasından aşağıdakı miqdarda nəsil alınmışdır: dişilər — 216, bədəni boz-uzunqanadlı və 68 bədəni boz-qanadları rudiment, erkəklər — 218, bədəni boz-qanadları uzun, 56 bədəni boz-qanadları rudiment, 214 bədəni sarı-qanadları uzun və 65 bədəni sarı-qanadları rudiment milçəklər alınmışdır. Əlamətlər nəslə necə ötürülür? Validdeynlərin və nəslin genotipini müəyyən etməli.

Drozosif miliçeyində gözün rənginin cinsiyyətə illikli ırslılığının tədqiqi

		Düzdürən şərpazlaşdırma Q qırmızıgöz x ♂ ağöz				Q ağöz x ♂ qırmızıgöz				Əks şərpazlaşdırma P ₁ və P ₂ -de mişakların məbləği			
		qırmızıgöz				ağöz				ağöz			
		erkek		dişi		erkek		Cəmi		erkek		dişi	
Faktiki alınmış Gözənlənilən parçalanma (P)	P ₁	852	884	0	0	1736	576	0	0	550	1126	0	0
Nəzəri Gözənlənilən par- çalanma (q)	P ₂	868	868	0	0	1736	563	0	0	563	1126	1	2
Kənarlanma (d) d ²		-16	16				13				-13		
$\chi^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,29 +$ + 0,29 - 0,58 P > 0,25							168				169		
Faktiki alınmış (P) Gözənlənilən parçalanma (P)	P ₁	986	498	—	—	517	1986	386	402	373	409	1570	4
Nəzəri Gözənlənilən par- çalanma (q)	P ₂	983	496,5	—	—	51	1986	392,5	392,5	392,5	392,5	1570	
Kənarlanma (d) d ²		-7	1,5			—	20,5	—5,5	9,5	-19,5	16,5		
$\chi^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,05 + 0,85 = 0,905$							420,25	30,25	90,25	380,25	272,25		
												0,08 + 0,23 + 0,97 + 0,69 = 1,97	
												P > 0,5	

Məsələnin qısa şərti

Drozofil. Bədənin rənginin və qanadlarının formasının irsiliyi. P. bədəni boz-qanadı uzun, x bədəni boz-qanadı uzun.

F_1 dişiler:

216—bədəni boz—qanadı uzun	erkəklər:
68—bədəni boz—qanadı rudiment	218—bədəni boz—qanadı uzun
-----	56—bədəni boz—qanadı rudiment
284	214—bədəni sarı—qanadı uzun
	65—bədəni sarı—qanadı rudiment

Həlli

1. Hər əlamətə görə irsiliyin analizi

a. Bədənin rəngi:

F_1 -də parçalanmanın ancaq erkəklər arasında baş verməsi bədənin rənginin cinsiyyətlə ilişikli nəslə ötürülməsini göstərir. Erkəklər arasında parçalanma:

bədəni boz	bədəni sarı
218	214
56	65
-----	-----
274	279

Əlamətin parçalanması 1:1 nisbətində baş verib, çox az kənarlanma müşahidə olunduğundan χ^2 üsulu ilə fərqlilik ehtimalını hesablamak lazım gəlmir. Əlamətin 1:1 nisbətində parçalanması onun monogen irsiliyini və dişi valideynin heteroziqotluğunu göstərir. Əlamət (rəng) cinsiyyətlə ilişikli olduğundan dominantlığı dişilərin heteroziqotluğuna görə müeyyən etmək olar, deməli, bədənin boz rəngi sarı rəng üzərində dominant olur. Onda A-bədəni boz, a-bədəni sarı,

dişinin genotipi $\frac{A}{a}$, erkəklərin genotipi $\frac{A}{A}$ olur.

b. Qanadın uzunluğu

F_1 -də həm dişi, həm də erkəklər arasında əlamətin parçalanması baş verir.

F₂—erkekler: qanadları uzun qanadları rudiment

218	56
214	65
<u>432</u>	<u>121</u>

dişilər:

♀ ve ♂ Cəmi:	216	68
	<u>648</u>	<u>189</u>

Əlamətlərin 3:1 nisbətində parçalanması başlangıç valideynlərin heteroziqotluğunu və həmin əlamətin cinsiyyətlə ilişikli olmadığını göstərir. İki fenotipik sinfin alınması və bu zaman qanadın uzunluğunun üstünlüyü bu əlamətin monogen irsiliyini güman etməyə imkan verir. Monogen irsilikdə qametlərin eyni ehtimalda birleşməsindən əmələ gəlmış ziqotlar arasında nəzəri olaraq belə parçalanma gözlənilir: 648:209,25=3,1; 189:209,25=0,93, bu da təxminən 3:1 nisbətinə uyğundur və χ^2 bunu inkar etmir. İndi allel genləri işaret edək. B—qanadları uzun, b—qanadları rudiment. Onda bu əlamətə görə dişilərin və erkeklerin genotipi Bb olar.

II. Hər iki əlamətə görə əlamətlərin irsiliyinin analizi. Məlum oldu ki, bədənin rəngini idarə edən genlər cinsiyyət xromosomlarında, qanadın uzunüğünü idarə edən genlər autosom xromosumlarda yerləşir və onlar nəslə bir-birindən asılı olmadan ötürülür.

Gözlənilən parçalanma: erkekliyə görə: (1 bədəni boz: 1 bədəni sarı) ×(3 qanadları uzun: 1 qanadları rudiment)=3 bədəni boz—qanadları uzun: 3 bədəni sarı—qanadları uzun: 1 bədəni boz—qanadları rudiment: 1 bədəni sarı—qanadları rudiment.

Dişilerde parçalanma ancaq autosomda yerləşən qanadların uzunüğünü idarə edən genlərə görə 3 hissə qanadları uzun və 1 hissə qanadları rudiment alınır. χ^2 üsulu ilə parçalanma yoxlanıldıqda “sıfır” hipotezi inkar olunmur.

Nəticələr

1. Bədənin rəngi X-xromosomunda yerləşən bir genlə idarə olunur və boz rəng sarı rəng üzərində dominantdır.

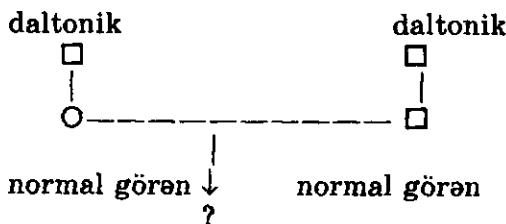
2. Qanadların uzunluğu autosom xromosomda yerleşen bir genlə idarə olunur, uzun qanadlıq rudiment qanadlıq üzerinde dominantlıq təşkil edir.

3. Öyrənilən əlamətlər nəslə bir-birindən asılı olmadan sərbəst ötürülür.

4. Valideynlərin genotipi: dişi $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$, erkek $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$ olur.

Məsələ 2. Atası daltonik olan qızın gözləri normal görür. Həmin qız gözləri normal görən, lakin atası daltonik olan oğlana əre gedir. Onların uşaqlarının görmə qabiliyyəti necə olacaqdır?

Məsələnin qısa şərti.



Həlli

Daltoniklik resessiv əlamət olub, cinsiyətlə ilişiklidir və bir genlə idarə olunur. Şərti işaretlər: D—normal görme, d—daltoniklik.

Cinsiyətlə ilişikli əlamət ancaq kişilərdə üzə çıxır. Bu da onların həmin əlamətə görə hemiziqotluğu ilə izah edilir. Onda kişilərin genotipini belə yaza bilərik, ata—daltonik $\underline{\underline{d}}$, normal görən kişi $\underline{\underline{D}}$. Qadın normal görürsə,

deməli, onun genotipində D alleli vardır. Qadın həmişə bir X-xromosomu atadan aldığından, o heteroziqotdur. D və d daltoniklik geninin daşıyıcısıdır. Hər iki valideyn iki tipdə qamet hazırlayırlar. Odur ki, belə nigahda qızlar normal görən (bu qızların yarısı daltoniklik geninin daşıyıcısı olur) və oğlanların əsas yarısı isə daltonik olur.

$\frac{\text{♀}}{\text{D}}$	σ	$\frac{\text{D}}{\text{D}}$	\rightarrow
$\frac{\text{D}}{\text{D}}$		$\frac{\text{D}}{\text{D}}$	$\frac{\text{D}}{\text{D}}$
$\frac{\text{d}}{\text{d}}$		$\frac{\text{D}}{\text{d}}$	$\frac{\text{d}}{\text{d}}$

Məsələ 3. Drozofil milçeyinin ayrı-ayrı xətlərində gözün rəngi müxtəlif olur. Aşağıda gözün rənginə görə iki resiproq carpaçlaşmadan alınan nəticəni veririk.

I təcrübə

Düzüne çarpaçlaşdırma

P. $\frac{\text{♀}}{\text{P. }} \text{açıq qırmızıgöz} \times \sigma$
normal göz
(1 № xətdən)

F_1 $\frac{\text{♀}}{\text{F}_1}$ və σ normal göz

Əks çarpaçlaşdırma

P. $\frac{\text{♀}}{\text{P. }} \text{normal göz} \times \sigma$ açıq
qırmızıgöz
(1 № xətdən)

F_1 $\frac{\text{♀}}{\text{F}_1}$ və σ normal göz

II təcrübə

Düzüne çarpaçlaşdırma

P. $\frac{\text{♀}}{\text{P. }} \text{açıq qırmızıgöz} \times \sigma$
normal göz
(2 № xətdən)

F_1 $\frac{\text{♀}}{\text{F}_1}$ normal göz və σ açıq qırmızıgöz

Əks çarpaçlaşdırma

P. $\frac{\text{♀}}{\text{P. }} \text{normal göz} \times \sigma$ açıq
qırmızıgöz
(2 № xətdən)

F_1 $\frac{\text{♀}}{\text{F}_1}$ və σ normal göz

Bu çarpaçlaşdirmalarda əlamətin irsiliyinin xarakteri necədir? Bu göstəricilərə görə drozofildə gözün rəngini idarə edən genlərin miqdarını müəyyən edə bilərsinizmi?

Həlli

1. Birinci təcrübədə resiprok çarpaçlaşdirmadan eyni nəticələrin alınması göstərir ki, əlamət cinsiyyətlə ilişikli deyil.

2. İkinci təcrübədə resiprok çarpaçlaşdirmaların nəticəsi-ri müxtəlifdir. Çarpaçlaşmanın birində irsiliyin çalın-çarpar

(kriss-kross) baş vermesi əlamətin cinsiyetlə ilişikliyini göstərir.

3. Gözün rəngini idarə edən genlərin miqdalarının parçalanması haqqında məlumat olmadığından onu dəqiq təyin etmək olmaz. Lakin, demək olar ki, drozofildə gözün rəngi azı iki genlə idarə olunur, bunlardan biri cinsiyyət (X) xromosomlarında, digəri autosom xromosumlarda yerləşir.

Məsələlər

1. Gözleri qırmızı, qanadları uzun iki drozofilin bir-birilə çarpazlaşdırılmasından aşağıdakı nəsillər alınmışdır:

Dişilər: 3/4 hissə gözleri qırmızı—qanadları uzun, 1/4 hissə gözleri qırmızı—qanadları rudiment;

Erkekler: 3/8 hissə gözleri qırmızı—qanadları uzun, 3/8 hissə gözleri ağ—qanadları uzun, 1/8 hissə gözleri qırmızı—qanadları rudiment və 1/8 hissə gözleri ağ—qanadları rudiment.

Bu əlamətlər nəslə necə ötürülür? Valideynlərin genotipi necədir?

2. Ağgöz dişi drozofilin gözleri qırmızı erkək milçəklə çarpazlaşdırılmışdır. Birinci nəsildən olan dişi milçəklərin onun atası ilə qayıtma çarpazlaşdırılmasından hansı rəngdə gözlərə malik milçəklər alınar? Birinci nəslin erkəklərinin valideyn ana milçəklərlə qayıtma çarpazlaşdırılmasından hansı milçəklər alınar?

3. Gözleri qonur və qanadları normal dişi drozofillerin gözleri qırmızı—qanadların ucu kəsik erkək milçəklərlə çarpazlaşdırılır. F_1 -də bütün erkək və dişi milçəklərin gözü qırmızı və qanadları normal, lakin F_2 -də parçalanma baş verir:

Dişilər: 321 gözleri qırmızı—qanadları normal, 72 gözleri qonur—qanadları normal;

Erkekler: 150 gözleri qırmızı—qanadları normal, 56 gözleri qonur—qanadları normal, 156 gözleri qırmızı—qanadları kəsik, 48 gözleri qonur—qanadları kəsik.

Əlamətlərin irlisiyi necədir? Valideynlərin və F_1 milçəklərin genotipini müəyyən edin. Əks çarpazlaşdırımdan F_1 və F_2 -də hansı milçəklər alınar?

4. Toyuqlarda rast gelenen cinsiyyetle ilişkili resessiv letal gen, cüceler yumurtadan çıxmazdan qabaq onların ölümünü səbəb olur. Normal dişilərin həmin letal genə görə heteroziqot olan erkək fərdlərlə çarpazlaşdırılmasından 156 diri cüce alınmışdır. Onlardan neçəsi erkək və neçəsi dişi olmuşdur?

5. Akvarium balığı medakinin ağ erkəkləri ilə qırmızı rəngli dişi fəndlərini çarpazlaşdırıldıqda, birinci nəsildə bütün fəndlər qırmızı olmuşdur. Lakin F_2 -də 177 hər iki cinsiyyətdən qırmızı və 63 ağ erkəklər alınmışdır. Əks çarpazlaşdırımada F_1 -də 197 ağ erkək və 130 qırmızı dişi fərd alınmışdır. Əlamətin irsiliyi necədir? Başlangıç valideynlərin genotipini müəyyən edin. Əks çarpazlaşdırımada F_2 -də alınmış 400 nəsil arasında hansı parçalanma gözlənilir?

6. Aşağıda gösterilen rənglərdə pişiklərin çarpazlaşdırılmasından müxtəlif rəngli nəsil alınır:

Pişiklərdə tükün rəngi nəslə necə ötürülür? Nə üçün erkək pişiklər tisbağa rəngli olmur? Bütün valideyn və nəslin genotipini yazın (cədvələ bax: səh. 151).

7. İnsanlarda tər vəzisinin olmaması resessiv əlamət olub, cinsiyyətle ilişkili nəslə ötürülür. Bu xəstəlikdən əziyyət çekmeyən oğlan cavan bir qızla evlənir. Bu qızın atasının tər vəziləri yoxdur, lakin ana və əcdadları sağlamdır. Bu nigahdan alınan oğlan və qız uşaqlarının həmin xəstəliyə tutulma ehtimalı necədir? Əgər oğlanların arvadları və qızlarının ərləri sağlamdırsa, onların övladları sağlam ola bilərmi?

Valideynlər		Nesil	
erkək	dişi	dişi	erkək
Qara	Kürən	Tisbağa rəng (üçrəngli)	Kürən
Kürən	Qara	Tisbağa rəng	Qara
Kürən	Tisbağa rəng	Kürən və tisbağa rəng	Qara və kürən
Qara	Tisbağa rəng	Qara və tisbağa rəng	Qara və kürən

8. Mavigözlü və normal görən kişi (hər iki valideynin gözləri boz, görməsi normal) normal görən və boz gözlü qadınla evlənir. Qadının valideyninin gözləri boz və normal görürmüş, qardasının gözü mavi rəngli və daltonik olmuşdur. Bu nigahdan doğulmuş qızın gözü boz rəngli və

normal görən, iki oğlan uşağının gözü mavi rəngli, lakin onlardan biri daltonik olmuşdur. Ailenin səcərə cədvələni tərtib edib, onların genotipini müəyyənləşdirməli.

TAPŞIRIQ 14

İLİŞİKLİ İRSİLİK VƏ KROSSİNQOVER

Genlərin ilişikliyi. Genetik analiz nəticəsində məlum olmuşdur ki, sərbəst kombinasiyaları öyrənilən genlər müxtəlif xromosomlarda yerləşdikdə (Mendelin II qanunu) genlərin ilişikliyi baş vermir. Məlumdur ki, hər bir növ orqanizmlərə xas olan xromosom cütlerinin sayı çox olmasa da, onların miqdarı növ üçün sabitdir, lakin orqanizmin əlamət və xüsusiyyətlərini idarə edən genlərin miqdarı həddindən artıq çoxdur. Bu hər bir xromosomda genlərin miqdarının çox olmasını göstərir. Eyni xromosomda yerləşən genlər meyoz prosesində də eyni qameta düşür və nəslə birgə ilişikli ötürülür. T. Morgan bu hadisəni genlərin ilişikliyi qanunu adlandırmışdır.

Heyvanlardan genotipi en çox öyrənilmiş drozofil milçəyinin 4 cüt xromosomunda, artıq 2000-dən çox gen müəyyən edilmişdir. Eyni xromosomda yerləşən və ilişikli nəslə ötürülen genlər ilişiklik qrupu təskil edir. Hər bir növdə homoloji xromosomlar oxşar gen yiğimina malik olduğundan ilişiklik qrupları xromosomların haploid yiğimina müvafiq olur. Məsələn, drozofilde 4 ilişiklik qrupu ($2=8$), noxud bitkisində 7 ilişiklik qrupu ($2n=14$), qarğıdalıda 10 ilişiklik qrupu ($2n=20$) və s. vardır. Her bir ilişiklik qrupunun genleri digər ilişiklik qrupunun genlərindən asılı olmadan nəslə ötürülür.

Genlərin ilişiklik hadisəsi ilə drozofil milçeyində tanış olaq. Bunun üçün drozofilin II xromosomunda iki resessiv mutasiyaya malik *black-vestigial* xəttindən olan erkək milçəklər *Normal* xətdən olan dişi milçəklərlə çarpazlaşdırılır. Bu zaman F_1 -də alınmış heteroziqot erkək milçəklər ilə *black-vestigial* genlərinə görə homoziqot dişi milçəklər çarpazlaşdırılır. Belə çarpazlaşdırımda F_1 hibridlərin hamısı fenotipe görə normal, lakin hər iki mutant genə görə heteroziqot

olur. Analizedici çarbazlaşdırmaдан alınmış iki tip milçeklərin yarısının bədəni qara, qanadları rudiment və bu qədər də rəngi və qanadları normal milçeklər olur, yəni ancaq valideyn əlamətli milçeklər alınır.

Drozofil milçeyində əlamətlərin tam ilişikli irsiliyi

Mutant b və vg genləri eyni valideyndə olduqda

$$P \text{ ♀ } \frac{++}{++} \times \text{ ♂ } \frac{b \text{ vg}}{b \text{ vg}}$$

Qametlər: $\frac{++}{}, \frac{b \text{ vg}}{}$

$$F_1 \text{ ♀ və ♂ } \frac{+ +}{b \text{ vg}}$$

Mutant b və vg genləri müxtəlif valideyndə olduqda

$$P \text{ ♀ } \frac{+ \text{ vg}}{+ \text{ vg}} \times \text{ ♂ } \frac{b +}{b +}$$

$\frac{+ \text{ vg}}{}, \frac{b +}{}$

$$\frac{+ \text{ vg}}{b +}$$

		♂	$\frac{++}{}$	$\frac{b \text{ vg}}{}$
		♀		
$\frac{b \text{ vg}}{}$	$\frac{+ +}{}$			
	$\frac{+ +}{b \text{ vg}}$			

		♂	$\frac{+ \text{ vg}}{}$	$\frac{b +}{}$
		♀		
$\frac{b \text{ vg}}{}$	$\frac{+ \text{ vg}}{}$			
	$\frac{+ \text{ vg}}{b \text{ vg}}$			

Hər iki çarbazlaşdırma da birinci nesildə ancaq normal əlamətlərə malik hibridlər, F_2 -də isə valideyn əlamətlərinə malik nesiller alınır, yəni əlamətlər yeni kombinasiyalar əmələ getirmədən ilişikli nəslə ötürülür.

Krossinqover. Genlərin ilişikli irsiliyi daimi olmayıb, bəzən pozulur. Bu, meyoz prosesində homoloji xromosomların çarbazlaşması (konyuqasiyası) zamanı onların eyni sahələri arasında baş verən mübadilə ilə izah edilir. Deməli, meyoz prosesində homoloji xromosomların (ata və ana xromosomlarının) eyni sahələri arasında baş verən mübadilə krossinqover adlanır. Krossinqover valideynlərdə olmayan, lakin nəslin genotipində yeni kombinasiya dəyişkənliliklərinin meydana çıxmamasına səbəb olur.

Krossinqover organizmler almaq üçün yene də drozofilin *black-vestigial* mutant xəttindən istifadə edək. Bu təcrübədə, birincidən fərqli olaraq F_1 hibridlərin dişi (heteroziqot) fərdləri homoziqot resessiv *black-vestigial* elametli erkək milçəkləri ilə çarrazlaşdırılır.

Qeyd etmək lazımdır ki, drozofilin erkəklərində meyoz prosesində xromosomların çarrazlaşması baş vermediyindən heteroziqot erkək milçəklər krossinqover qametlər əmələ gətirmir. Krossinqover prosesi drozofilin heteroziqot dişi fərdlərində baş verir və fenotipik olaraq üzə çıxır. Odur ki,

F_1 dişi milçəkləri sis vəziyyətdə $\frac{+ +}{b \ vg}$ genotipinə malik olub, iki tip krossinqoversiz qametlər $\frac{+ +}{+ vg}$; $\frac{b +}{bvg}$ və iki yeni

tipdə krossinqoverli qametlər $\frac{+ vg}{+ vg}$ $\frac{b +}{b +}$ əmələ gətirir. Belə qametlərlə analizedici çarrazlaşdırmadan iki hissə valideyn tipli və iki yeni tipli-krossinqover nəsil: rəngi boz—qanadları rudiment və rəngi qara—qanadları normal milçəklər alınır. Lakin alınmış bu milçəklərin nisbəti müxtəlif olur, yəni 83% krossinqoversiz və cəmi 17% krossinqoverli nəsil alınır (şəkil 21).

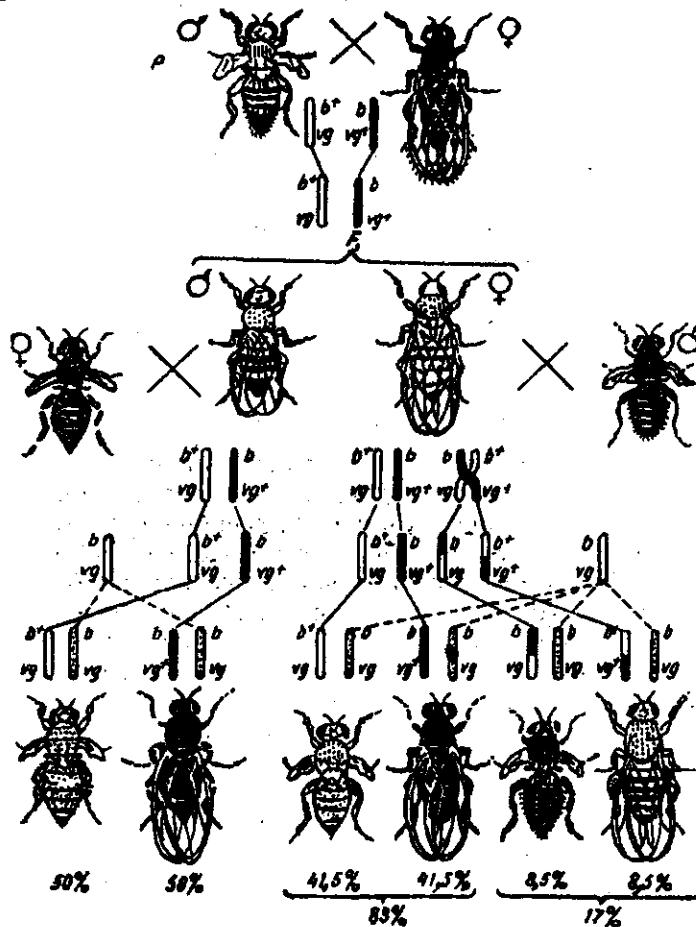
Təcrübədə alınan krossinqover fərdlərin miqdarının (n) F_2 -nin ümumi milçəklərinin miqdarına (k) faizla nisbəti çarrazlaşma tezliyi və ya krossinqover faizi adlanır.

$$\frac{n \times 100}{k} = \text{krossinqover faizi.}$$

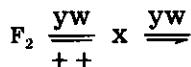
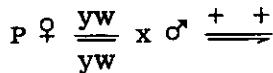
Xromosomda genlər arasında məsafə onların arasında baş verən krossinqover faizi ilə ifadə olunur. Hər bir krossinqover faizi çarrazlaşma və ya krossinqover vahidi adlanır. Bəzən bu morqonoidlərlə də göstərilir.

Xromosomda genlərin xətti yerləşməsi nəzəriyyəsinə əsasən deyə bilərik ki, genler arasında krossinqoverin miqdarı (tezliyi) xromosomda onlar arasındaki məsafədən asılıdır, yəni genlər bir-birindən nə qədər uzaq olarsa, krossinqover tezliyinin ehtimalı çox, yaxın olarsa, bir o qədər az

olar. Bu məsələnin şahidi olmaq üçün drozofildə başqa bir çarbazlaşdırma aparaq. Bunun üçün drozofilin normal erkeklerini sarı bədən *yellow(y)* və ağ göz *white(w)* xəttindən olan dişi milçəklərlə çarbazlaşdırıraq. Öyrəndiyimiz genlər X-xromosomda yerləşir və bu çarbazlaşdırma analizedici çarbazlaşdırma tiplidir.



Şəkil 21. Drozofilde əlamətlərin ilişkili irsiliyi:
1—krossinqover olmadıqda (F_1 -de erkek heteroziqotluğunda);
2—krossinqover olduqda (F_1 -de dişi heteroziqotluğunda).

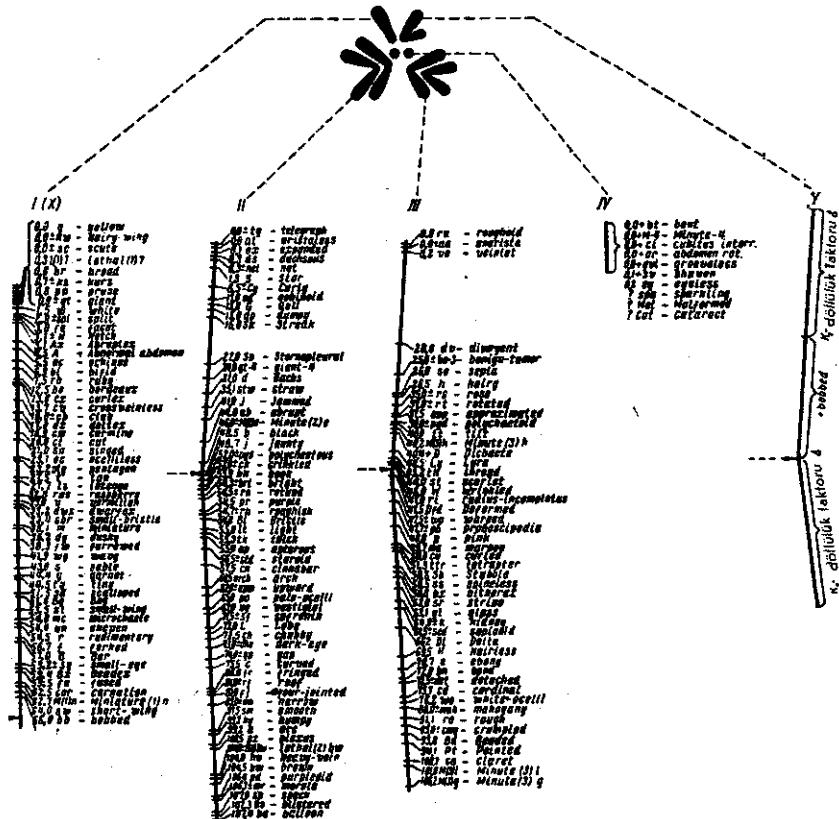


Birinci nəsildən olan milçəkləri bir-birilə çarpazlaşdırıb F_2 alındıqda dörd sinifdən olan milçəklər əmələ gəlir: onların iki hissəsinin bədəni sarı—gözleri ağ və əlamətləri normal milçəklərdir, yəni valideyn əlamətlərinə malik formalar olub, nəslin əksərini (98,5%) təşkil edir. İki digər formalar, bədəni sarı—gözleri qırmızı və bədəni boz—gözleri ağ milçəklər isə X-xromosolların çarpazlaşması *yellow* və *white* genlərin mübadiləsi nəticəsində alınır. Bunların cəmi F_2 -də olan ümumi milçəklərin 1,5%-ni təşkil edir. Alınmış krossinqover tezliyi göstərir ki, X-xromosonda *yellow* və *white* genləri bir-birinə çox yaxın, yəni 1,5% (morphanoid) məsafədə yerləşir.

Biz çox müxtəlif genlərə görə çarpazlaşdırma aparmaqla alınmış krossinqover faizinə əsasən həmin genlər arasında mövcud olan məsafəni müəyyən edə bilərik. Alımlar krossinqover faizini müəyyənleştirməklə bəzi orqanizmlərin xromosollarının gen xəritəsini tərtib etmişlər. Xromosolların gen xəritəsi drozofil milçəyində, siçanda, dovşanda, göyərçində, toyuqlarda, insanda, pomidor, qarğıdalı bitkilərində və s. müəyyən edilmişdir.

Hər bir növün xromosomlarının genetik xəritəsini tərtib etmək və öyrənilən genin xromosomun hansı lokusunda yerləşdiyini müəyyən etmək üçün heç olmazsa, bir-birindən üş ilişikli əlamətlə fərqlənən iki orqanizm arasında çarpazlaşdırma aparmaq lazımdır. Krossinqover eyni vaxtda homoloji xromosolların bir və ya bir neçə sahəsində baş verə bilir. Əgər bir sahədə baş verirsə, birqat, iki sahədə baş verirsə, ikiqat krossinqover adlanır. Bu məsələni aydın başa düşmək üçün II autosom xromosomunda ilişikli yerləşən *black* (*b*), *cinnabar* (*cn*) və *vestigial* (*vg*) genlərinə görə mutant drozofil milçəklərini hər üç əlamətinə görə normal olan milçəklərlə çarpazlaşdırıraq. F_1 -də alınmış (hər üç əlamətə görə heteroziqot olan) dişi fəndlərdə qametogenez prosesində ayrı-ayrı genlər arasında və eyni zamanda hər üç gen arasında kros-

sinqover gedə bilər. Beləliklə, əgər triheterozygot fərdlərdə həmin genlər tam ilişiklik təşkil edirse (F_1 -in erkək fərdlərində), onlar iki tipdə qamet əmələ gətirmək ehtimalına malikdir. Lakin krossinqover nəticəsində ilişiklik pozularsa (F_1 -in dişi fəndlərində), onda əlavə 6 tipdə də qametlərin əmələ gəlməsi ehtimalı vardır. Nəticədə əmələ gələn 8 tipdə qametlərin analizedici çarpzlaşdırılmasından iki tipdə valideyn əlamətlərinə malik və 6 krossinqover tipli nəsil alınır.



Səkil 22. Drozofilin genetik xəritəsi (ilişikli qruplar):

Şekil 22. Dizozomlu genotiplerdeki (I-IV) genlerin lokusları
İlişkili gruplara roman sayımları (I-IV) ile gösterilir. Genetik xəritədə
verilən sayımların lokusları (yeri) göstərilir. Xromosomda genin
adından sağda yazılılan hərflər həmin genin hansı elamətə təsirini göstərir:
B-bədən; *E*-göz; *W*-qanad; *H*-qlıçıqlar.

B—bədən; *E*—göz; *W*—qanad; *H*—qılıçlılar.

Cedvel 21

Drozofilde üç ilişkili genle elametlerin nesle ötürülmesi

$$P \frac{+++}{+++} \times \frac{b}{b} \frac{cn}{cn} \frac{vg}{vg}$$

$$P_1 \frac{+++}{b\ cn\ vg} \times \frac{b}{b} \frac{cn}{cn} \frac{vg}{vg}$$

F1 diki milçeklerin çametleri ve aynı zamanda F3 fenotipik radikalalar	Gözlemlenen FB milçeklerinin genotipi	F1 fenotiplerinin miktarı	Ferdlerin milçeri, faizde
<u>+++</u> <u>b cn vg</u>	<u>+++</u> <u>b cn Vg</u>	815	80,1
	<u>b - cn - Vg</u>	839	
	<u>b - cn - Vg</u>		
<u>+ cn - Vg</u> <u>b - ++</u>	<u>+ - cn - Vg</u> <u>b cn Vg</u>	79	8,2
	<u>b +</u> <u>b cn + Vg</u>	90	
<u>++</u> <u>b - cn Vg +</u>	<u>+ - + - Vg</u> <u>b cn Vg</u>	119	11,2
	<u>b - cn - +</u> <u>b cn - Vg</u>	112	
<u>+ cn +</u> <u>b + - Vg</u>	<u>+ - cn - +</u> <u>b - cn - Vg</u>	3	0,25
	<u>b - + - Vg</u> <u>b - cn - Vg</u>	2	
C e m i		2059	100

Apardığımız çarpazlaşdırında (cedvel 21) alınmış ayrı ayrı fenotipik sınıflardan olan milçeklere əsasən krossinqover faizini hesablamaqla öyrəndiyimiz genler arasında məsafəni və onların xromosumlarda yerleşməsini müəyyən edə bilərik. Analizedici çarpazlaşdırında F_B nəsildə birinci sahədə $b\text{-}cn$ genleri arasında krossinqover $8,2+0,25=8,45\%$, II sahədə $cn\text{-}vg$ genleri arasında krossinqover $11,2+0,25=11,45\%$ təşkil edir. Onda $b\text{-}vg$ genleri arasında krossinqover I və II sahələrdə baş verən krossinqover faizlerinin

cəminə ($8,2+11,2=19,4$) bərabər olar. Nəzərə almaq lazımdır ki, ikiqat krossinqover eyni zamanda hər iki sahədə getdiyindən, alınmış ikiqat krossinqover faizi (0,25%) hem I sahədə və həm də II sahədə alınmış krossinqover faizlərinin üzərinə əlavə edilmelidir. Onda əslində b-vg genləri arasında krossinqover $8,45+11,45=19,9\%$ təşkil edir.

Drozofil milçeyinin xromosomlarının gen xəritəsindən (şəkil 22) bize məlumdur ki, II xromosomda *b* geni — 48,5, *cn* geni — 57,5 və *vg* geni 67,0 lokuslarda yerləşir. Deməli, krossinqover *b-cn* genləri arasında 9% (bizim təcrübədə 8,45%), *cn-vg* genləri arasında 9,5% (bizim təcrübədə 11,45%) və nəhayət, *b-vg* genləri arasında 18,5% (bizim təcrübədə 19,9 %) təşkil edir. Bizim təcrübədə alınan krossinqover faizləri nəzəri gözlənilən faizlərdən çox az fərqlənir.

Genlərin ilişkiliyi və krossinqoverə aid təcrübələrin qoyulması

Məşğələnin məqsədi tələbələrə 3 məsələni əyani başa salmaqdan idarətdir: 1. Genlərin ilişkili nəslə ötürülməsi. 2. Genlərin ilişkiliyinin pozulması. 3. Krossinqover faizini hesablamalı, genlər arasında məsafə və onların xromosollarda lokusunun (yerinin) müəyyən edilməsi. Bu məsələləri izah etmək üçün 3 təcrübənin aparılması lazımdır.

I təcrübə (genlərin ilişkiliyi)

Tapşırıq 1. Drozofilin normal xətti ilə *black-vestigial* xəttindən olan milçeklər arasında çarpanlaşdırma aparmalı. 2. Birinci nəsildən olan hibrid milçekləri analiz edib, onların erkəklərini resessiv əlamətli valideyn xəttindən olan dişi milçeklərlə çarpanlaşdırmalı. 3. Alınmış F_2 nəсли analiz edib, faktiki alınmış rəqəmlərin nəzəri gözlənilən parçalanma ilə uyğunluğunu statistik hesablamalı.

Material və ləvazimat. Drozofil milçeyinin *Normal* və *black-vestigial* mutant xətləri. İçərisində təzə yem olan

stekanlar ve her iki tələbəyə bir komplekt ləvazimat (səh. 67).

İşin yerinə yetirilməsi. Təcrübənin qoyuluşu üsulu dihibrid çarbazlaşdırında olduğu kimidir. Lakin burada F_B nəsil almaq üçün F_1 hibridlərin erkekleri ilə analizedici çarbazlaşdırma aparılır (səh. 152, sol tərəfdəki sxemdə olduğu kimi). F_1 nəsil milçəkləri normal (bədəni boz-qanadları uzun) əlamətlərə malikdir. F_1 -in analizedici çarbazlaşdırılmasından bir hissə normal əlamətli, bir hissə isə bədəni qara və qanadları rudiment milçəklər alınır (cədvəl 22). Təcrübə nəticəsində iki sinif milçəklərin 1:1 nisbətində alınması her iki genin eyni xromosomlarda yerleşib, ilişikli nəslə ötürüldüyünü göstərir. Statistik hesablama 1:1 nisbətində parçalanmanın nezəri gözlənilən parçalanmaya uyğun olduğunu göstərir və "sıfır" fəriyyəsini inkar etmir.

Cədvəl 22

Drozofil milçeyində genlərin ilişikliyində analizedici çarbazlaşdırmadan alınan nəticənin analizi

F_B	I təcrübə			II təcrübə		
	$F_1 \sigma \times \varphi b-bg$			$F_1 \sigma \times \varphi b-bg$		
	bədəni boz-qanadları uzun	bədəni qara-qanadları rudiment	cəmi	bədəni boz-qanadları uzun	Bədəni qara-qanadları rudiment	cəmi
Təcrübədən alınmış (p)	322	338	660	288	268	556
Parçalanma	1	1	2	1	1	2
Nəzəri gözlənilən (q)	330	330	660	278	278	556
Kənarlanma (d)	-8	8		10	-10	
d^2	64	64		100	100	

$$\chi^2 = \varepsilon \frac{d^2}{q} = 0,19 + 0,19 = 0,38; 0,36 + 0,36 = 0,72$$

$$P > 0,5 \quad P > 0,25$$

II təcrübə (krossinqover)

Tapşırıq 1. Burada da drozofil milçeyinin *Normal* xətti ilə *black-vectigial* xətti arasında çarbazlaşdırma aparılır. 2. Birinci nəsildən olan hibrid milçəkləri analiz edib, onların

dişi ferdlerinin resessiv əlamətli erkək milçeklərlə çarpazlaşdırılması aparılır. 3. Alınmış F_B nəslə analiz edilib, faktiki alınmış rəqəmlərin nəzəri gözlənilən rəqəmlərlə (χ^2) uyğunluğu müəyyən edilir.

Material və ləvazimat. I təcrübədə olduğu kimi tələb edilir.

İşin yerinə yetirilməsi. Tələbələr I təcrübəni tekrar etməlidirlər. Lakin burada F_1 -in dişi formaları resessiv əlamətli erkəklərlə çarpazlaşdırılır. Bu təcrübədə, birinci təcrübədən fərqli olaraq, F_B nəsildə, əsasən, iki sinifdən olan (bədəni boz—qanadları uzun və bədəni qara—qanadları rudiment) milçeklərdən başqa, az miqdardır yeni kombinasiyalı (bədəni boz—qanadları rudiment və bədəni qara—qanadları uzun) milçeklər alınır (cədvəl 23).

Təcrübədən alınan nəticələrin 4 sinifdə parçalanması göstərir ki, valideyn əlamətlərinə malik (bədəni boz—qanadları uzun və bədəni qara—qanadları rudiment) milçeklər ümumi milçeklərin 82,2%-ni təşkil etdiyi halda, yeni kombinasiya ilə əmələ gələn (bədəni qara—qanadları uzun və bədəni boz—qanadları rudiment) milçeklərin cəmi 17,5%-dir. Diger tərəfdən 1:1:1:1 nisbətində baş vermiş parçalanmanın χ^2 üsulu ilə hesablanması “sıfır” hipotezini inkar edir. Bunlar göstərir ki, təcrübədə iki yeni kombinasiyalı əlamətlərə malik milçeklər meyozda əmələ gelmiş krossinqover qametlərin mayalanması nəticəsində meydana çıxmışdır (cədvəl 23).

Cədvəl 23

Drozofil milçeyində genlərin ilişkiliyində analizedici çarpazlaşdırımdan alınan nəticənin analizi

F_B	$F_1 \text{ ♀ } \times \text{ ♂ } \text{ b—bg}$				
	bədəni boz— qanadları uzun	bədəni qara— qanadları rudiment	bədəni qara— qanad- ları uzun	bədəni boz— qanadları rudiment	Cəmi
Təcrübədən alınmış (p)	216	224	50	46	536
Parçalanma	1	1	1	1	4
Nezəri gözlənilən (q)	134	134	134	134	536
Kenarlanma d	82	90	-84	-88	
χ^2	6724	8100	7056	7744	

$$\chi^2 = \epsilon \frac{d^2}{q} = 50,2 + 60,4 + 52,6 + 57,8 = 221,$$

$n' = 3; P < 0,01$

III təcrübə

Təcrübədə məqsəd üç genin ilişkiliyini sübut etmək, həmin genlər arasında krossinqover fazizini hesablamamaq və bu üç genin xromosomda yerini müəyyən etməkdən ibarətdir.

Tapsırıq. 1. Drozofil mliçeyinin üç əlaməti üzrə mutant *black-cinnabar-vestigial* xətti ilə normal xəttin çarpazlaşdırılması. 2. F_1 nəslin analizi və hibrid dişi milçəklərin resessiv əlamətlərə malik erkək milçəklərlə çarpazlaşdırılması. 3. F_B nəsildən olan milçəklərin dəqiq qeydə alınması və xüsusi cədvəldə qeyd etməkle analizi.

Material və ləvazimat. Her iki tələbəyə içərisində təzə yem olan 3–4 stekan verilir. F_1 almaq üçün tələbələrə normal xətdən (bədəni boz, gözləri qırmızı və qanadları uzun) və mutant xətdən olan (bədəni qara, gözləri açıq-qırmızı və qanadları rudiment) milçəklər verilir. Təcrübə qoyan tələbələr komplekt levazimatla təmin olunur (səh. 67).

İşin yerinə yetirilməsi. Göstərilən her iki xətdən (normal və mutant) olan milçəklərlə yaxından tanış olduqdan sonra, bədəni qara (b), gözləri açıq-qırmızı (cn) və qanadları rudiment (vg) olan virgin dişi milçəklər hər üç normal əlamətlərə malik erkəklərlə çarpazlaşdırılır. Hər iki tələbə F_1 hibridlərin hamısının normal əlamətlərə malik olduğunu şahidi olduqdan sonra, F_B nəsil almaq üçün 8–10 stekanda təcrübə qoyur. Bunun üçün F_1 hibridlərin dişi fərdləri resessiv əlamətli valideyn forması ilə çarpazlaşdırılır. Artıq məlumdur ki, drozofilin erkəklərində krossinqover getmir. F_B nəslin analizi zamanı milçəklər 8 fenotipik sinfə ayrıılır. Qeyd etməliyik ki, milçəklərin 8 fenotipik sinfə ayrılması çox çətin əməliyyat olub, tələbədən və hətta müəllimdən diqqətlilik tələb edir. Odur ki, tələbələrin işinin nəticəsi həmişə müəllim tərəfindən yoxlanılmalıdır. Milçəklərin qruplara düzgün ayrılması müəllim tərəfindən yoxlanıldıq-

dan sonra fenotipik radikallardan istifadə edərək xüsusi cədvələ qeyd edilir. Fenotipik siniflərdə valideyn əlamətli milçəklərdə daha çox rast gelindiyinə nəzər yetirin: gözləri qırmızı bədəni boz-qanadları uzun və gözleri açıq qırmızı bədəni qara-qanadları rudiment.

Təcrübədən alınmış cəmi 2059 milçəyi 8 fenotipik siniflərə bölüb, krossinqover faizini hesablaşdırıqdan sonra, genlərin xromosomda yerini və bir-birindən hansı məsafədə yerləşdiyini müəyyən edirik. Artıq bize məlumdur ki, *b* və *cn* genləri arasında krossinqover

$$\frac{(169 + 5) \times 100}{2059} = 8,45\%,$$

cn və *vg* genləri arasında krossinqover

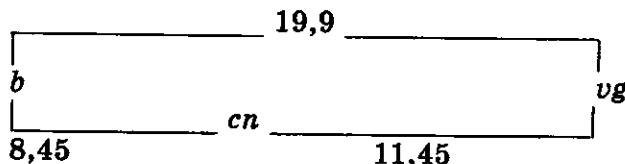
$$\frac{(231 + 5) \times 100}{2059} = 11,45\%,$$

b və *vg* genləri arasında krossinqover

$$\frac{(169 + 5) + (231 + 5) \times 100}{2059} = 19,9\%$$

təşkil edir.

Hər üç gen arasında məsafəni bildikdən sonra həmin genlər üçün genetik xəritədə sahəni müəyyən etmək olar. Xromosomda *b* və *vg* genləri bir-birindən daha uzaq məsafədə yerləşir. Təcrübədə *cn* geninin *b* genindən 8,45% və *vg* genindən 11,45% məsafədə yerleşməsi, *cn* geninin *b* və *vg* genləri arasında yerləşdiyini göstərir. Onda xəritənin bu genlər yerləşən sahəsi aşağıdakı kimi göstərile bilər.



Beləliklə, krossinqover tədqiq etdiyimiz *b* və *cn* genləri arasında, *cn* və *vg* genləri arasında (bir qat krossinqoverlər), nəhayət, hər iki sahədə eyni zamanda (ikiqat krossinqover) baş verə bilir. Xromosolların genetik xəritəsini tərtib

etmək üçün azı üç və daha çox ilişikli genlərdən istifadə edilməlidir.

Interferensiya. Xromosomda genlərin miqdarı çox olduğundan krossinqover eyni zamanda iki və daha çox sahələrdə baş verə bilir. Bir sahədə baş verən krossinqover ona yaxın başqa sahədə baş verən krossinqoveri çətinləşdirir. Bu hadisə interferensiya adlanır. Əgər interferensiya olmasaydı, onda üç gen arasında baş verən krossinqover faizi birinci (*b-cn*) və ikinci (*cn-vg*) sahələr arasında baş verən krossinqover faizlərinin vurma hasilinə bərabər olardı. Bizim misalımızda əslində interferensiya olmasaydı, ikiqat krossinqover

$$\frac{(8,2 + 0,25) \times (11,2 + 0,25)}{100} = 0,97\%$$

təşkil etməli idi. Həqiqətdə 21-ci cədvəldən göründüyü kimi krossinqover *b* və *vg* genləri arasında cəmi 0,25% təşkil etmişdir. Görünür birinci sahədə krossinqover ikinci sahədə krossinqoverə və əksinə təsir göstərmişdir. Başqa sözlə, interferensiya baş vermişdir.

Interferensiya qüvvəsi konsidensiya (uyğunluq) əmsali ilə ifadə olunur və aşağıdakı kimi hesablanır:

Faktiki ikiqat krossinqover faizi

nəzəri gözlənilən ikiqat krossinqover faizi

Bizim misalımızda konsidensiya əmsalı $0,25 : 0,94 = 0,26$ təşkil edir. İnterferensiya azaldıqda konsidensiya əmsalı vahidə yaxınlaşır. İnterferensiya müxtəlif növlerdə, eyni növün ayrı-ayrı xromosomlarında və hətta eyni xromosomun müxtəlif sahələrində müxtəlif ola bilir.

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. İki A və B dominant genlərdə homoziqot fəndlər *aabb* genotipli fəndlərlə çarpanlaşdırılır. F_1 -in hibridlərinin hər iki genlərə görə resessiv əlamətli fəndlərlə analizedici çarpanlaşdırılması aparıldıqda, aşağıdakı miqdarda nesil alınmışdır: AB—1206: Ab—116: aB—105 və ab—1275. İrsilik tipini müəyyən edin.

Məsələnin qısa şərti.

P	AABB × aabb
F ₁	AaBb × aabb
F _B	1206—AB 116—Ab 105—aB 1275—ab

2702

Həlli

Diheteroziqotların analizedici çarbazlaşdırılmasından dörd fenotipik sinif alınır. Õğər A ve B genlərinin irsiliyi bir-birindən asılı olmadan getməseydi, onda nəsildə parçalanma 1:1:1:1 nübüttində baş verərdi. Nəsilde valideyn fenotipli formaların üstünlüyü genlərin ilişikliyini göstərir. Ab və aB rekombinatlar A və B genləri arasında baş verən krossinqover nəticəsində emelə gələ bilər.

Krossinqover faizini hesablayaq:

$$\frac{(116 + 105) \times 100\%}{2702} = 8,18\%$$

Nəticə: A və B genləri eyni xromosomda yerləşir və onların arasında məsafə 8,18% krossinqover təşkil edir.

Məsələ 2. Üç cüt alternativ əlamətlə heteroziqot olan organizmin —AaBbCc analizedici çarbazlaşdırılmasından alınan aşağıdakı nəticənin genetik analizini aparıb, irsilik tipini müəyyənləşdirməli.

Məsələnin qısa şərti

P	AaBbCc × aabbcc
	ABC—250
	Abc—20
	AbC—122
	Abc—130
	aBC—126
	aBc—140
	abC—30
	abc—242

1060

H e l l i

1. Genlerin ırsılık karakterini müeyyən etmək.

A və B genlerine göre parçalanma:

AB	Ab	aB	ab
250	122	126	242
<u>20</u>	<u>130</u>	<u>140</u>	<u>30</u>
270	252	266	272

Burada parçalanma 1:1:1:1 nisbətlərinə uyğun geldiyindən, belə güman etmək olar ki, genlerin ırsılıyi sərbəst baş verir. χ^2 üsulu ilə yoxlama bu fikri inkar etmir ($\chi^2=1,01$; $P>0,75$).

B və C genlerine göre parçalanma

BC	Bc	bC	bc
250	20	122	242
<u>126</u>	<u>140</u>	<u>30</u>	<u>130</u>
376	160	152	372

Burada parçalanmanın 1:1:1:1 nisbətlərinə (serbest paylanması olduğu kimi) uyğun gelmeməsi göstərir ki, bu genlər ilişklidir. BC və bc genləri krossinqoversizdir və həmin genlər "cəzbetmə" mərhələsində (meyozda homoloji xromosomların konyuqasiyası zamanı) çarpzalaşaraq Bc və bC genlərini krossinqoverə uğradır.

Krossinqover faizi $\frac{(160 + 152) \times 100\%}{1060} = 29,43\%$ təşkil edir.

A və C genlerine göre parçalanma

AC	Ac	aC	ac
250	20	126	140
<u>122</u>	<u>130</u>	<u>30</u>	<u>242</u>
372	150	156	382

Burada da A ve C genleri ilişiklidir. AC ve ac genleri krossinqoversiz olub, "cəzbetmə" mərhələsində çarpzalaşaraq Ac ve aC genlərini krossinqoverə uğradır.

Krossinqover faizi $\frac{(150 + 156) \times 100\%}{1060} = 28,87\%$ təşkil edir.

A geni C geni ilə, C geni b geni ilə və A geni B geni ilə ilişiklidir. Həmin genlər "cəzbetmə" fazasında çarpzalaşmaya girmiş, krossinqoverlərin fenotipi Ab və aB olmuşdur.

Krossinqover faizi $\frac{(252 + 266) \times 100\%}{1060} = 48,87\%$ təşkil edir.

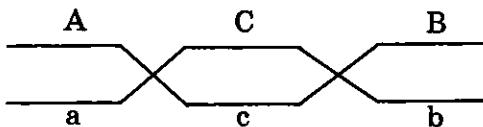
2. Xromosomda genlərin yerini müəyyən etməli.

Krossinqover faizi en çox A və B genləri arasında olduğundan, demək olar ki, A və B genləri tədqiq etdiyimiz xromosom sahəsinin uc hissələrində, C geni isə onların arasında A geninə bir qədər yaxın yerləşir.

A 28,87 C 29,43 B

Göstərilən genlər arasında krossinqover hesablanan zaman ikiqat krossinqover nəzərə alınmamışdır.

İkiqat krossinqoverli fəndlərin fenotipi AcB və aCb-dən ibarət olur.



İkiqat krossinqover
 $\frac{(20 + 30) \times 100\%}{1060} = 4,72\%$ təşkil edir.

İkiqat krossinqover də nəzərə alınarsa, A və B genləri arasında məsafə:

$48,87 + (4,72 \times 2) 48,87 + 9,44 = 58,31\%$
 olmalıdır.

Burada interferensiyanı hesablamaqla nəzəri gözlənilən ikiqat krossinqoveri tapa bierik:

$$\frac{(28,87 + 4,72) \times (29,43 + 4,72)}{100} = 11,47\%.$$

Deməli, nəzəri gözlənilən ikiqat krossinqover 11,47% təşkil edir. Əslində isə ikiqat krossinqover 4,72% olmuşdur.

Interferensiya qüvvəsini konsidensiya əmsalını hesablamaqla tapaq

$$4,72:1147=0,41.$$

Deməli, I sahədə baş verən krossinqover II sahədəki krossinqover tezliyinə təsir göstərir.

Məsələlər

1. A, B və C genləri göstərilən ardıcılıqla eyni xromosomda yerləşir. A və B genləri arasında krossinqover 18%, B və C genləri arasında 26,5% təşkil edir. A və C genləri arasındaki məsafəni müəyyən edin.

2. Triheteroziqotluqda—AaBbCc analizedici çarbazlaşdırmanın nəticəsinin genetik analizini müəyyən edin:

I çarbazlaşma

abc—2

abC—4

aBc—96

aBC—144

Abc—136

AbC—92

ABC—6

480

II çarbazlaşma

Abc—328

AbC—4

Abc—2

aBC—4

aBc—6

abC—344

688

3. Diheteroziqotun analizedici çarbazlaşdırılması dörd fe-notipik sinif üzrə aşağıdakı nisbətdə parçalanma vermişdir: 21,4%—AC:3,5%—Ac: 3,3%—aC:22,1%—ac. Genlərin irsiliyi necədir? Heteroziqotların genotipi necədir? Əgər diheteroziqotlar bir-birile çarbazlaşdırılsara, nə alınar?

4. Adadovşanlarında yunu ağ xallı eden resessiv gen, yunu angor (tiftik) tipli eden diger resessiv genle ilişkilik təşkil edir. Bu genler arasında ilişkilik qüvvəsi 14% krossinqover verir. Homoziqot qısa yunlu xallı adadovşanları, yunu angor və saya tipli adadovşanları ilə çarpazlaşdırılır. Valideyn adadovşanlarının genotipini və bu çarpazlaşdırımada genlərin hansı fazada — “itələmə” və ya “cəzbətəmə” də olduğunu müəyyən edin. F_1 -dən olan hibridlərin analizdici çarpazlaşdırılmasından hansı parçalanma gözlənilir?

5. Cinsiyyətlə ilişkili cirdanlıq (a) və gümüşü rənglilik (B) genlərinə görə heteroziqot 6 xoruz normal boylu (A) qızılı rəngli (b) toyuqlarla çarpazlaşdırılır. Alınmış nəsildə xoruz-beçələr çıxış edilir, lakin fərələr beş aylığında aşağıdakı formada qruplaşdırılır.

F_1 xoruzlarının fərələrinin fenotipi	Ferələrin miqdarı	
	1,3,4 xoruzlardan	2,5,6 xoruzlardan
normal-qızılı	165	15
cirdan-gümüşü	153	17
normal-gümüşü	16	153
cirdan-qızılı	14	147

Çarpazlaşdırımlar neticesində olan parçalanmayı necə izah edə bilərsiniz? a və B genləri arasında ilişkilik qüvvəsi necədir? Nə üçün ancaq ferələr analiz edilir?

6. Drozofillərin çarpazlaşdırılmasından aşağıdakı nəsil alınmışdır.

Erkəklər

150 vəhşi forma	
40 bədəni sarı-gözleri ağ	
43 bədəni sarı-gözleri ağ, qanadları rudiment	
55 qanadları rudiment	
5 bədəni sarı	
2 gözü ağ-qanadları rudiment	

Dişilər

180 vəhşi forma	
148 gözü ağ	
55 qanadları rudiment	
42 gözü ağ—qanadları rudiment	

395

Əlamətlərin irsiliyi və valideyn milçeklərin genotipi necədir? Əgər genləri ilişkilidirsə, onların arasında məsafəni və xromosomda yerləşmə ardıcılığını müəyyən edin.

7. Pomidor bitkisində ucaboyluq — cırtdanlıq: meyvənin şar forması — armudu forma üzerinde dominantdır. Homozigot ucaboylu, meyvəsi şar formalı bitki homozigot cırtdanboylu, armudu meyvəsi olan bitki ile çarpazlaşdırılır, F_2 -də aşağıdaki nisbətdə parçalanma alınır:

1860 uca boy—meyvəsi şarvari,
260 uca boy—meyvəsi armudvari,
550 cırtdan—meyvesi şarvari,
450 cırtdan—meyvesi armudvari.

Cəmi: 3820

F_1 nəslin fenotiplərini müəyyən edin. Analizedici çarpazlaşdırmadan hansı nəticəni gözleyirsiniz, bu çarpazlaşdırında hansı bitkilərdən istifadə edəcəksiniz?

8. İnsanlarda daltonizm (d) və hemofiliyə (h) xəstiliklərini törədən resessiv genlər cinsiyətə iləşikli nəsle ötürür.

a) Qadının 8 oğlu olur, onlardan biri daltonik, lakin digər əlaməti normaldır. Biri hemofilik, lakin normal görür, 3 oğlu hər iki əlamətə görə normaldır, 3 oğlu isə daltonik-hemofilikdir. Ananın genotipi necədir? Nə üçün belə parçalanma baş vermişdir?

b) Bir qızın atası daltonik və hemofilik, anası sağlamdır. Bu qızın sağlam oğlan ilə evlənməsindən hansı tipli krossoverli və krossoversiz oğlan uşaqlarının dünyaya gəlməsi gözlənilir?

TAPŞIRIQ 15

DROZOFİL XROMOSOMLARININ TƏDQİQİ

Dr. melanogaster-in xromoosom yiğimi iki iri metasentrik, bir cüt nöqtəvari autosomlardan, çubuqvari X -xromosomdan və submetasentrik Y-xromosomdan ibarətdir. Hər iki metasentrik autosomlar eyni ölçülərə məlikidir. İkinci xromosomun orta uzunluğu 2,8 mkm olub, 2,2-dən 5,8 mkm-ə qədər dəyişir. Üçüncü xromosomun uzunluğunu müvafiq

olaraq 3,2 mkm (2,8–5,2), üçüncü cüt autosom (dördüncü xromosom) nöqtəvarı subtelosentrik xromosom olub, uzunluğu 0,2-dən 0,28 mkm-a qədər, onun metafazada eni təxminən uzununa bərabərdir. Cöpvari subtelosentrik X-xromosomun uzunluğu 1,5-dən 3,5 mkm-a qədərdir. Submetasentrik Y-xromosomun uzunluğu 1,85-dən 2 mkm-a qədərdir, qısa ciyni 0,8 mkm, uzun ciyni isə 1,2 mkm-dir.

Politen xromosomlar

Qoşaqanadlıların (*Diptera*) böyüməkdə olan toxumaları üçün xarakter olan politen xromosomlar, onların fəaliyyətinde quruluşunun modifikasiya olunmuş formasıdır.

İlk dəfə Balbiani 1881-ci ilde xironomusun (*Chironomus*) sürfəsinin tüpürçək vəzisinin nüvəsində çox nehəng köndələn saplara malik xromosomlar təsvir etmişdir. Sonradan bunlar politen xromosomlar adını almışdır. 1933-cü ilde Paynter belə quruluşu *Dr. melanogaster*-in tüpürçək vəzisinin nüvəsində müəyyən etmişdir. *Dr. melanogaster*-in diğər hüceyrələrindən fərqli olaraq tüpürçək vəziləri hüceyrlərində dörd cüt xromosom evezine köndələn cızıqlanmış altı (beş uzun və bir qısa) xromosom ümumi quruluşu olmayan substrata—xromosentrə birleşir.

Paynter politen xromosomları genetik quruluşuna görə identifikasiya edə bilməşdir. Məlum olmuşdur ki, tüpürçək vəzisində bütün bu xromosomlar homoloji xromosomların somatik sinabsisi nəticəsində tek-tek görünür. Bu zaman ikinci və üçüncü xromosomların ciyin hissəsi sərbəst elementlər kimi nəzərə çarpır (şəkil 23).

Tüpürçək vəzisində yerləşən xromosomların orta dərtilmiş uzunluğu genial xromosomların uzunluğundan təxminən 150 dəfə artıqdır və *Dr. melanogaster*-in bütün genomu 2000 mkm təşkil edir, bundan X-xromosom—220 mkm, ikinci xromosom 460 mkm (2L—215,2R—245)¹, üçüncü xromosom 485 mkm (3L—210, 3R—275), dördüncü xromosom—14 mkm təşkil edir.

¹ L—xromosomun sol ciyinini, R—sağ ciyinini, 2 və 3 isə ikinci və üçüncü autosomları göstərir.

Politen xromosomlar çoxlu miqdarda köndələn cızıqlanmış (saplardan), intensiv rənglənən, lövhəsəkilli dairələrdən və zəif rənglənmiş dairələrərəsə sahələrdən ibarətdir. Politen xromosomların lövhəvarı quruluşu onun xromomer quruluşunu eks etdirir.

Hər bir halqavarı lövhə eninə çoxlu miqdarda xromomerlərdən ibarətdir. Lövhənin ölçüsü həmin lövhəni əmələ gətirən xromomerlərin miqdardından, onların ölçüsündən və konyuqasiya dərəcəsindən asılıdır. Halqavarı lövhələr xromomerlərin toplusu olub, drozofilin ikinci sürfə mərhələsində aydın görünür.

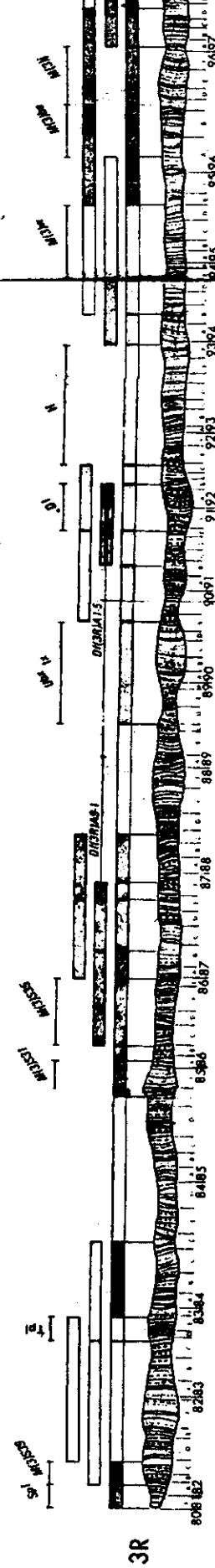
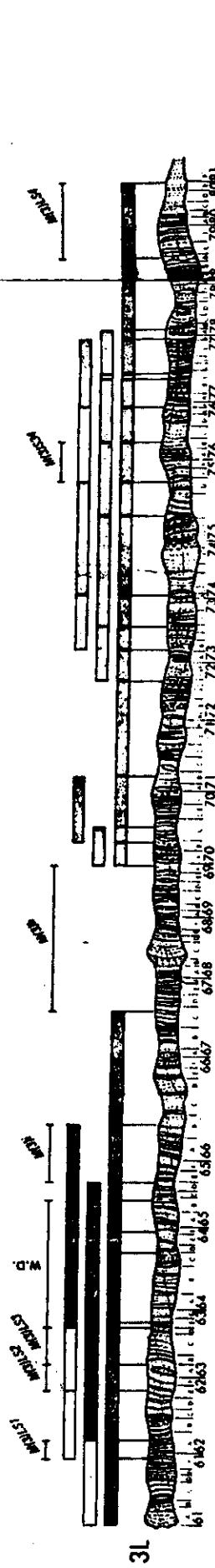
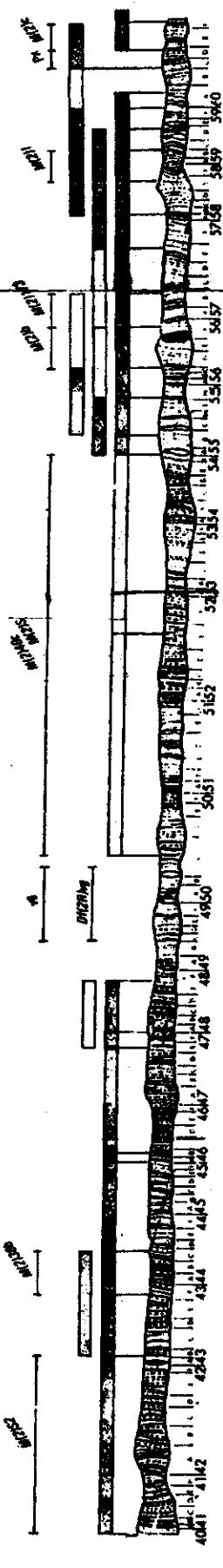
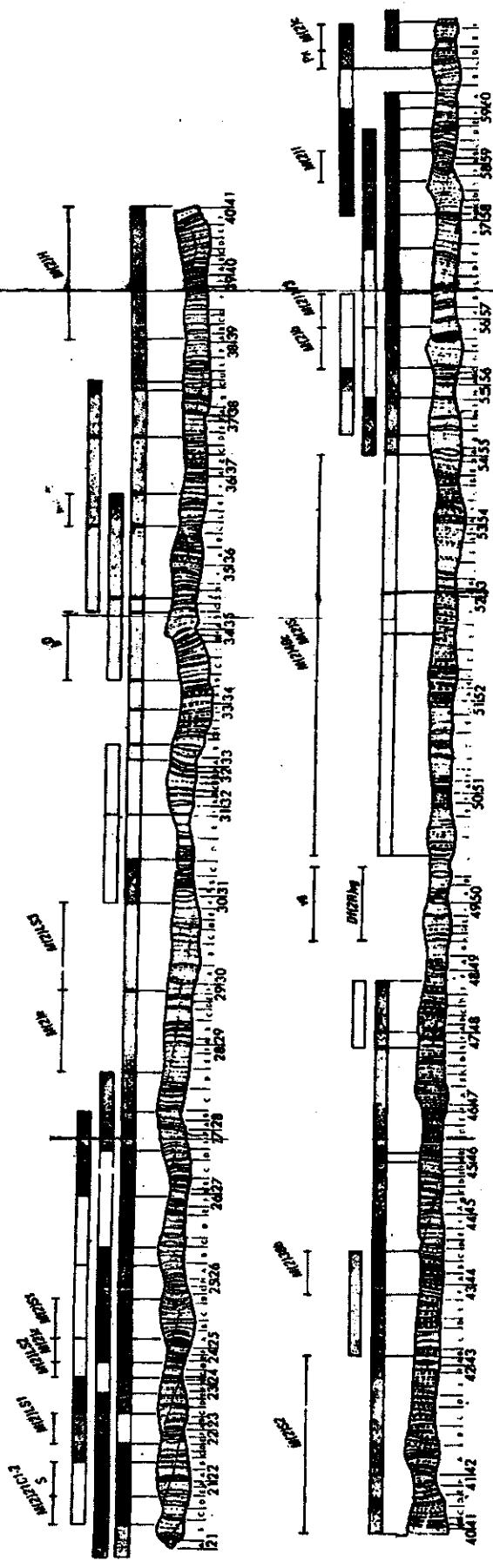
Xromosom boyu halqavarı lövhənin ən böyük ölçüsü 0,5 mkm, kiçiyi isə 0,05 mkm olur.

Drozofilin nəhəng xromosomlarının geniş tədqiqi nəticəsində həmin xromosomların zolaqlarının çox sadə, asan və ümidiyərici nomenklatura işlənib hazırlanmışdır. Beş politen xromosom elementi (1—xromosom; 2L—ikinci xromosomun sol ciyni; 2R—ikinci xromosomun sağ ciyni; 3L üçüncü xromosomun sol ciyni və 3R—üçüncü xromosomun sağ ciyni; 100 bölməyə I—element 1—20; 2Z—21—40; 2R—41—60; 3L—61—80; 3R—81—100) ayrılır. IV xromosom 101—102 bölmələrdən ibarətdir (şəkil 23).

Hər bir bölmə aydın və asan görünən xətlə başlayır və öz növbəsində, 6 hissəyə (yarımbölməyə) bölünür. Hər yarımbölmə latın hərifləri ilə A-dan F-ə qədər işaret edilir. Yarımbölmələr bir-birindən yaxşı görünən xətt ilə ayrılır.

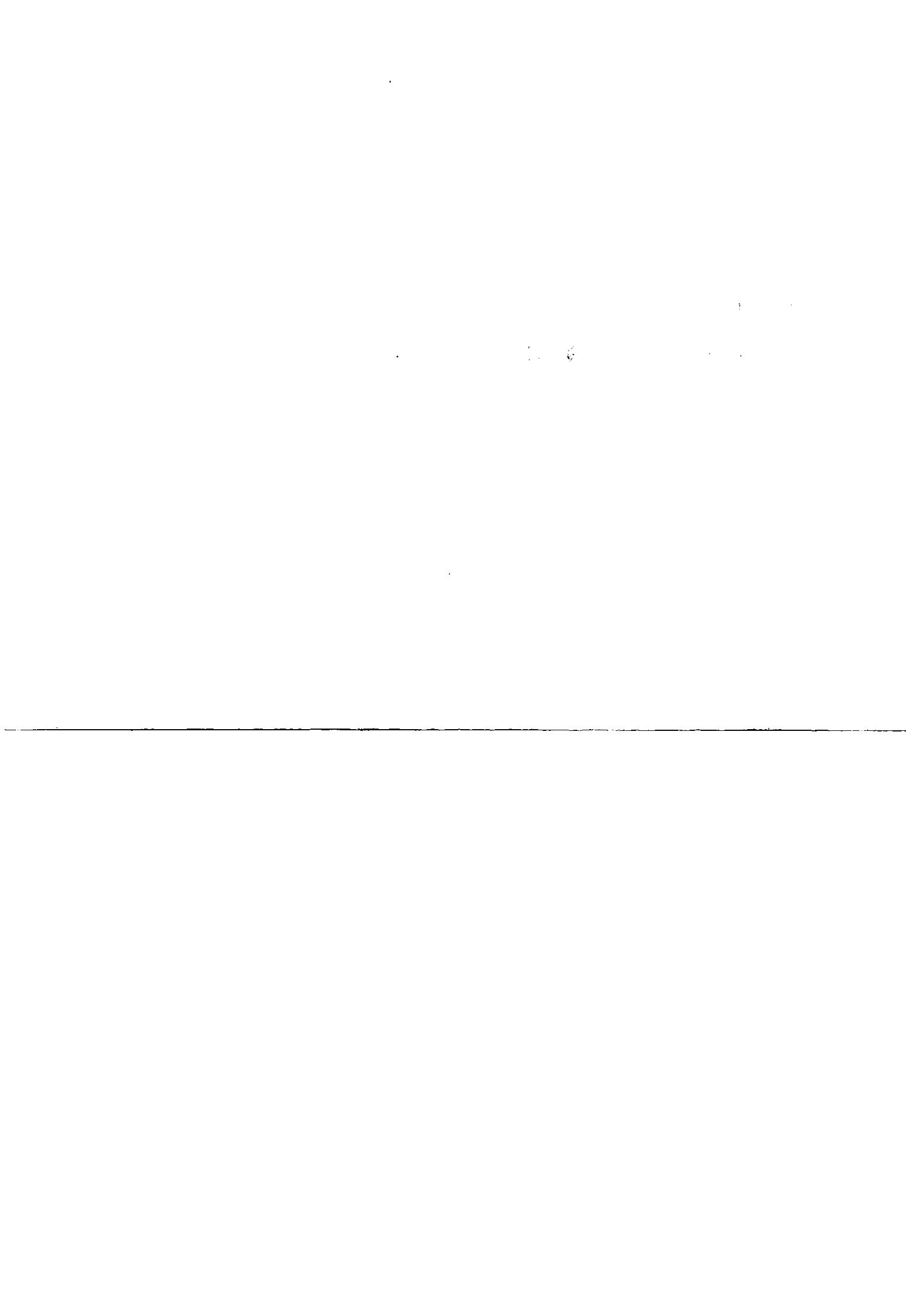
Belə sistemin qəbul edilməsi ayrı-ayrı nəhəng xromosomların hər bir xəttini qısa və dəqiq işaret etməyə imkan verir. Məsələn, 17 B3 işaretləri göstərir ki, öyrənilən zolaq X-xromosomun 17-ci bölməsində yerləşir və ilk zolağın B yarımbölməsində sola üçüncü zolağını təşkil edir. *Dr. melanogaster*-in politen xromosomunun belə nomenklatura edilməsi bu xromosomlarda hər bir nöqtənin yerini dəqiq və düzgün göstərməyə imkan verir. Bunun da genetik tədqiqatlarda eksperimental yolla əmələ gətirilən irsi dəyişikliklərin tətbiqini və fərdi inkişafın qanuna uyğunluqlarını öyrənməkdə böyük əhəmiyyəti vardır.

İşin yerinə yetirilməsi. Məşğələnin məqsədi tələbələri drozofilin nəhəng xromosomları ilə tanış etmək və ayrı-ayrı



Şekil 23. Çatışmazlıkların ve hemin çatışmazlıklarına göre heterozigotların sağ kalmasını sağlayan üçüncü kromosomun her şeyinin politen xromosomları xeritesinin şekli gösteriliyor.

Sıradan Bridge'sin xeritesine müvafiq olaraq, ikinci ve üçüncü xromosomun her şeyinin politen xromosomları xeritesinin şekli gösteriliyor. Xeritesinin üstündeki zolaqlar çatışmazlıklar olan sahaları gösterir, sırlarla heterozigot çatışmazlıklarının sağ kalma sahaları i.çye edilmişdir, sağ zolaqlar — heterozigotlar sağ kalır. Her şeyin üstünde yukarıda normal alleleli heterozigotda çatışmazlığın dominant fenotipik ifadesi olan haplo-hassas lokustarm adı ve vaziyeti gösterilmiştir.



zolaqlarının ve yarımbölmələrinin mənasını onlara başa salmaqdan ibarətdir.

Tapsırıq. 1. Drozofilin erkək və dişi fərdlərinin kariotipi ilə tanışlıq. 2. Tüpürçək vəzisinin politen xromosomundan sitoloji preparat hazırlamaq. 3. Drozofilin politen xromosomuna diqqətlə baxmaq və şəklini çəkmək.

Material və ləvazimat. 1. Drozofilin erkək və dişi fərdlərinin kariotipinin daimi preparatları. 2. Drozofilin puplamadan əvvəlki mərhələdə olan sürfələri. 3. 0,75%-li NaCl məhlulu. 4. Asetoorsein (hazırlanma üsulu 33-cü səhifədə verilmişdir). 5. Əşya şüşələr və ötürücü şüşələr. 5. Saat şüşələr. 7. Preparat iynələri. Pinset və süzgəc kağızı. 8. 45%-li sirkə turşusu, qənd şirəsi. 9. Binokulyar lupa və ya MBS-1 mikroskopu. 10. BMR-3 və ya MBR-1 mikroskopları.

Sitoloji preparatların hazırlanması. Drozofil yetişdirilən stekandan puplama qabağı mərhələdə olan sürfələr masası çıxarılib, əşya şüşəsi üzərinə qoyulur və üzərinə fizioloji məhlul və ya 0,75%-li NaCl məhlulu əlavə edilir. Sonra sürfədən tüpürçək vəziləri çıxarıılır. Bu məqsədlə əşya şüşəsi sürfə ilə birlikdə binokulyar lapanın masası üzərinə qoyulur. Hər iki ələ preparat iynəsi götürülür. Sol əldə olan iynə ilə sürfə ağızı olan hissədən əşya şüşəsinə basılır (ağız hissə qara xitin törəməyə malikdir). Sağ əldə olan ikinci iynə ilə sürfənin bədənin orta hissəsindən basib başı bədəndən ayırmak lazımdır. Bu zaman, yəni baş bədəndən ayrıldıqda, şəffaf hüceyrələrdən ibarət olan iki türüpcək vəzisi baş hissədə görünür. Bunların da daxilində politen xromosomlar yerləşir.

Tüpürçək vəziləri artıq toxumalardan ayrılır, süzgəc kağızı ilə NaCl məhlulu kənar edilir və üzərinə 1-2 damla asetoorsein əlavə edilib, 15-20 dəqiqə gözlənilir. Sonra artıq rəng süzgəc kağızı ilə kənar edilir və üzərinə bir damla şəker şirəsi əlavə edilir, üzeri örtücü şüşə ilə örtülür və ehtiyatla üzərinə neşər biçağının və ya preparat iynəsinin arxa tərəfi ilə basılır. Basma hər tərəfdə eyni təzyiqdə aparılmalıdır. Bu zaman nüvə partlayır və politen xromosomlar əşya şüşəsi üzərinə eyni səthdə yayılır.

Hazırlanmış preparata mikroskop altında baxılır və politen xromosomlarının şəkli çekilir. Bu zaman xromosentrilərə

ve xromosomların yerleşməsinə diqqətlə baxılır. Yaxşı düzəldilmiş preparatların yanları manikür laki ilə bərkidilir. Belə preparatlarda mikroskopda 15×40 böyüdücü altında xromosomun ayrı-ayrı hissələrinə çox diqqətlə ardıcıl baxıb, ayrı-ayrı xromosom lövhələrinin (zolaqların) quruluş xüsusiyyətlərini öyrənmək lazımdır.

V F E S I L

DƏYİŞKƏNLİK VƏ ONUN ÖYRƏNİLMƏ ÜSULLARI

Hər bir orqanizm irsi əlamətlərini nəsildən-nəslə uzun müddət saxlasa da, lakin orqanizm irsiyyət və xarici, həmçinin daxili amillərin təsiri altında dəyişilir. Orqanizmin fenotipinin dəyişilməsi həmin orqanizmin genotipinin və xarici mühit amillərinin təsirindən baş verir. Deməli, fenotipik dəyişikliyin bir hissəsi genotiplə, digər hissəsi xarici mühit amilləri ilə müəyyən edilir. Xarici mühit amilləri müəyyən edilən fenotipik dəyişkənlilik hissəsi paratipik dəyişkənlilik də adlanır. Paratipik dəyişkənlilik qeyri-ırsi, mutasiyalar ise irsi xarakter daşıyır.

Orqanizmin genotipində baş verib, nəsillerdə fenotip effekṭe malik olan dəyişkənliliklər mutasiyalar adlanır. Mutasiyalar gen, xromosom, genom və sitoplazmatik səviyyədə baş verir.

Gen mutasiyaları irsiyyətin maddi əsası olan DNT molekulunun tərkibində baş verən dəyişmələrlə həyata keçir. Bil-diymiz kimi, gen—DNT molekulunun müəyyən hissəsi olub, onun tərkibi müəyyən ardıcılıqla düzülən nukleotidlərdən ibarətdir. Gen mutasiyaları 4 tipdə ola bilir: 1. DNT molekulunda nukleotid cütlerinin evez olunması. 2. DNT zəncirində nukleotid cütlerinin itməsi. 3. Zəncirə yeni nukleotid cütlərinin daxil olması. 4. Gen daxilində nukleotid cütlerinin ardıcılığının dəyişilməsi.

Genin molekulyar quruluşunun dəyişilməsi, öz növbəsinde hüceyrədə biokimyəvi reaksiyaların baş verməsi üçün lazımlı olan genetik informasiyaların dəyişilməsinə səbəb olur. Bu isə hüceyrədə və nehayət, orqanizdə yeni keyfiyyətli əlamətlərin (mutasiyaların) meydana çıxmına gətirib çıxarır.

Eyni gen mutasiyaya uğrayıb, iki müxtəlif vəziyyətə düşə bilər. Bu, genin allel vəziyyətləri ($A-a$) adlanır. Lakin gen

bəzən müxtəlif səviyyədə dəyişilərək bir çox vəziyyətlərə düşərsə, o, öz alleller çoxluğunu ($A-a_1-a_2-a_3$ və s.) əmələ gətirər. Bu hadisə alleller çoxluğu adlanır. Bəzən bir genin alleller çoxluğu alleller seriyası 10–12 və daha çox alleller-dən ibarət olur. Məsələn, drozofildə gözün rəngini idarə edən gen tam qırmızılıqdan tam aq rəngə qədər dəyişərək, 12 alleller çoxluğu seriyasını yaratmışdır. Qaramalda qan qrupunu əmələ getirən genin 100-dən artıq alleli məlumdur.

Təbiətdə daima mutasiyaların (spontan mutasiyalar) baş verməsinə baxmayaraq, fiziki (ionlaşdırıcı şüalar, temperatur, ultrabənövşəyi şüalar və s.) və kimyəvi maddələrin təsirindən onun başvermə tezliyi dəfələrlə arta bilir. Baş vermiş mutasiyalar eksorən, resessiv və letal (öldürücü, yarımöldürücü) olur. Belə letal dominant və resessiv mutasiyalar drozofil milçeyində daha yaxşı öyrənilmişdir.

Drozofildə letal genə malik ziqotların məhvini onun inkişafının müxtəlif mərhələlərində (sürfə, pup və hətta yumurtadan çıxma) baş verə bilir.

Müxtəlif fiziki və kimyəvi amillərin genetik effektini üzə çıxarmaq və baş vermiş mutasiyaları qeydə almaq üçün drozofil milçeyinin xüsusi xətlərindən istifadə edilir. Fiziki və kimyəvi amillərin təsiri altında yaradılmış irsi dəyişikliklər süni və ya induksion mutasiyalar adlanır. Belə mutasiyaların qeydə alınması üsulu ilk dəfə işlənib hazırlanmışdır. Meller tərəfindən bir neçə üsullar: X-xromosomların birləşməsi (X-xromosumlarda görünən mutasiyaların qeydə alınma üsulları) SIB, Meller-5 (X-xromosomda letal mutasiyaların qeydə alınma üsulu) və autosom xromosumlarda letal mutasiyaların qeydə alınma üsulları işlənib hazırlanmışdır.

Bunlardan SIB və Meller-5 üsulları laboratoriya məşğələləri aparılan zaman mutasiyaları qeydə almaqda daha əlverişli hesab edilir.

TAPŞIRIQ 16

GEN MUTASIYALARININ ÖYRƏNİLMƏ ÜSULLARI

Letal mutasiyaların X-xromosomda SIB üsulu ilə öyrənilməsi. SIB üsulu (sielbi) tətbiq edilən zaman rentgen şüası

ile (hemçinin diğer ionlaşdırıcı şúalar ve kimyevi maddelerle) tasir edilmiş normal erkekler SIB dişî milçeklerle çarparazlaşdırılır. SIB milçeklerin X-xromosomunda inversiya baş verdiyindən hemin xromosomlar meyozda bir-birini konyuqasiya ederek çarparazlaşır, bu zaman SIB-li X-xromosomda mövcud olan inversiya krossinqoverin qarşısını alır. Odur ki, şúalandırılmış erkeklerin X-xromosomunda baş vermiş bütün irsi dəyişikliklər onun SIB əlamətli qız övladı vasitasılı ikinci nəslin erkeklerinə ötürülür və bu çox asanlıqla müəyyən edilir.

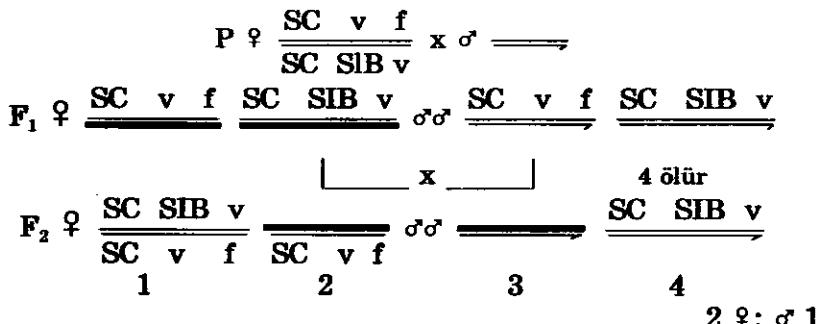
Bu üsulun mexanizmini yaxşı başa düşmək üçün SIB xromosomun quruluşu ile bir qədər etraflı tanış olaq. X-xromosomu SIB mutant genlərə malik olub, hemin hissədə inversiya baş vermiş və bunun nəticəsində xromosomun scute genindən sağ ucuna doğru olan sahəsi öz yerində 180° çevrilərək yenidən birləşmişdir. Eyni zamanda əmele gelmiş inversiya resessiv letal mutasiyaya sebəb olur və nəticədə SIB xromosomu erkek nəsil üçün letal tasir göstərir. Beləliklə, S—inversiya, LB—letalliq, B—gözlerin dar olmasını göstərir. SIB-li xromosom ancaq dişî xətti ilə nəslə ötürülür. Belə dişî fərdlərlə normal erkeklerin çarparazlaşdırılmasından birinci nəsilde gözlənilən erkəklərin miqdarının ancaq yarısı inkişaf edir. Bu zaman dişî valideyn milçeklərin X-xromosomunda baş vermiş inversiya F₁ hibridlərində krossinqoverin yarısını alır. SIB X-xromosomlarının bu xüsusiyyəti onları erkəklərdə resessiv letal mutasiyani hesaba almaq üçün çox yararlı edir.

SIB dişilərdə scute—resessiv gen döş hissədə qılıçıqları reduksiya edir, vermillion—resessiv geni gözleri açıq qırmızı, forked—geni qılıçıqları qırmaqlı edir. Bar—yarım-dominant gen olub, gözleri dar, zolaqlı formaya salır. S geni inversiyani, i resessiv letallığı göstərir. SIB dişilər ancaq heterozygot veziyetdə mövcuddur, homozygot veziyetdə məhv olur. Erkek SIB milçeklər inkişaf etmir. SIB dişilər, əsasən, fenotipik olaraq gözlerin Bar əlamətinə görə fərqlənir.

İndi birinci və ikinci nəsil ziqtaların veziyetini ilə tanış olaq. Erkeklerin şúalandırılmış X-xromosomları birinci nəslin bütün dişî fərdlərinə ötürülür. Lakin F₁-in dişî

ferdlərinin ancaq yarısı SIB əlamətlərinə malikdir və belə dişilər F_2 almaq üçün istifadə edilir. Yəni SIB əlamətli bütün dişilər virgin olub-olmamasından asılı olmayıaraq həmin nəslin erkəkləri ilə çarpanlaşdırılır. F_2 letal mutasiyalara görə analiz edilir.

**Drozofilin X-xromosomunda letal mutasiyanın
SIB üsulu ilə öyrənilməsi sxemi**



F₂ 1. S Bv dişi fəndlər:

2. Fenotipe görə normal dişilər, X-xromosomunda yeni baş verən resessiv letal mutasiyaya görə homoziqot;
3. Normal erkəklər, X-xromosomunda resessiv letal mutasiya olduğundan inkişaf etmir;
4. X-xromosomunda sc SIB v olan inkişaf etmeyen erkəklər;
Qara xətt şüalanmış xromosomu göstərir.

Əgər şüalanmadan erkəklərin X-xromosamunda letal resessiv mutasiya baş verməzsə, onda F₂-də iki tip dişilər və bir tip normal erkəklər (2 ♀: ♂ 1) əmələ gələr. Əgər erkəklərin şüalandırılmış X-xromosomunda letal resessiv mutasiya baş verərsə, onda F₂-də, ümumiyyətlə, erkək milçəklər inkişaf etməz. Bu zaman hər iki tip (yəni SIB xromosolu və şüalanmış xromosolu) erkəklər məhv olur.

Verilən sxemdən görünür ki, çarpanlaşdırılmaya götürülmüş dişi SIB milçəklərin homoloji X-xromosomlarında digər: *scute*, *vermilion* və *forked* genleri də vardır.

Letal mutasiyaların X-xromosomunda öyrənilməsinə aid təcrübələrin qoyulması.

Məşğol edən məqsəd tələbələrə induksion mutasiya zamanı baş vermiş cinsiyetlə ilişikli resessiv letal mutasiyanın qeydə alınmasını başa salmaqdan ibarətdir.

Tapşırıq 1. SIB dişi milçəklərlə, ətraflı tanış olmaq və onu normal xətlə müqayisə etmek. 2. SIB dişilərin virgin formalarını seçmək və normal erkəklərlə çarpazlaşdırmaq (I təcrübə). 3. Birinci təcrübə ilə paralel olaraq müəyyən dozada şüalandırılmış erkəklərlə SIB dişiləri çarpazlaşdırmaq (II təcrübə). 4. Hər iki çarpazlaşdırmadada F_1 -də alınmış milçəkləri analiz etmek və F_2 almaq üçün çarpazlaşdırma aparmaq. 5. F_2 almaq üçün F_1 -dən olan (I və II təcrübədə) SIB dişiləri fərdi olaraq öz erkəkləri ilə çarpazlaşdırmaq. Bu məqsədlə normal erkəklərdən də istifadə etmək olar. 6. Hər iki təcrübədə F_2 -də alınmış milçəkləri cinsiyətə görə dəqiq analiz etmək və cinsiyətlərin nisbətini müəyyənleşdirmək.

Material və ləvazimat. Drozofil milçəyinin SIB xəttindən olan dişi fərdləri və normal əlamətli erkəkləri. X-xromosomu şüalandırılmış və ya kimyəvi madde ilə təsir edilmiş erkək milçəklər. İçərisində təzə yem olan stəkanlar. Drozofil milçəyi ilə işləmək üçün kompleks ləvazimat (səh. 67).

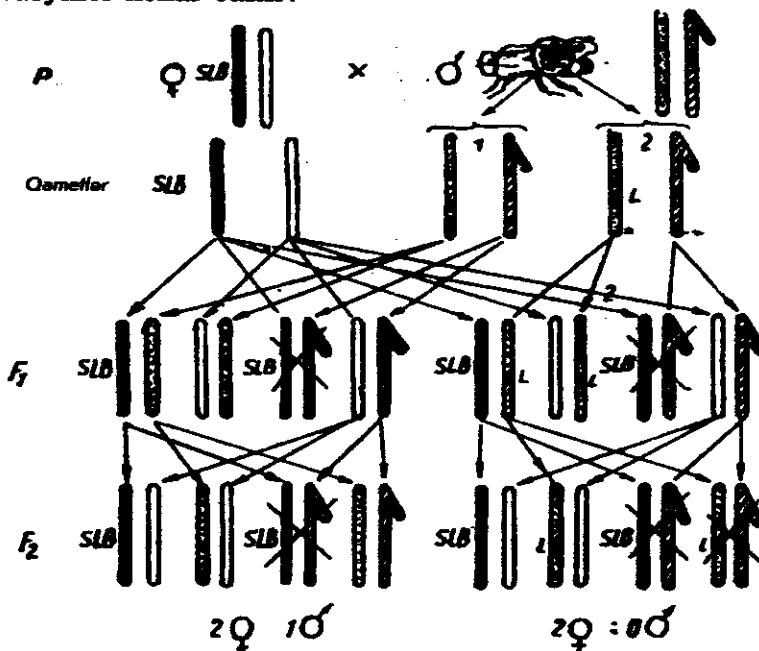
İşin yerinə yetirilməsi. Qarşıya qoyulan məqsəddən asılı olaraq iki variantda təcrübə qoymaq olar.

I təcrübədə erkəklərə heç bir xarici amillə təsir etmədən SIB dişilərdə mövcud olan spontan mutasiyanı aşkar etmək-lə, onu II təcrübədə alınacaq induksion mutasiyanın nəticəsi ilə müqayisə etmək olar.

II təcrübədə erkək milçəklərə ionlaşdırıcı şüalarla təsir etmek-lə, onların spermatozoidlərində əmələ gelmiş letal mutasiyaların miqdarını hesaba almaq mümkündür.

I təcrübəni aparmaq üçün hər üç tələbə 8–10 stəkanda, hər birində 2–3 dişi SIB və 3–4 normal erkəklər olmaqla çarpazlaşdırma aparır. Alınmış F_1 milçəklər analiz edildikdə 2 hissə dişi və bir hissə erkəklərin əmələ gəldiyi məlum olur. F_1 -də alınmış erkəklər vahid X-xromosomunu anadan alır. Lakin erkəklərin bir hissəsi anadan normal X-xromosomunu aldığından inkişaf edir. Erkəklərin digər hissəsi anadan tərkibində resessiv letal gen olan SIB xromosomunu alır və

belə erkəkler həmin ressesiv letal genə görə homoziqot vəzyiyetdə olduğundan inkişaf etmir. Neticədə F₁-də ancaq normal əlamətli erkəkler əmələ gelir. Dişi nəslin bir hissəsi SIB əlamətli (*Bar* geninə görə fərqlienən) və digər hissəsi normal əlamətli olur. Gözləri normal olan dişi milçəklər gələcək çarpezlaşdırma üçün maraqlı olmadığından çıxdaş edilib atılır. Göstərilən əlamətlərə malik milçəklərin (2 hissə dişi, 1 hissə erkək) olduğunu gördükdən sonra F₂ almaq üçün təcrübə qoyulur. Bunun üçün hər üç tələbə 50–60 stekanda F₁-in SIB dişiləri ilə həmin nəsildən olan normal erkəkler arasında fərdi çarpezlaşdırma aparır. Hər stekana bir dişi ve 2–3 erkək milçəklər salınır. İki-üç gündən sonra valideynlər kənar edilir.



Şəkil 24. Drosophilədə cinsiyetlə ilişkili ressesiv letal genin SIB üzvü ilə ümət çıxarılması:

1—erkəklerin spermatozoidlarının X-xromosomunda letal mutasiya olmadığıda aparılan çarpezlaşdırmanın sxemi; 2—erkəklerin spermatozoidlarında ressesiv letal mutasiya olduğuda aparılan çarpezlaşdırmanın nticəsi.

F_2 -de alınmış milçekler her bir stekanda analiz edilir. Milçeklerin analizi cinsiyete ve gözlerin formasına göre aparılır. Analiz günde 4–5 defa davam etdirilir ve nüticasi xüsusi cədvəldə qeyd edilir. Bu zaman cinsiyetlə ilişkili letal mutasiyalı qidalı mühit xüsusi qeyd edilir. Əgər qidalı mühitdə normal erkəklər müşahidə edilmirsə, bu letal mutasiyanın baş verdiyini göstərir (şəkil 24).

II təcrübə. Bu təcrübə də I təcrübə kimi aparılır. Lakin I təcrübədə fərqli olaraq ilkin götürülen erkəklər şüalandırılır və ya kimyevi maddə ilə təsir edilir, sonra onlar SIB dişi milçeklərə çarpzlaşdırılır.

I təcrübədə F_2 -də 2 hissə dişi və 1 hissə erkək milçekler alınır. Bu zaman F_1 -də olduğu kimi göznlənilən erkəklərin bir hissəsində SIB-li xromosom olduğundan onlar inkişaf etmir. Disilər iki tipdə olur: gözleri iri dairəvi və dar-paxlavarı.

II təcrübədə də I təcrübədə olduğu kimi F_2 -də 2 tip dişi milçekler alınır. Əgər şüalanma nəticəsində erkəklərin əmələ gətirdiyi X-xromosomlu bütün spermatozoidlərə resessiv letal gen yaranırsa, onda F_2 -də erkək milçekler müşahidə olunmur. Bu zaman erkək milçeklərin bir hissəsi SIB xromosomda olan spontan letal, digər hissəsi isə şüalanmadan yaranmış resessiv letal genin homoziqot vəziyyətdə təsirindən məhv olur. Nəticədə F_2 -də erkək milçeklər əmələ gelmir. Cinsiyetlə görə nisbet 2 ♀ : 0 ♂ olur. Əgər II təcrübədə iki hissə dişi və bir hissə erkək milçeklər əmələ gələrsə, bu həmin amilin təsirilə erkəklərin spermatozoidlərində letallığın əmələ gəlmədiyini göstərir. Deməli, təsir edilən amil mutagen effekte malik olmur.

Qeyd etməliyik ki, ionlaşdırıcı şüaların və ya kimyevi mutagenlərin spesifikliyindən və dozasından asılı olaraq drozofilin erkəklərinin bütün spermatozoidlərinin X-xromosomunda deyil, bezan müəyyən hissəsində normal əlamətli erkəklər inkişaf edir. Əgər her hansı qidalı mühitdə (stekanda) F_2 -də normal erkək müşahidə olunarsa, deməli, analiz edilən X-xromosomda letallıq baş verməmişdir. Analiz müddətinde, yəni 8 gün ərzində stekanda normal erkək əmələ gelməzsə, bu, analiz edilən X-xromosomda letal mutasiya əmələ gəldiyini göstərir. Letal mutasiyanın əmələ gəlməsini təsdiq etmək üçün normal erkəklər əmələ gelmeyen

stekanlardan normal (resessiv letalliğe göre heteroziqot) dişiler (6-7 milçek) normal erkəklərlə çarpzlaşıdırılıb F_2 nesil alınır. Bu zaman iki hissə, dişi bir hissə erkək alınarsa, bu təsvir olunmuş X-xromosomda resessiv letallığın baş verməsini bir daha sübut edir.

Əgər her iki tələbə 60 stekanda F_2 nesil almaq üçün təcrübə qoyarsa, onda qrupda 15 tələbə 400-ə qədər X-xromosomu analiz edər. Laboratoriyada imkan olarsa, hər iki tələbə tərefindən F_2 almaq üçün stekanın sayını 100-ə çatdırma. Sözsüz ki, hər doza üçün 700-800 xromosom analiz etmək müəyyən nəticə almağa imkan verər. Belə güman edək ki, kontrol variantda 760 xromosom analiz edilmiş, onda ancaq 2 xromosomda letal gen aşkar edilmişdir, yəni normal əlamətli erkəklər olmamışdır. Deməli, sponton mutasiya

$$\begin{array}{ccc} 760 & - & 100\% \\ 2 & - & X \\ X = \frac{2 \times 100\%}{760} & = 0,26\% \end{array}$$

təşkil edir.

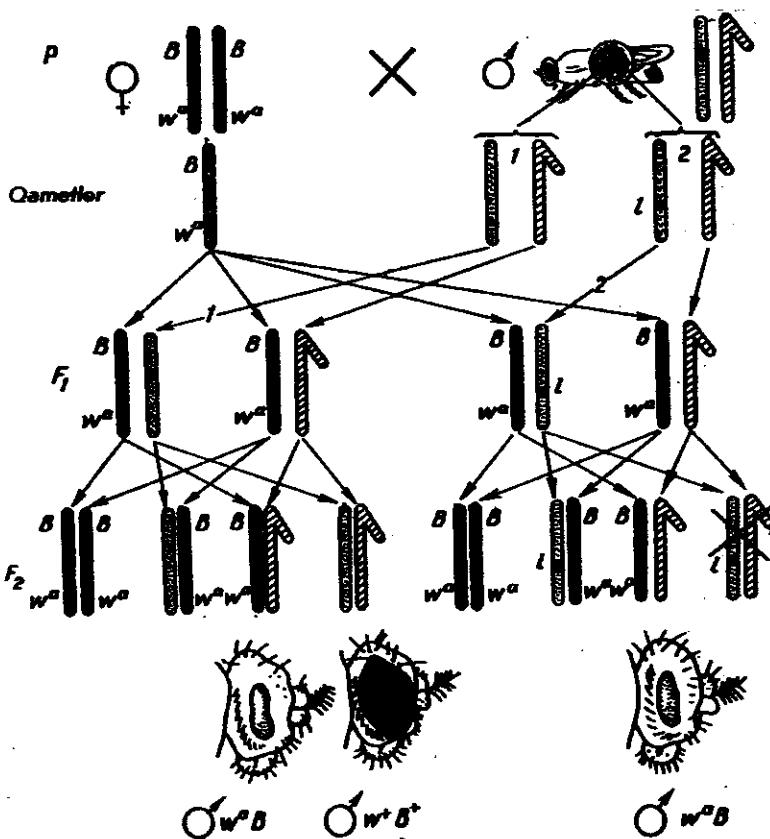
Təcrübə variantında erkək milçeklərə 40 Qr (Qrey) doza ilə təsir edib 786 xromosom analiz edildikdə 54 xromosomda letal mutasiya (erkəklərin 54 stekanda olmadığı) müəyyən edildi. Təcrübə variantında letal mutasiya 6,87% təşkil etdi.

Meller-5 üsulu. Son illər X-xromosomda baş verən resessiv letal mutasiyanı hesablamaya üçün vaxtilə Meller tərefindən işlənib hazırlanmış daha bir üsuldan istifadə edilir. Bu üsulda tətbiq edilən drozofil xatti Meller-5 adlanır.

Meller-5 xəttindən olan milçeklərin fərqləndirici cəhətləri onların X-xromosomlarında iki inversiyanın mövcud olmasına iddir. Meller-5 qısa olaraq M-5 və ya Basc kimi yazılır. Bu xəttin X-xromosomu iki inversiyaya ($Jn(1)$ sc^{ml} sc^{sr} və $Jn(1)s$) malik olmaqla hamçinin scute (sc), white-abricot (w*) və Bar (B) mutant genlarını daşıyır. Birinci inversiya $Jn(1)$ sc^{ml} sc^{sr} , demək olar ki, X-xromosomunun bütün sol çiynini əhatə edir. İkinci inversiya $Jn(1)s$ xromosomun orta hissəsinə əhatə edib, birinci böyük inversiyanın daxilində yerlesir.

Böyük inversiyanın sol nöqtəsinin, qırılması scsi, sag noq-
tasi sc⁸ kimi işaret edilir. Böyük inversiya daxilində yerləşən
kiçik inversiya Jn(i) s kimi işaret edilir. Belə inversiyalar sa-
yəsində bu xromosoma, genləri normal ardıcılıqla düzülmüş
homoloji xromosom arasında krossinqoverin qarşısı tam
alınır. Resessiv mutasiya sc döş hissədə qilciqlari inkisafdan
qoyur, resessiv gen w^a gözləri ərik rəngli edir, yarımdomi-
nant gen B heteroziqot vəziyyətde gözləri paxlavayı, homozi-
qot və heteroziqot vəziyyətde dar və uzunsov formaya salır.
Meller-5 xəttindən olan milçəklərin həm dişi və həm də er-
kek fəndlərinin X-xromosomları göstərilən inversiyaları və
mutant genləri daşıyır. Lakin bu inversiyalar letal xarakter
daşımadığından, həm hemeziqot erkəklər və həm də homo-
ziqot dişilər yaşarlıq qabiliyyətinə malikdir.

Meller-5 üsulu ilə cinsiyetlə ilişkili resessiv letal muta-
siyaları hesablamaq üçün normal xətdən olan şüalandırılmış
erkəklər M-5 dişi milçəklərlə çaprazlaşdırılır. Birinci nəsilde
alınmış dişi fəndlər heteroziqot vəziyyətde həm M-5 xromo-
somuna, həm də erkəklərdən aldığı şüalanmış X-xromosomu-
na malik olur. Erkəklərə isə dişi valideydən aldığı M-5 xro-
mosomuna görə hemeziqot vəziyyət alır. F₁ hibridlərdə şüa-
landırılmış X-xromosomla M-5 xromosomu arasında kros-
singqour "qadağan" olunduqdan, şüalanmış X-xromosomunda
resessiv letal gen baş vermir, M-5 xromosomuna keçə
bilmir. Bu, şüalanmış X-xromosomunu hemeziqot vəziyyətə
keçirməyə imkan verir. Bundan ötrü F₁-in dişiləri M-5
erkəklərlə çaprazlaşdırılır. Bunlar F₁-in erkəkləri ola bilər
(şəkil 25). Lakin bu çaprazlaşdırımada xromosomları şüalan-
dırılmamış M-5 erkəklərdən istifadə edilməsi daha yaxşı
olardı. Belə erkəklər isə daima laboratoriyyada yetişdirilir.
Məsələ ondadır ki, F₁-in erkəkləri həmçinin bir yığın şüalan-
mış autsom xromosomlar və Y-xromosom daşıyır. Əger şüa-
lanma nəticəsində, bu xromosomlarda çevrilmələr baş verər-
sə və ya şüalanma Y-xromosomunun devişmesinə, həmçinin
onun hissəsinin itməsinə səbəb olmuşsa, onda F₂-də nəsil kes-
kin azalır və ya erkəklər tam steril olur. Bundan başqa auto-
somiaları və Y-xromosomu şüalandırılmış milçəklərin nəslində
cinsiyetlə ilişkili resessiv letallıq F₂-də bir qədər başqa
vəziyyətə gətirib çıxara bilər. Lakin laboratoriya təcrübə



Şekil 25. Drosofil milçeyinde cinsiyetle ilişkili resessiv mutasiyanın öryasılma üssü (M-5 üssü):

1—erkeklerin spermalarının X-xromosomunda letal mutasiya olmadıqda aparılan çarpanlaşdırmanın neticesi; 2—spermada letal mutasiya olduqda.

meşgelerinde işi mürükkebəldirmemək üçün F_1 -in erkeklerindən de istifadə edilir. Birinci nesildən F_2 almaq üçün F_1 -in dişileri fərdi olaraq stakanlara salınır. Bu zaman dişilerin mayalanmasına tam əmin olmaq üçün hər bir dişinin yanına 2-3 erkek salınır. Əgər həmin dişilerin şüalanmış X-xromosomu cinsiyetle ilişkili resessiv letal gen daşıımırsa, onda ikinci nesilde iki tip dişilər:

$$\frac{W^*B}{\overline{W^*B}}; \quad \frac{++}{W^*B}$$

ve iki tip erkekler: $\frac{W^*B}{\overline{W^*B}}$ $\frac{++}{\overline{W^*B}}$ alınır. Öger F_1 -in dişileri-

nin şüalanmış X-xromosomu (erkek valideynden aldığı) resessiv letal gen daşıyırsa, onda F_2 -de fenotipik normal erkekler meydana çıxmır. Bu zaman normal erkeklerde X-xromosomda resessiv letal gen hemiziqot veziyyetde öz effektini gösterir, yeni normal erkekler inkişaf etmir. Qeyd etmeliyik ki, həmin letal mutasiyanı F_2 -de Vaq geninə görə heteroziqot olan dişiler də daşıyır. Bunu, həmin dişiləri M-5 erkekleri ile çarbazlaşdırmaqla, alınmış F_3 nesildə yenə normal erkeklerin meydana çıxmaması ilə də yoxlamaq olar.

Meller-5 üsulu ile təcrübənin qoyulması. Təcrübədən məqsəd M-5 üsulu ile cinsiyətə ilişikli resessiv letal mutasiyanın qeydə alınmasını tələbelərə izah etməkdən ibarətdir.

Təpşurıq. 1. M-5 dişi ve erkek milçəklərlə tanış olub, onu normal xətdən olan milçəklərlə müqayisə edib, fərqli cəhətlərini deftərdə qeyd etməli. 2. M-5 xəttinin virgin dişilərini ayırmak ve onları şüalandırılmış və şüalandırılmamış erkek-lərə çarbazlaşdırmaq. (Hər iki çarbazlaşdırmanın paralel aparmaq məsləhətdir). 3. Hər iki təcrübədə F_1 -in milçəklərini analiz etmek və F_2 almaq üçün çarbazlaşdırma aparmaq. 4. Hər iki təcrübədə F_2 -de alınmış milçəkləri cinsiyətinə görə analiz etmək.

Material və ləvazimat. Drozofilin normal və M-5 xəttindən olan milçəklər. Şüalandırılmış və kimyəvi maddələrlə təsir edilmiş erkak milçəklər. İçərisində təzə yem olan sınaq şüşələri. Hər tələbəye təcrübə qoymaqla üçün bir komplekt ləvazimat.

Təcrübənin qoyulma şərtləri. Təcrübə qoymaqla üçün M-5 xəttindən olan virgin dişilər seçilir. Qarşıya qoyulan məqsədlərdən aslı olaraq normal xətdən olan erkekler rentgen qurğusunda müəyyən dozada şüalandırılır və stekanın üzərində doza qeyd edilir. Şüalandırılmış erkəklər qısa müddətdə M-5 dişilərlə çarbazlaşdırılır. Çarbazlaşdırma 8–10 stekanda aparılır. Hər stekana 2–3 dişi və 3–4 erkək milçək salınır.

Yüksek doza şüalanmada hər stekana salınan milçəklərin miqdarnı artırmaq olar. İki gündən sonra valideynlər stekandan çıxarılır. Belə stekanların hər birində 70–100 F₁ nəsil milçəklər alınır. Valideynlərin yumurta qoyması iki gündən çox olmamalıdır. Bu yetişmiş spermalarda baş vermiş letal mutasiyalar tezliyini öyrənməyə imkan verir. Məlumdur ki, şüalanmadan sonra artıq üçüncü gün mayalandırmağa qabil olan cinsiyyət hüceyrəleri (spermatozoidlər) şüalanma zamanı spermatid mərhələsində olur. Təcrübəye başlamaq üçün iki həftə qabaq paralel normal və M-5 xəttindən olan milçəkləri təmizlikdə artrmaq lazımlıdır.

Təcrübənin digər şərtlərindən biri çarpazlaşdırılacaq milçəklərin yaşıdır. Çox zaman erkəklərin radiohəssaslığı dəyişkən və həmin erkəklərin kopulyasiya qabiliyyəti də çox effektli olmur. Həmçinin çox cavan dişilərin də yumurta qoymaq qabiliyyəti zəif olur. Odur ki, təcrübə üçün 3–5 günlük erkək dişilərin seçilməsi yaxşı nəticə verir.

İşin yerinə yetirilməsi. Hər tələbə (bezən iki) şüalandırılmış erkəklər ilə M-5 dişiləri 8–10 stekanda çarpazlaşdırır. Eyni zamanda 5–8 stekanda kontrol çarpazlaşdırma aparılır, yəni şüalandırılmamış erkəklər M-5 dişilərlə çarpazlaşdırılır. Təcrübə 24–25°C temperaturu olan termostatda aparılır.

Təcrübə qoyulduğdan 9–10 gün sonra F₁ milçəklər çıxmaga başlayır. Hər tələbə F₂ almaq üçün iki-üç gün ərzində 200-ə qədər stekanda çarpazlaşdırma aparır. Kontrol variant eyni xarakter daşıdığından onu qrupun tələbələri arasında bölüb, hər tələbənin 40 stekanda çarpazlaşdırma aparması kifayətdir. İkinci nəsil almaq üçün F₁ dişilər stekanlara salınır və onların hər birinin yanına 2–3 M-5 erkək buraxılır.

Çarpazlaşdırmadan 3–4 gün sonra stekandan valideynlər çıxarılır, 9–10 gün sonra isə, F₂ nəsil çıxır. Hər gün stekanlarda F₂ nəsildən olan milçəklərin əlamətləri, cinsiyyəti nəzərə alınmaqla analiz edilir və xüsusi cədvəldə qeyd edilir. Bu proses 8 gün davam etdirilir. Sözsüz ki, kontrol və təcrübə variantından olan stekanların milçəkləri ayrılıqda cədvəllərdə qeyd edilir (cədvəl 24).

Hər bir stekan 8 gün ərzində analiz edildikdə hansı stekanda normal erkək milçək aşkar edilməzse, bu həmin stekanda yetişən milçəklərin X-xromosomunda cinsiyyətlə

ilişkili letal mutasiyanın baş verdiyini gösterir. Belə qidalı mühitlər diqqətlə qeyd edilir.

Cədvəl 24

F₂ nəslin qeyd edilməsi

F ₂ stekanların nömrələri	Milçakların qeydiyyat tarixi	Disilər		Erkekler		Qeyd
		[W ⁺ B]	B/+	W ⁺ B	++	
1	28/III					
	30/III					
	Cəmi					
2	28/III					

Təcrübə variantında tərkibində normal erkekler olmayan stekanlarda letallığın mövcudluğuna əmin olmaq üçün F₂ heteroziqot disilərdən M-5 erkeklerlə F₃ nəsil alınır. Belə olduqda F₂-də normal erkekler əmələ gelir.

Təcrübədən və kontrol variantlardan alınan nəticələr ayrıraqda hesablanır (cədvəl 25).

Cədvəl 25

Drozofil milçeyində rentgen şüalarının təsiri altında X-xromosomlardan alınmış resessiv letal mutasiyanın hesabınası

Təcrübə qoyan tələbələrin sayı	Kontrol			50 Qr-lə şüalanılmış		
	xromo- somların ümumi miqdarı	letal gen daşıyan xromo- somlar	letalliq faizi	xromo- somların ümumi miqdarı	letal gen daşıyan xromo- somlar	letalliq faizi
1	35	0	0	46	4	8,69
2	48	0	0	44	3	6,82
3	38	0	0	38	5	13,15
4	32	0	0	36	3	8,33
5	43	1	2,32	39	6	15,33
6	45	0	0	43	6	13,95
7	41	0	0	37	4	10,81
8	39	0	0	39	2	5,13
9	41	1	2,43	45	2	4,44
10	38	0	0	38	6	15,79
11	54	0	0	38	4	10,52
12	48	0	0	48	3	6,25
Cəmi:	502	2	0,40	488	48	9,84

Ədəbiyyatdan məlumdur ki, bir erkək drozofilin yüzlərə spermasından alınan ziqotlarından, adətən, bir və ya ikisində cinsiyetlə ilişikli resessiv letal gen üzə çıxır. Deməli: X-xromosomla ilişikli letallıq çox az miqdardır cinsiyyət hüceyrələrinə toxunur. Beləliklə, hər erkəyin tədqiq olunan spermalarından bir neçəsində eyni tipli mutasiya olur. İ.T.Gerşkoviç göstərir ki, drozofil milçeyində spontan olaraq 1000 spermadan ikisində ($0,2\%$ -də) cinsiyetlə ilişikli resessiv letal mutasiya baş verə bilir. Lakin erkək milçəklər şüalanmaya və ya kimyəvi mutagenlərlə təsirə məruz qaldıqda cinsiyetlə ilişikli resessiv letal mutasiyanın sayı artır. Cədvəldə kontrol variantda analiz edilmiş 502 xromosomdan iki xromosomda resessiv letal gen müəyyən edilmişdir. Buradan resessiv letal geni belə hesablaya bilərik:

$$\frac{2 \times 100}{502} = 0,40\%.$$

Təcrübə variantında 488 xromosom analiz edilmişdir. Bu zaman 48 xromosomda letallıq (48 stəkanda normal erkəklərin olmadığı) müəyyən edilmişdir $\frac{48 \times 100}{488} = 9,84\%$. Deməli, 50 Qur, şüalanmada cinsiyetlə ilişikli resessiv letallıq $9,84\%$ olmuşdur. Bəzən supermutagen maddələrin təsirindən letallıq 100% təşkil edir. Belə olduqda M-5 üsulu ilə letallıq öyrənilidikdə F_2 -də normal erkəklərə təsadüf edilmir.

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. Eyni genin bir populyasiyada dörd alleli, digər populyasiyada altı alleli olarsa, bu alleller həmin populyasiyalarda neçə genotip və fenotiplər əmələ gətirə bilər?

Məsələnin şərti. Alleller seriyasında bir allel ardıcıl olaraq digərləri üzərində dominantlıq edir.

Həlli

1. Geni dörd alleldən olan populyasiya.

Bize məlumdur ki, populyasiyada həm erkəklər və həm de dişilər dörd tipdə ($A \rightarrow a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow a_3$) qamet əmələ gətirər. Hər dörd tipdən olan dişi və erkək qametlərin panniktik populyasiyada sərbəst mayalanması 16 kombinasiyanı verər.

Populyasiyada genotiplerin miqdarnı hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$1/2n(n+1),$$

n —allelin miqdarnı göstərir.

Bizim misalımızda genotiplerin miqdarı

$$1/2 \cdot 4(4+1)=10.$$

Populyasiyada tam dominantlıqda fenotiplerin miqdarı emələ gələn qamet tiplərinə bərabər olur. Dörd allellikdə qamet tipləri də dörd olur. Nəticadə dörd allellilikdə və allellerin tam dominantlığında populyasiyada genotiplerin miqdarı 10, fenotiplerin miqdarı 4 olur.

2. Geni 6 allellikdə və tam dominantlıqda genotiplerin miqdarı

$$1/2 \cdot 6(6+1)=21$$

fenotiplerin miqdarı 6-ya bərabər olur.

Məsələ 2. Drozofil milçeyinin X-xromosomunda cinsiyyətlə ilişikli resessiv letal gen almaq məqsədilə erkəklər şüalandırılmış, onların F_2 nəslində 200 X-xromosomu analiz edilmişdir. Bu zaman iki tipdə dişi milçəkler; 200 stakandan gözləri *Bar* və ərik rəngli erkəklər və 162 qidalı mühitdə normal əlamətli erkəklər alınmışdır. Bu təcrübədə letallıq hansı üsulla hesablanmış və letallıq faizi nə qədər təşkil etmişdir?

Məsələnin qısa şərti. Drozofil milçeyinin gözlərinin 4 fenotipi alınmışdır. Lakin gözləri *Bar* və ərik rəngli erkəklərə nisbətən normal erkəklärin sayı azlıq təşkil edir.

Həlli

Bize məlumdur ki, M-5 üsulunda erkək valideyn şüalandırılmadıqda F_2 nəsildə iki hissə dişi və iki hissə erkəklər gözlənilir. Erkəklər və dişilər bir-birindən fenotipik olaraq fərqlənir. Parçalanına 1:1 nisbatində baş verir. Təcrübəmizdə normal erkəklärin sayı gözlənilən erkəklərdən (200-162=38) azlıq təşkil edir. Görünür 38 stakanda normal

erkəklər şüalanma nəticəsində resessiv letallıqdan məhv olmuşdur. Letallığı hesablayaqla:

$$\begin{aligned} 200 &= 100\% \\ 38 &= X \\ X &= \frac{38 \cdot 100\%}{200} = 19\% \end{aligned}$$

Təcrübəmizdə cinsiyətənə ilə ilişikli resessiv letallıq 19% təşkil edir. F_2 nəsildə hər iki tipdə erkəklərin əmələ gəlməsi letallığın M-5 üsulu ilə hesablanması göstərir.

Məsələlər

1. Radiasiyon və kimyəvi mutagenezin oxşar və fərqli cəhətlərini müəyyən etməkla, qorxulu olmayan dozaların mövcudluğunu deyə bilərsinizmi?
2. DNT molekulunda nukleotidlərin əvəz olunması və itməsi nəticəsində hansı tip mutasiyaların baş vermesi və ya baş verməməsi mümkündür?
3. M-5 və ya SLB üsulları ilə aşkar edilmiş bütün mütasiyaları nöqtəvi mutasiyalar hesab etmək olarma? Mexanizmini izah etməli.
4. Əger SLB üsulundan istifadə edərkən F_2 nəsildə hər iki gözlənilən tipdə diş fərdlər meydana çıxmışsa və erkək fərdlər yoxdursa, bu hadisəni necə izah etmək olar?
5. Normal tipdən olan diş milçək 110 diş, 51 erkək nəsil vermişdir. Bunu heteroziqot vəziyyətdə olan və X-xromosomunun cinsiyətənə ilə ilişikli letal geni ilə izah edə bilərikmi və necə?
6. Yaşlı erkək drozofilin dişilərlə 390 stekanda çarpanlaşdırılmasından qidalı mühitdə 386 diş, qidalı mühitdə 275 normal erkəklər almılmışdır. Bu təcrübədə letal mutasiya hansı üsulla üzə çıxarılmış və letallıq neçə faiz təşkil etmişdir.
7. M-5 xəttindən olan diş drozofilde X-xromosomda tam ilişiklik olmazsa, bunun mümkün olmasını təsdiq edə bilərsinizmi?
8. Şüalandırılmış erkək drozofilin hansısa dişilərlə çarpanlaşdırılmasından F_2 nəsildə 2 hissə diş, 1,5 hissə

erkək alınmışdır. Bu hadisəni necə izah edə bilərsiniz? Letalıq cinsiyyətə ilə ilişkili baş verir.

9. Autosom xromosomlarda baş vermiş letalliğının hansı üsulla hesablaşmaq olar? Bu üsulun sxemini çəkin və mexanizmini izah edin.

TAPŞIRIQ 17

XROMOSOM DƏYİŞİLMƏLƏRİ

Məşğələnin məqsədi. 1. Xromosomların quruluş dəyişilmələrinin tipləri ilə tanışlıq və onların öyrənilməsi üsulları. 2. Mutagen maddə ilə təsir edilərək cücadılmış buğda, yaxud soğan toxumlarının kökcüklerinin meristem hüceyrlərində mitotik aktivliyi təyin etməli və alınan nəticələri kontrol variant ilə müqayisə etməli. 3. Mutantlarda xromosom aberrasiyalarının miqdar və faizini müəyyən etməli. 4. Aberrasiya tiplerini müəyyən etməli.

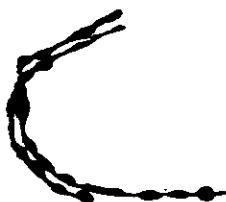
Material və ləvazimat. 1. Soğan, yaxud buğda toxumlarının kökcüklerindən hazırlanmış (kontrol və xromosom aberrasiyalı) preparatlar. 2. Mikroskop, obyekti əksetdirən aparat, rəngli qələmlər və albom.

İşin izahı. Xromosomların quruluş dəyişilmələrinə səbəb onların ilkin qırılmalarıdır. Bu zaman xromosomun "yapılmış" iki ucluğu alınır. Bu cür "yapılmış" ucluqlar istənilən digər xromosomun ucluğu (qırılmış ucu) ilə (yalnız "yapılmış") birləşə bilər. Əgər bir dəfə qırılma baş verən zaman alınmış ucluqlar birləşirsə, onda xromosomun tamlığı bərpa olunur və nəticədə quruluş dəyişilməsi baş vermir. Lakin müxtəlif qırılmalar zamanı alınmış ucluqlar birləşərsə, onda xromosomun quruluş dəyişməsi baş verər.

Xromosom dəyişilmələrinin xarakteri mutagen maddə ilə onlara təsir olunan andan (vəziyyətdən) asılıdır. Belə ki, əgər xromosom tək tel vəziyyətində olarsa (interfazanın G₁ dövrü, mitozun anafaza, həmçinin telofazasında), onda interfazanın S dövründə o ikiləşir və aberrasiya hər iki xromatiddə qalır, daha doğrusu, xromosom aberrasiyası əmələ gelir.

Öğər mutagen maddə xromosomun ikiqat tel vəziyyətində olduğu zaman (interfazanın S və G₂ dövründə, mitozun profaza və metafazasında) təsir edərsə, bu zaman hər bir telde ayrıca aberrasiya baş verə bilər. Xromosom dəyişilmələri xromosom daxili və xromosomarası olmaqla iki qrupa bölünür. Xromosomdaxili aberrasiyalara çatışmazlıqlar, delesiyalar, duplikasiyalar, inversiyalar, translokasiyalar və transpozisiyalar aiddir.

Xromosomdaxili dəyişilmələr zamanı xromosomların sayı dəyişmir, lakin bir, yaxud bir neçə xromosomda aberrasiyalar baş verir. Bu isə onlarda yaranan qırılmalar nəticəsində əmələ gelir. Öksər hallarda əmələ gelən fragmentlərin birləşməsi, daha doğrusu, heç bir mutasiya baş verməmiş başlangıç xromosomlarda olduğu kimi qarşılıqlı yerləşməsi müşahidə olunur. Xromosom dəyişilmələrinə çatışmazlıqlar, delesiyalar, duplikasiyalar, inversiyalar, translokasiyalar və transpozisiyalar daxildir. Bu mutasiyalar tezliklə xromosomun hər iki xromatidinə (xromosom dəyişilmələri), ya da onlardan birinə (xromatid dəyişilmələri) toxunur ki, bu da başlıca olaraq həyat tsiklinin hansı mərhələsində (daha doğrusu, xromatidlərin replikasiyalarından əvvəl, yaxud sonra) dəyişilmələrin baş vermasından asılıdır.



Şəkil 26.
Qeydənənin
xromosomlarından
birində çatışmazlıq
(Myuntsinge görə).

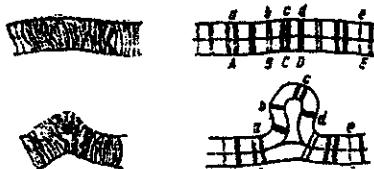
Xromosom
cütlerindən biri
dörd xromomerini
itirmiştir.

Çatışmazlıq. Xromosomdan ayrılmış (qopmuş) sentromeri olmayan fragment itir və xromosom bu və ya digər ölçüdə qısalmış olur. Bu zaman xromosom həmin itmiş fragmentdə olan genlərdən də məhrum olur (şəkil 26). Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, yaxın vaxtlara qədər bir çox tədqiqatçı müəlliflər çatışmazlıq və delesiyani eyni bir mutasiya tipində birləşdirirdilər. Belə ki, bəzi müəlliflər hər iki mutasiya tipini çatışmazlıq, lakin başqa müəlliflər isə onları delesiya adlandırdı. Hazırda genetiklərin böyük əksəriyyəti bu iki mutasiya tipini ayıralıqda, burada verilən kimi izah edirlər.

Delesiya. Mutasiyanın bu tipinde de çatışmazlıqda olduğu kimi xromosomun müeyyən bir fragmentinin itirilmesi baş verir, lakin çatışmazlıqda olduğu kimi xromosomun üç hissəsində deyil, onun orta hissəsindən itir. Bu zaman fragment iki qırılma nəticəsində emələ gelir. Setromerdən mehrum olan bu cür fragment itirildikdən sonra xromosomun qalmış hissələri birləşir. Nəticədə xromosom çatışmazlığı baş verdikdə olduğu kimi xromosom qısalır və itirilmiş sahədə olan genlərdən də mehrum olur (şəkil 27).

Çatışmazlıq və delesiya fenotipə oxşar şəkildə təsir göstərir. Bu cür xromosom deyişilmələrinə görə heteroziqot olan diploid orqanizmlərdə çatışmazlıq və delesiyyaya məruz qalmış, yəni xromosomun itirilmiş fragmentine uyğun gələn homoloji xromosomların həmin sahəsində yerləşən resessiv genlərin təzahür etməsi üçün imkan yaranır. Belə ki, X-xromosomun sol ucunda yerləşən *white* (*w*—ağ gözlülük geni) və *yellow* (*y*—bədənin sarı rənglilik geni) resessiv genlərə görə heteroziqot olan drozofil milçeyinin dişilərində, adətən, bədən boz və gözler qırmızı olur. Çünkü ikinci X-xromosom —*y⁺* və *w⁺* dominant genlər daşıyır. Bu hal normal drozofillərdə olur, yəni onların bədəninin boz və gözlərinin qırmızı olması göstərilən dominant genlərin digər X-xromosomda olan resessiv genlərə təsirinin qarşısının alınması ilə əlaqədardır. Lakin, əger bu ikinci X-xromosonda çatışmazlığın baş verməsi nəticəsində, dominant allellerə (*y⁺* və *w⁺*) malik olan sol uc hissə itirilərsə, onda milçeklərin bədəni sarı, gözleri ağ olacaqdır. Deməli, resessiv genlər drozofil milçeyində fenotipdə təzahür edir.

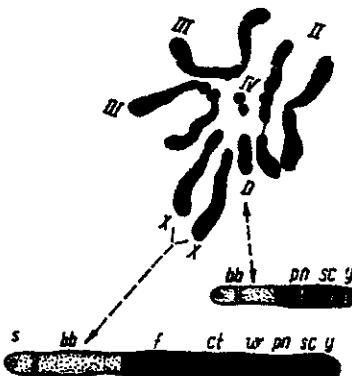
Duplikasiya. Bu xromosomların hər hansı fragmentinin ikiləşməsidir. Duplikasiyalar hər şeydən əvvəl xromosomda əlavə fragmentin tekrar olunması nəticəsində emələ gelir. Belə təkrarlanma krossinqoverin qeyri-bərabər getməsi nəticəsində baş verə bilər. Belə təkrarlar drozofil milçeyində *Bar* və ultra-*Bar* mutasiyaları misalında müşahidə edilir.



Səkil 27. Drozofilin konyuqasiya olunan politen xromosomları (Sinnott, Denn və Dobrjanskiya görə). Homoloji xromosomlardan birində kiçik bir sahəde delesiya: solda — mikroşəkil, sağda sxem.

Duplikasiyalar həmçinin meyoz vaxtı normal və onun homoloqu olan güclü qısalmış delesiyaya malik xromosomun ayrılmaması səbəb ola bilər. Bu halda duplikasiya olunmuş sahə xromosoma əlavə olunmur, lakin özünün sentromeri ilə birlikdə kiçik, yüksək komplekt xromosom şəklində mövcud olur (şəkil 28). Çatışmazlıq və delesiyaya nisbətən duplikasiyaların, adətən, fenotipdə təzahürü zəifdir. Belə ki, əlavə olunmuş artıq genler organizmin əlamətlərində, həmin qədər itirilmiş genlərə nisbətən az eks olunur. Lakin böyük duplikasiyalar fenotipin xeyli dəyişilmesinə səbəb ola bilər. Şübhə yoxdur ki, duplikasiyalar genomu yeni genlərlə zənginləşdirməklə təkamülde böyük rol oynayır.

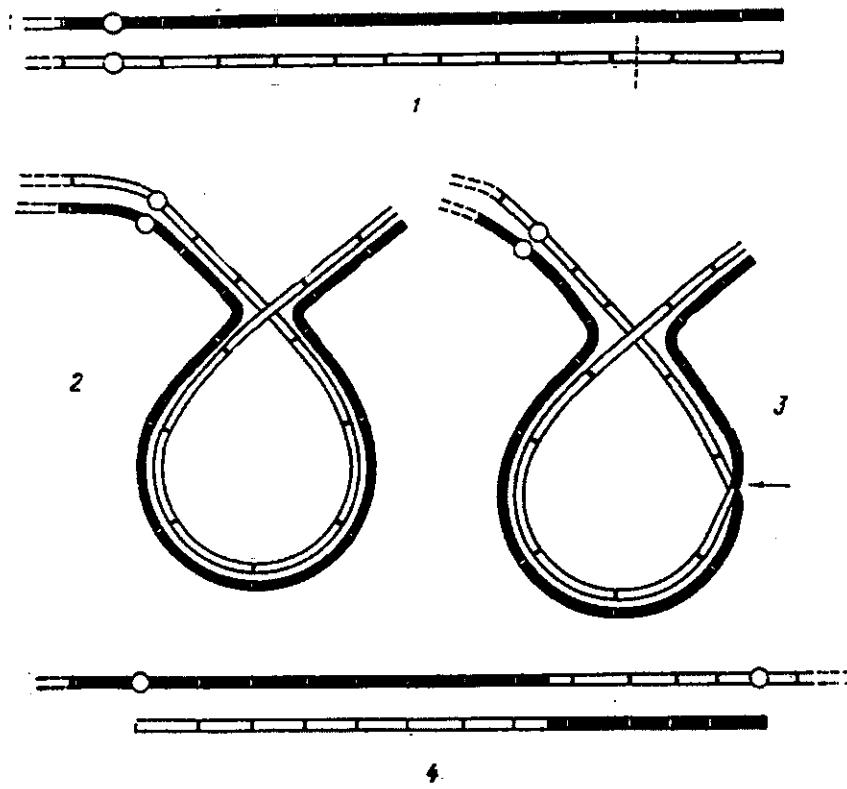
İnversiya. İnversiyalar zamanı xromosomda genlərin yerləşmə qaydası dəyişilir: iki qırılma nəticəsində əmələ gələn xromosom qırığı 180° çevrilməklə yenidən ona əlavə olunur. Bu zaman genlərin sayı dəyişilmə baş verənə qədər xromosomda nə qədər vardısa elə o qədər qalır, buna görə inversiyalar nə homoziqot, nə də heteroziqot vəziyyətdə organizmin fenotipinə təsir etmir. Lakin inversiyalara görə heteroziqotluq inversiya baş vermiş xromosomun öz cütü ilə birlikdə meyozun konyuqasiyasında və onların arasındaki krossinqoverdə eks olunur. Bu xromosmların az, yaxud çox mükemmel (yararlı) sinapsisi onlarınanca müəyyən əyilməsi zamanı mümkün kündür. Belə əyilmə homoloji nöqtələrin yaxınlaşmasını təmin edir (şəkil 29). Belə konyuqasiya olunmuş xromosomların özünə məxsus konfiqurasiyası, onlardan birində inversiya baş vermiş sahə-



Şəkil 28. Drozofil miçeyinin X-xromosomunun sahəsinin duplikasiyası. Duplikasiya (D) özünün sentromerinə malikdir və ona görə də ayrıca xromosom kimi görünür. Aşağıda duplikasiya ve normal X-xromosom sxematik göstərilib; heteroxromatin sahələr ağ, euxromatin sahələr qara; bir sıra genin lokallaşması və sentromer (S) göstərilib.

(Sinnott, Denn və Dobrjanskiyə görə,) II-IV—autosom xromosomlarının nömrəsidir.

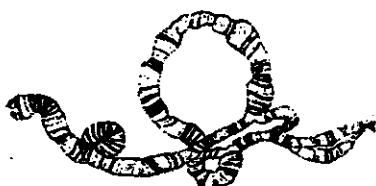
si olan drozofil milçeyinin tüpürçək vəzisinin politen xromosomlarında yaxşı görünür (şəkil 30).



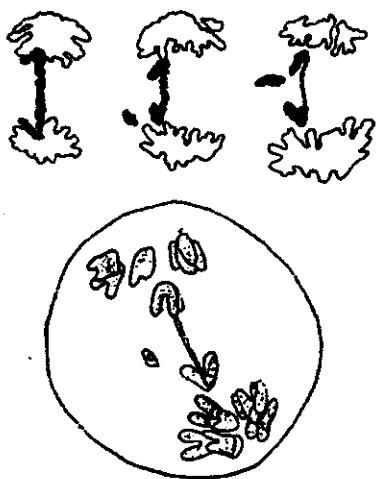
Şəkil 29. Normal xromosun onun inversiya baş vermiş homoloqu ile konyuqasiyalarının sxemi;

1—normal xromosom və inversiyali homoloq; 2—onlar arasında konquyasiya; 3—onlar arasında krossinqover; iki krossinqoverli xromosom (4) alınır, onlardan birində iki sentromer olur (anafazada qız xromosom qrupları arasında körpü əmələ gelir), digərində isə sentromer olmur.

Normal konquyasiyanın çətinləşməsi çox vaxt inversiya baş vermiş və normal xromosolların ayrılmasına səbəb olur ki, bunun da neticesində aneuploid qametlər əmələ gelir. Belə əmələ gelən qametlər ya hər iki (inversiyali və normal)



Şekil 30. Drozofil milçeyinin politen xromosom cütünün konyuqasıyası. Bu cüt xromosomlardan birinde inversiya baş vermişdir
(Darmenqtona göre).



Şekil 31. Çovdarda birinci meyoz bölünmenin anafazası inversiyalı körpü ile (yuxarıda); anafazada xromosom qrupları arasından ve sentromerden mehrum fragmentler (aşağıda).
(Myuntsinqe göre).

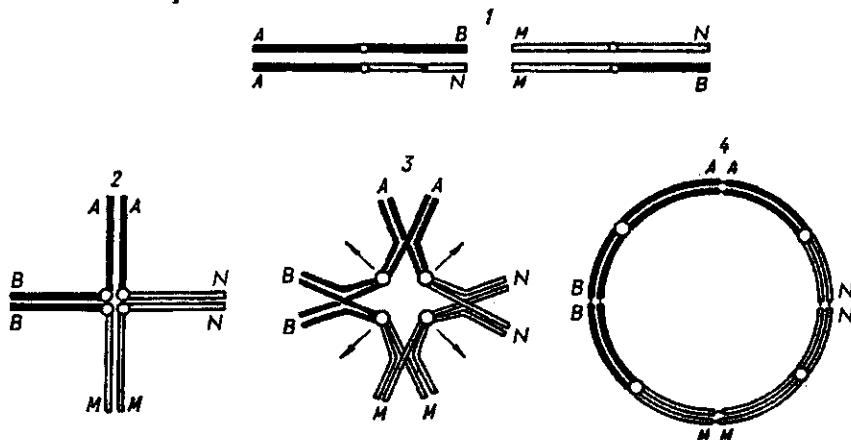
öyrənilmiş bütün dəyişmələr bir xromosom hüdudunda baş verir. Bunlardan fərqli olaraq tranlokasiyaların əmələ gəlməsində müxtəlif cütlərə aid olan iki və daha çox xromosom

xromosoma birlikdə malik olur, ya da bunların heç birinə malik olmur. Ondan başqa, elə həmin səbəbdən bu xromosomlar arasında krossinqoverin tezliyini azaldır, xromosomun inversiya baş verən ciyində krossinqover xeyli çatınləşir. Əgər xromosomun inversiyaya uğramış sahəsində birqat krossinqover baş verirsə, onda yaranan xromosomlardan birində iki sentromer və duplikasiya aydın olur, lakin ikinci xromosom sentromerdən məhrumdur və çatışmazlığa malik olur (Şəkil 31), buna görə hər iki xromosomun sonrakı mitozda eliminasiyası baş verir və onlar qametlərə düşmür.

Odur ki, belə qametlər verilmiş xromosomlara görə aneuploid olur. Bu cütün krossinqoversiz xromosomlarını almış qametlər normal xromosomlara malik olur. Əgər inversiyaya malik xromosom homoziqot vəziyyətdədirsə, onda meyoz heç bir anomaliya baş vermədən keçir, aneuploid qametlər əmələ gəlmir və krossinqover normal tezlikdə gedir. Beləliklə, inversiyalar növ daxilində əmələ gələn formaların təkamül cəhətdən ayrılmasına şərait yaradır.

Translokasiya. İndiye qədər

iştirak edir: translokasiya qeyri-homoloji xromosom sahəlerinin mübadiləsi nəticəsidir. Qeyri-homoloji xromosolların hər birində qırılma baş verir və qırılmış hissə əvvəlki yerinə deyil, başqa xromosoma birləşir. Bu şəkil 32.1-də sxematik əks olunmuşdur.



Şəkil 32. Translokasiyaya görə heteroziqotlardan xromosolların konyuqasiyası:

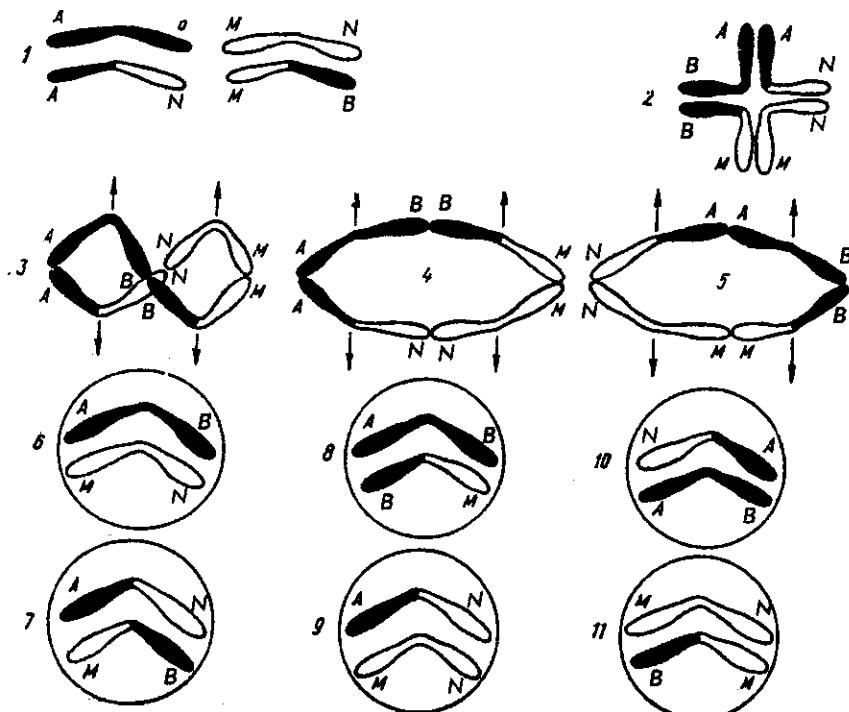
1—iki qeyri-homoloji A-B ve M-N xromosomlar arasında translokasiyalara görə heteroziqot; 2—xaq emeləgəlmə (meyozun paxinemasi); 3—xiazmlar (diplotena); 4—xiazmların terminalizasiyası dörd xromosomdan halqanın emələ gəlməsinə səbəb olur.

İnversiyada olduğu kimi translokasiyalar da genomda genlərin sayını dəyişmir və fenotipdə nə homoziqot, nə də heteroziqot vəziyyətdə təzahür etmir. Genetik nəticələrə görə translokasiyalar müşahidə edilir. Birincisi, xromosomun translokasiyaya uğramış sahəsində yerleşən genlər, translokasiya baş verənə qədərki vəziyyətdən fərqli olaraq yeni ilişikli qruplarla yerini dəyişir. İkincisi, translokasiyalara görə heteroziqot fərdlərdə toxunulmuş xromosom cütlerinin meyzoda onların özünə məxsus davranışının müşahidə edilir. Nəticədə emələ gələn qamətlərin böyük eksəriyyəti aneuploid olur.

Translokasiyaya görə heteroziqot olan fərdlərdə, hissələri ilə mübadilə edən iki xromosom və iki uyğun gələn normal xromosom meyzun paxineməsində xromosolların homoloji

sahelerinin bir-birine sinaptik çekilmesi nöticesinde xaç şəkilli figur emelə getirir (32.2). Bir qədər sonra, artıq xromosomların xromatidlərə ayrıldığı diploten mərhələsində xromosomların hər bir ciyinində bir, yaxud bir neçə xiazmin emelə gəldiyi görünür (32.3). Xiazmların konyuqasiya olunmuş xromosomlarının ayrılması ilə onlar terminallaşır, xromosomların uclarına sürüşür və meyozun birinci bölünməsində metafazanın sonunda dörd xromosomdan ibarət xaç buna görə halqaya çevrilir. Bu zaman onlar yalnız ucları ilə bir-birile toxunur (32.4). Anafazada halqa müxtəlif qütblərə doğru iki-iki çəkilən dörd xromosoma ayrılır. Bu zaman altı tip qız hüceyrə alınır. Qız hüceyrələrin hər birində bu iki xromosomun müxtəlif uyğunluğu olur. İki tipin kız hüceyrələri (şəkil 33. 6,7) xromosomlara uyğun genlərin tam haploid kompleksinə malik olur; bunun üçün ilkin şərait xromosom halqasının burulmasıdır ki, bunun da nöticesində xromosomlar onda ziqzaq şeklinde yerləşir (şəkil 33.4). Qalan digər dörd tip qız hüceyrələr (33. 8,9,10,11) genlərin anomal kompleksini alır: xromosomlardan birində genlərin bir hissəsi olmur, lakin digər xromosomda genlərin bir hissəsi iki dəfə çox olur; bu, halqanın xromosomlarının burulmaya məruz qalmadığı halda baş verir (33. 4,5). Nöticədə translokasiyalara görə heteroziqot fərdlər bir qayda olaraq nəsil-vermə qabiliyyətinin aşağı olması ilə xarakterizə olunur. Bu isə onunla əlaqədardır ki, onların bir çox qametləri ya heç bir funksiya daşımir, ya da həyatilik qabiliyyəti olmayan aneuploid ziqotun emelə gəlməsinə getirib çıxarır.

Translokasiyaların təkamüldə əhamiyyəti onunla müeyyən olunur ki, onların inversiyaları elmi analoji şəkildə növ daxilində meydana çıxan formaların təkamülə ayrılmاسını təmin edir. Bundan başqa, tranlokasiyalar xromosom sayının dəyişilməsinə səbəb ola bilər (şəkil 34), lakin müqayisəli kariologiya göstərir ki, belə dəyişilmələr çox vaxt təkamül prosesində şübhəsiz rol oynayır. Bəzi hallarda translokasiyalardan praktiki olaraq istifadə edilmesi mümkündür. Belə ki, tut ipəkqurdunda cinsiyyətin süni yolla tənzim olunmasında translokasiyadan istifadə edilir. Başqa bir misal kimi zərərverici həşəratla mübarizədə translokasiyalardan istifadə edilməsini göstərmək olar.



Şekil 33. İki qeyri-homoloji A-B ve M-N xromosomları arasında translokasiyalara göre heteroziqotlarda meyoz zamanı xromosomların çökülməsi:

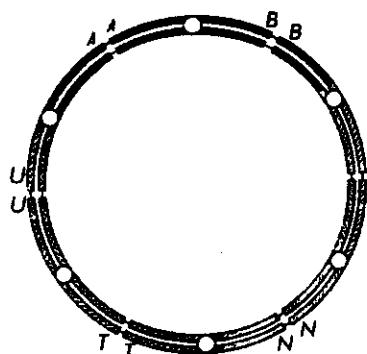
1—translokasiyaların sxemi; 2—heteroziqotlarda konquyasının başlanması. Xromosom halqasının burulması zamanı (3) xromosomların müvafiq olan genlerinin tam haploid kompleksine malik olan iki qız hüceyrə alınır (6,7); eğer halqanın xromosomları burulmazsa (4;5), onda dörd qız hüceyrə alınar ki, bunlarda olan xromosomlardan birinde genlerin bir hissesi çatışmaz, lakin digər xromosomda genlerin bir hissesi iki dəfə artıq olar (8,9,10,11).

Translokasiyalar eyni vaxtda iki xromosoma deyil, bir neçə müxtəlif xromosoma toxuna bilər və onda birinci meyoz bölünmənin metafasasında heteroziqotlardan əmələ gələn halqa dörd əvəzində, çoxlu sayıda halqalardan ibarət olar. Şəkil 35-də A-B, M-N ve U-T hərfləri ilə göstərilən üç müxtəlif xromosoma toxunan translokasiyaya görə hetero-



Şəkil 34. Tarnlokasiya xromosom sayının artmasına sebəb olur.

Oxlar-qırılma yerini göstərir: sağda-translokasiyanın baş verməsi göstərilir.



Şəkil 35. Üç qeyri-homoloji xromosoma —A-B, M-N ve U-T toxunmuş translokasiyaya göre meyozda heteroziqot olan altı xromosomdan ibarət halqa.

xüsusi hərəkətli, yaxud miqrasiya edən genetik elementlərin iştirakı zamanı baş verir.

İlk dəfə B. Mak-Klintok 1947-ci ildə qarğıdalıda xromosom qırılmalarını öyrənən zaman miqrasiya olunan genetik elementləri təsvir etmişdir. Miqrasiya olunan Ds lokusu (dissociator) aşkar edilmişdir. Belə lokusda xromosom qırılmaları baş verir. Özlüyündə Ds qırılmalar tövətmir. Əgər ancaq genomda başqa miqrasiya olunan element—As (aktivator) iştirak edirsə, onda onlar bu lokusda meydana çıxır. Bu hər iki element meyoz bölünmədə bir neçə faiz tezlikdə itə bilər yaxud da mitoz bölünmə zamanı özünün lokuslaşma yerini dəyişə bilər. Bu zaman Ds yalnız As elementinin iştirakı ilə yerini dəyişə bilər.

ziqot olan altı xromosomdan ibarət (üçü normal və üçü isə sahələri ilə mübadilə edən) halqa göstərilmişdir (Şəkil 35).

Bir çox bitkilərdə, məsələn, enoterada bir çox müxtəlif xromosomu əlaqələndirən tranlokasiyaların olması onları həmisi heteroziqot vəziyyətdə saxlayır.

Bütün yuxarıda göstərilənlərdən belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, müxtəlif xromosom dəyişmələrinin sitoloji mexanizmi eynidir—bu xromosom, yaxud xromatid qırılmalarıdır, bundan sonra emelə gələn fragmənlər eyni ucluqlarla birləşir, lakin sentromersiz qalmış fragmənlər itir (Şəkil 36).

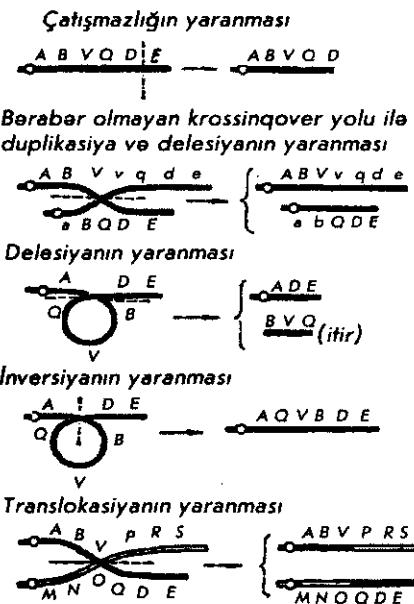
Transpozisiyalar. Transpozisiyalar dedikdə bir xromosom hüdüdlərində yaxud müxtəlif xromosomlar arasında genetik materialın çox da böyük olmayan bir sahəsinin yerdəyişməsi başa düşülür. Transpozisiyalar

Ds-elementinin bilavasitə yaxınlığda, yaxud toxumda ehtiyat zülalın rənginə nəzarət edən S genin daxilinə yeridilməməsi S genin aktivsizləşməsinə səbəb olur və eyni zamanda heteroziqot toxumlar S/S/S (yada salmaq lazımdır ki, endosperm triploid toxumalar) rəngsiz olmuşdur. As elementinin iştirakı ilə dissosiator (Ds) yerini deyişməyə başlayır, bəzən S lokusunu tərk edir. Bunun neticəsində rəngsiz toxumlarda rəngli ləkələr (aleyronlar) meydana gəlməyə başlayır (şəkil 37).

Yalnız XX əsrin 80-ci illərində genetik mühəndislik sahəsində əldə edilmiş müvəffəqiyyətlərə əsasən qarğıdalının As, Ds və bir sıra miqrasiya olunan elementlərini ayırmak və tədqiq etmek mümkün olmuşdur (şəkil 38). Məlum olmuşdur ki, Ds həmin As elementinin defektli variantıdır. As elementinin quruluşu miqrasiya olunan elementlər üçün, daha doğrusu, hazırkı dövrə qədər öyrənilmiş bakteriyada, drozofil milçeyində, həmçinin Sacch cerevisiae maya hüceyrələrində öyrənilən elementlər üçün tipik olmuşdur.

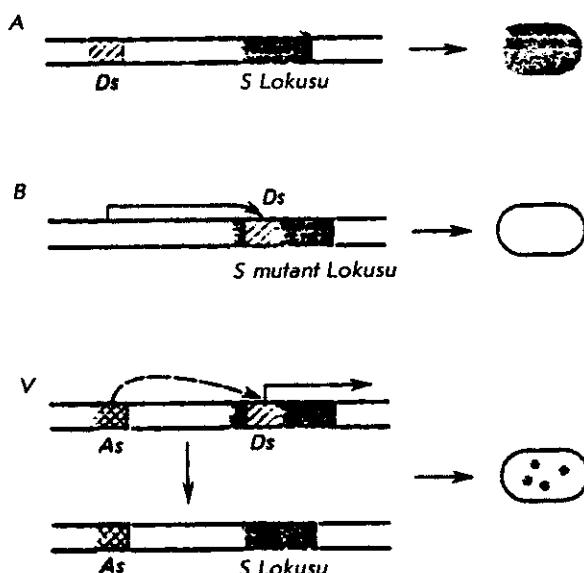
Miqrasiya olunan genetik elementlərin molekulyar quruluşunun öyrənilməsinə başlanması ilə XX əsrin 60-cı illərinin sonunda E. Coli-nin laktoz operona görə qeyri-adi mutantlarda keşfin əsası qoyuldu. Bu mutantlarda lac-operonun bütün üç geni aktivsizləşdirilmişdir.

Xromosom deyişilmələrini metafaza və anafaza üsulu ilə öyrənmək mümkündür. Metafaza üsulu zamanı xromosom aberrasiyaları mitozun metafaza dövründə analiz edilir. Bu



Şəkil 36. Xromosom deyişilmələrinin başlıca (əsas) tiplerinin emələgəlmə mexanizmləri.

üsulun çox dəqiq olmasına baxmayaraq bitkilərin eksəriyyətində xromosomları metafaza mərhələsində seçmək bir qədər çətinlik törədir. Metafaza üsulundan xromosomları olduqca aydın fərqlənən bitkilərdə, məs., *Crepis capillaris*-də istifadə edilir.

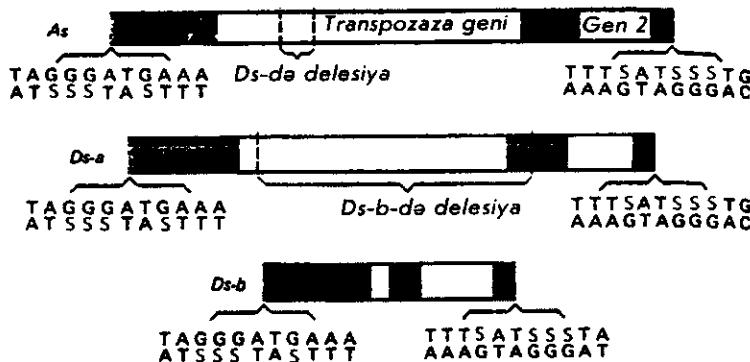


Şəkil 37. Qarğıdalıda C-lokusunu aktivləşdirən aktivatorun (As) və dissoyatorun (Ds) qarşılıqlı təsirinin neticələrini izah edən B. Mak-Klinotonun məlumatı (N. Fedoroffa görə, 1984). A—Ds C lokusundan uzaqlaşmışdır; B—Ds C lokusuna yerini deyişmişdir və onu aktivsizləşdirmişdir (C—resesiv allel kimi təzahür edir); C—As elementi Ds elementinin yerini deyişməsini stimülə etmişdir, nəticədə o C lokusunu tərk etmişdir. Bu isə mitoz bölünmədə c→C reversiyasında özünü göstərir (qarğıdalı toxumlarında rənglənmiş ləkələrin emələ galməsi).

Anafaza üsulu zamanı isə xromosom aberrasiyalarının analizi mitozun anafaza mərhələsində aparılır. Xromosom aberrasiyaları eksər hallarda körpü və fragmentlər şəklində müşahidə edilir (şəkil 39).

Xromosom deyişilmələrini öyrənmək üçün ən əlverişli obyekti kimi soğan, arpa, buğda və başqa bitkilərə qabaqcadan müvafiq dozada kimyəvi mutagenlər, γ-şüaları və yüksək

süretli neutronlar ile tesisir edilerek onların cücedilmiş toxumlarından istifadə edilir.



Şekil 38. Qarğıdalının As ve Ds-elementlerinin kuruluşu (N.Fedoroffa göre, 1984). Transpozisiyaya cavabdeh olan iki gen (açıq rəng) və ucluqda başa çatmamış invertə olunmuş tekrarlar göstərilir.

Xromosom aberrasiyalarını öyrənmək üçün meristem hüceyrə populyasiyalarından ilk mitoz gedən zaman istifadə etmək lazımdır.

İşin yerinə yetirilməsi.
Soğan toxumları 24°C temperaturda 50 saat isladılır. Bu müddətdə kökcüklerin uzunluğu 6–8 mm-ə çatır. Cücedilmiş toxumların bir hissəsi göstərilən üsulla müvafiq olaraq γ-şüaları və yaxud yüksək süretli neutronlarla şüalandırılır.

20 saatdan sonra onlar fiksə edilir və hüceyrələri ilk mitozda analiz etmek üçün əzilmiş müvəqqəti preparatlar hazırlanır (bax, səh. 31).

Cücedilmiş toxumların bir hissəsi fiksə edilir, asetokarmılə rənglənir və əzilmiş preparatlar hazırlanır.



Şekil 39. Soğan köcürüyünə mutagen maddənin tesisirindən sonra meristem hüceyrəsində mitozun anafazasında körpünün emələ gəlməsi.

Aberrasiyalı anafazaların ümumi miqdarnı, həmçinin preparatın hər birində 10–20 görüş dairəsindən az olmamaq şərtile aberrasiyaların tiplerini təyin etməli.

Alınan nəticələri cədvəldə verməli (cədvəl 26).

Cədvəl 26
Xromosom deyişilmelerinin tezliyi və tipləri

Mutagen doza, Qr-le	Aberrasiya tipləri					Anafa- zaların ümumi miqdar- rı	Aberrasiyalı anafazalar	
	kök- cükklər	tək frag- mentli körpü- lər	cüt frag- mentli körpü- lər	tək frag- ment- ler	cüt frag- ment- ler		sayı	% ± m
Kontrol Yüksek sürətli neutronlar	26	4	6	10	10	1339	30	$2,24 \pm 0,16$
30	20	52	31	156	40	698	279	$39,97 \pm 1,85$

Mutagen maddə ilə təsir edilmiş və kontrol kimi götürülmüş toxumların kökcükllerinin hüceyrə populyasiyalarında mitotik aktivliyini müqayisə etməli (təyinətmə üsulu, bax, sah. 37).

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. Gözləri ağ, qanadlarının ucu çapıq (Notch) dişi drozofil milçəyi, gözləri və qanadları normal erkək milçəkle çarpazlaşdırılır. Alınan F_1 dişi nəslin bir hissəsinin gözləri ağ, qanadları çapıq olur. Həmçinin, nəsildə eyni nisbətdə qırmızı-göz, qanadları normal erkək və dişi milçəklər alınır. Ümumiyyətlə, 2 ♀: ♂ 1 nisbətdə milçəklər meydana çıxır. F_1 -də alınmış ağıgöz, qanadları çapıq (dişi) milçəklərin, gözləri qırmızı, qanadları normal erkəklərlə çarpazlaşdırılmasından alınan nəsil hansı əlamətlərə malik olar?

Məsələnin şərti

Qanadları çapıq edən gen X-xromosomda ağıgözlük (W) geni olan sahədə delesiya nəticəsində (Notch) əmələ gelir.

Gösterilən delesiya homoziqot vəziyyətdə letal xarakter daşıyır. Deməli, dişi milçeklər homoziqot, erkəklər isə hemiziqot vəziyyətdə olur.

Həlli

Dişi milçeklər qanadların çapıqlığına görə heteroziqot əlamətlidir.

1. Çarpazlaşdırılan valideynlər:

$$\begin{array}{c} \text{N} \\ \hline\hline + \\ + \end{array}$$

Dişi və erkək milçeklər iki tipdə qametlər əmələ gətirir və həmin qametlərin mayalanmasından aşağıdakı nəsil alınır:

Nəsildə bir hissə gözləri aq, qanadları çapıq, bir hissə normal dişlər və bir hissə normal əlamətli erkəklər əmələ gəlir. *Notch* xromosomuna malik erkəklər ölürlər.

σ	+	-
♀		
N	$\begin{array}{c} \text{N} \\ \hline\hline + \\ + \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{N} \\ \hline\hline \end{array}$
-	$\begin{array}{c} + \\ \hline\hline + \\ + \end{array}$	$\begin{array}{c} + \\ \hline\hline \end{array}$
		ölür

2. Çarpazlaşan valideynlər

$$\begin{array}{c} \text{N} \\ \hline\hline + \\ + \end{array} \quad \begin{array}{c} + \\ \hline\hline \end{array}$$

Bu çarpazlaşdırımada da valideynlərin genotipi 1-ci çarpazlaşmadakı valideynlərin genotipilə eyni olduğundan burada da 1-ci çarpazlaşmadan alınan nəsillər gözlənilir.

Məsələ 2. İnsanlarda Daun sindromunda genotipdə əlavə olaraq 21-ci xromosomun iştirak etməsi məlumdur. Odur ki, belə sindroma malik uşaqlarda 47 xromosom gözlənilir, lakin Daun sindromuna malik bir uşaqda 47 xromosom əvezinə 46 xromosom müəyyən edilmişdir. Belə uşağın kariotipində xromosomlardan biri (15-ci xromosom)

normadan uzun olmuşdur. Xəstənin anası, xalası və ana nənəsində 45 xromosom və 15-ci xromosomun uzun olduğu müəyyən edilmişdir. Göstərilen amillerdə mövcud olan bu hadisəni necə izah etmək olar?

Məsələnin şərti

Normal insan 46 xromosoma malik olur. Xromosomlar 23 cüt olub, bir-birilə homoloq təşkil edir. Daun sindromunda qeyri-homoloji xromosomlardan biri digərinə translokasiya oluna bilir.

Həlli

Tədqiq olunan uşaqda 15-ci xromosomun normadan uzun olması hər hansı xromosomun ona translokasiyası ilə izah edile bilər. Bəzən 21-ci xromosomla 15-ci xromosom arasında translokasiya getdiyi məlumdur. Belə qadınlar iki tipdə qamet verib, döllü ola bilər. Trisomik nənənin əmələ gətirdiyi translokasiyanın xromosomlu qameti ilə normal spermatozoidin mayalanmasından tədqiq olunan uşaqın anası və xalası dünyaya gəlmışlər. Həmin uşaqın anasından 15-ci normadan uzun (translokasiyalı) xromosom tədqiq olunan uşaqın genotipinə ötürülmüşdür. Nəticədə Daun sindromlu uşaq əmələ gəlmışdır.

Məsələlər

1. Drozofil milçeyində *bb* allel genləri (*bobbib*) X-xromosmlarda yerləşir. Bu sahədə X-xromosom mikrodelesiyaya uğradıqda bu gen homoziqot halda letal effektə malik olur. Drozofilin Y-xromosomunda həmin genin dominant alleli yerləşir. Həmin allelə görə heteroziqot olan dişi və erkəklərin çarpzlaşdırılmasından alınan nəsildə cinsiyət nisbəti necə olar?

2. Bir neçə qarğıdalı bitkisində meyozun sitoloji tədqiqi hüceyrə mərkəzində IV–V xromosomların halqlar əmələ gətirdiyini göstərmişdir. Bu xromosomlarda belə qeyri-adi konyuqasiyanı necə izah etmək olar?

3. Genetik analiz xromosomda genlərin ABSDEK ardıcılığda düzüldüyünü göstərmişdir. Lakin bezi fəndlərdə bu

ardıcılıqlıda fərq müəyyən edilmişdir: ADBESK genlər ardıcılığına malik fəndlərlə normal fəndlərin çarpzasıdırılmışından alınan nəsilde meyoz prosesi necə gedər?

Bu hadisənin nə əhəmiyyəti vardır?

4. Daun sindromuna malik şəxsin bütün və ya eksər hüceyrələrində 21-ci cüt xromosom 3 ədəd olur. Əgər 21-ci homoloji xromosomun biri çatışmırsa, bu hüceyrənin məhvini səbəb olur (spontan abort). Ananın 45 xromosomu vardır. Onun 21-ci cüt xromosomlarından biri 15-ci xromosoma translokasiya olunmuşdur. Normal xromosom yiğimina malik kişi belə qadınla nigahda olarsa, onlardan hansı genotipə malik ziqotların əmələ gəlməsi gözlənilir və həmin ziqotların sonrakı taleyi necə olur?

5. Disentrik xromosom və asentrik fragmənt eyni zamanda hansı xromosom dəyişilmələri nəticəsində alınar?

6. Mutagen amillərin təsirində hazırlanmış sitoloji preparatlardan birində aberrasiyalar hər iki xromatiddə, digər preparatda isə aberrasiyalar hər xromatidin müxtəlif hissələrində baş verdiyi müəyyən edilmişdir. Mutagen amillər bu preparatlarda hüceyrə dövrəsinin hansı mərhələsinə təsir etmişdir və nə üçün belə müxtəlif nəticələr alınmışdır?

TAPŞIRIQ 18

POLİPLOİDİYA

Hər bir bitki və heyvan növü üçün müəyyən xromosom sayı xarakterikdir. Lakin hüceyrənin bölünməsi pozulan zaman xromosomların sayı dəyişilə bilər. Hüceyrədə xromosom sayının dəyişilməsi hadisəsi poliploidiya, alınmış organizm isə poliploid organizm adlanır. Əgər xromosomun haploid sayı dəfələrlə artarsa, belə hadisə autopoliploidiya adlanır. Məsələn, tetraploid çovdar ($4n=28$), tetraploid qarabaşaq ($4n=32$), triploid şəkər çuğunduru ($3n=27$) və s.

Növlərarası və yaxud cinslərarası hibridlərdə xromosom yiğiminin artması allopoliploid (allopoloid) organizm və ya amfidiploid (AD) adlanır. Məsələn, çovdar-bağda

amfidiploidi (AD) 56, yumşaq buğda 42 və çovdar 14 xromosoma malikdir.

Xromosom dəstəsində bir neçə xromosomu artan organizm a neuploid, yaxud heteroploid adlanır. Belə organizmlərin hüceyrələrində diploid xromosom dəstindən ya 1,2,3 və s. ədəd az, yaxud da o qədər çox xromosom olur. Məsələn, yumşaq buğda aneuploidlərində xromosom dəsti $2n=42$ əvəzində, 40 yaxud 41 ola bilər.

Bitki və heyvanlarda, bir qayda olaraq, xromosom sayının dəyişilməsi onların morfoloji əlamətlərinin, hemçinin bioloji xüsusiyyətlərinin dəyişilməsi baş verir. Məsələn, qarabaşaq bitkisinin tetraploid formalarında hüceyrə, yarpaq, meyvə və toxumları həmin bitkinin başlangıç diploid sortuna nisbətən xeyli böyük olur.

Bitkilərdə poliploid formaların alınması üsulları

Tapşırıq. 1. Poliploid formaların alınmasında daha geniş yayılmış üsullarla tanışlıq. 2. Çovdar cüçətilərinə kolxitsinlə (bitki mənşəli zəhər) təsir edilmesi. 3. Alınan cüçətilərin yeşiklərə köçürülməsi. 4. Cüçətilərin boyatma konusundan hazırlanmış müvəqqəti, yaxud daimi preparatlarda xromosom sayını müəyyən etməli.

Material və ləvazimat. 1. Çovdar toxumları. 2. Petri kasası. 3. Kolxitsin məhlulu (qatılıq 0,25%). 4. İçərisində torpaq olan yeşik. 5. Mikroskop. 6. Kolxitsinlə təsir edilmiş toxumların cüçətilərinin boyatma konusundan hazırlanmış müvəqqəti, yaxud daimi preparat.

İşin izahı və yerinə yetirilməsi. Poliploid bitkilərin alınması üsulları olduqca çoxdur. Bu üsulların əksəriyyəti alkaloidlər qrupuna aid olan kolxitsin maddəsindən istifadə etməyə əsaslanır. Kolxitsin bitki mənşəli zəhər olduğu üçün onu payız vaxtsız çiçəyi (*Colchicum autumnale* Z) bitkisindən alırlar. Bu maddənin zəif qatılıqlı məhlulu hüceyrə bölündükdə iyə tellərinin əmələ gəlməsi prosesini dayandırır və dağıdır. Nəticədə mitozda xromosomlar qütblərə normal çəkilmir, hüceyrə bölünmür və ikileşmiş xromosom dəstine ($2n \times 2$) malik nüvə əmələ gelir. Əgər əmələ gəlmış tetraploid hüceyrələrə kolxitsinlə təsir davam edərsə, onda okmoplaid

hüceyrələr yaranır. Xromosom dəstinin belə artması hüceyrələrin həyatılık qabiliyyətini zəiflədir, hətta onların məhvində səbəb ola bilir.

Poliploid bitkilər almaq məqsədilə cüçərməkdə olan toxumlara və yaxud hüceyrə populyasiyalarının intensiv bölünmədə olan cavan zoğların uc hissələrinə kolxitsinin 0,1–0,25%-li suda məhlulu ilə təsir edilir. Bu əməliyyat zamanı ele etmək lazımdır ki, kolxitsin bitkinin köküne düşməsin. Əks halda bitki zəifləyə bilər.

Qarabaşaq cüçərtilərinə kolxitsinlə təsir etmək üçün Petri kasasının perimetri üzrə süzgəc kağızı üzərində toxumlar cüçərdilir. Cüçərtilərin uzunluğu 4–6 sm-ə çatdıqda onlar diametri böyük olan Petri kasasına keçirilir və üzərinə 0,05%-li kolxitsin məhlulu əlavə edilir. Cüçərtilər ele yerləşdirilir (eyilərək) ki, onların ləpələri və boyatma konusları kasaya əlavə edilmiş kolxitsin məhlulunda islansın. 12–24 saatdan sonra cüçərtilər kasadan xaric edilərək su ilə yaxalanır və torpağa əkilir.

Poliploid bitkiləri başqa üsullarla da almaq mümkündür. Cavan cüçəti, tumurcuq və zoğların uc hissəsinə kolxitsinlə isladılmış pambıq tampon yerləşdirilir. Bunun üçün pinsetin köməyilə ehtiyatla cavan yarpaqlar kənar edilir və pambıq tampon onların arasına, imkan daxilində daha dərinə boyatma nöqtəsinin yaxınlığına yerləşdirilir. Pambıq tamponun yaşı qalması üçün onun axşamdan yerləşdirilməsi məsləhət görülür. Tamponu hər gün kolxitsinlə islatmaq lazımdır. 2–5 gündən sonra pambıq tampon xaric edilir və zoğların ucu su ilə yuyulur. Bu zaman zoğun böyüməsi dayanır, sürətlə yoğunlaşır və qalın lətli yarpaqlar əmələ gelir. 2–4 həftədən sonra zoğun böyüməsi yenidən bərpa olunur.

Nəzərə almaq lazımdır ki, kolxitsinlə işleyən zaman bitkilərin eksəriyyəti məhv olur. Buna görə də təcrübə üçün toxum və cüçərtiləri daha çox götürmək lazımdır.

Poliploid bitkiləri atsenaftenin təsirilə də almaq mümkündür. Bu maddə kolxitsinə nisbətən zəif təsirə malik olub, zoğun boyunda ele bir güclü depressiyalar töretdmir. Atsenaften suda zəif həll olur. Buna görə də bu maddə ilə bitkilərə aşağıdakı üsullarla təsir edirlər.

1. Üzerine atsenaften tozu səpilmiş toxumları yaşı süzgəc kağızı ilə örtürlər. Toxumları 2-4 gün bu vəziyyətdə saxladıqdan sonra sahadə ekirlər.

2. Dibçək və istixanalarda yetişdirilmiş cürcətilər 2-4 q atsenaften tozu səpilmiş içəri tərəfdən lanolinlə yağlanmış kimyəvi stekan ilə örtülür. Bir gündən sonra cürcətilərin üzərindən stekan kənar edilir.

Müxtəlif mədəni bitki növlərinə poliploidlərin alınması üsullarından ən geniş yayılanları 27-ci cədvəldə verilmişdir.

Tetraploid çovdar bitkisi almaq üçün toxumların kolxitsin məhlulunda cürcədilməsi üsulundan istifadə etmək olar.

Petri kasalarında süzgəc kağızı üzərində çovdar bitkisinin toxumları 2-3 gün cürcədilməlidir. Kökcüklerin uzunluğu 2-4 mm-ə çatdıqda cürcətiləri 0,2-0,25%-li kolxitsin məhluluna keçirməli. Bu məqsədlə diametri süzgəc kağızının diamterindən 1-2 sm az olan və içərisində toxum cürcədilən təmiz Petri kasasına kolxitsin məhlulu töküür. Süzgəc kağızı cürcətilərlə birlikdə Petri kasasından elə çıxarıılır ki, cürcətilərin ucları kolxitsin məhlulunda yerleşsin. Qurumanın qarşısını almaq üçün cürcətilərin köklərini kağız ilə örtməli, 2 saatdan sonra cürcətiləri kolxitsin məhlulundan çıxarmalı, distillə suyu ilə yumalı və içərisində torpaq olan yesikdə əkərek istixanaya qoymalı. 30 gündən sonra tetraploid bitkiləri ayırmalı. Onlar qalınlaşmış lətli yarpaqlarına və əyri-üyru zoğlarına görə fərqlənir.

Zoğ yarpağının uc hissəsindən hazırlanmış müvəqqəti preparatlarda xromosomları saymalı və ayrılmış bitkilərdə ploidliyi yoxlamalı. Diploid və tetraploid bitkilərin hüceyrələrində xromosomların sayının müəyyən edilməsi müstəqil məşğələnin mövzusuna ola bilər.

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. Genotipi BBbb olan iki tetraploidlərin çarpazlaşdırılmasından (tam dominantlıqda və xromosomların sərbəst paylanması) nəsildə hansı nisbətdə genotip və fenotiplər gözlənilir?

Kolxitsinin təsiri ile poliploidlerin alınma üsulları

Üsul	Təsiretmə prosesi	Qeyd
Kolxitsinin 0,05...0,30% -li mehlulunda toxumların cürcədilmesi.	Quru, yaxud qabaqcadan sıxno qeder suda isladılmış toxumlar 3-10 gün (quru) və yaxud 4-48 saat (çırılılmış) kolxitsin mehlulunda cürcədirilir. Sonra toxumlar suda yuyulur və torpağa ekilir.	Rüşeym kökləri güclü dərcədə zədələnir. Bu üsul toxumların miqdəri çox olduqda tətbiq edilir.
Kolxitsinin 0,01...0,25% -li mehlulu ilə cürcətilərə təsir edilməsi.	Covdar, bugda, yonca, qarabaşaq və s. bitkilerin cürcətiləri uc hissələri ilə 0,5-4 saat müddetinə kolxitsin mehluluna yerləşdirilir. Kökleri yuxarı olmaqla bitkiler torda yerləşdirilir. Köklerin üzəri yaş süzgəc kağızı ilə örtülür. Bele təsirot moruz qalmış cürcətilər su ilə yuyulur və torpağa ekilir.	Bitkilerin yaxşı inkişaf etməsi tömin edilir. Poliploid almaq üçün zamanı uzaq hibridlərin toxumlarından müvəffeqiyətlə istifadə edilir.
Kolxitsinin 0,2...0,5% -li mehlulu ilə zoğun boyatma konusuna təsir edilməsi.	Zoğun uc tumurcuğuna damcıladıçı ile 5-7 saat müddetinde kolxitsin damızdırılır. 3-5 gün müddetində kolxitsin mehlulu ilə isladılmış pambıq tampon da qoymaq olar. Sonra uc tumurcuq su ilə yuyulur. Zoğ keşir və gövdənin keşilmiş hissəsi 2-5 gün müddətinə içarısında kolxitsin mehlulu olan qabda yerləşdirilir. Bundan sonra zoğ kolxitsinla təsir edilməmiş calaq-althığına calaq edilir.	Kartof, hamçinin ikilepeli çoxillik bitkilerə igoleyen zaman müvəffeqiyətlə tətbiq edilir.
Transplantasion üsul. Kolxitsin mehlulu 0,1...0,2%.		Paxlahı və başqa bitkiler üçün istifadə edilir. Calaqaltı kolxitsin ilə təsir edilmiş zoğun normal böyüməsi və inkişafını tömin edir.

Həlli

BBbb genotipli tetraploidlər meyozda xromosomların təsadüfi paylanmasından üç tipdə: BB:4Bb:bb nisbətində qametlər əmələ getirir. Bele fərdlərin çarpanlaşması nəticəsində nəsilde aşağıdakı nisbətdə parçalanma gözlənilir.

♂	BB	4Bb	bb
♀ BB	BBBB	4BBbb	BBbb
4Bb	4BBBBb	16BBbb	4Bbbb
bb	BBbb	4Bbbb	bbbb

Tam dominanlıqda fenotipe görə parçalanma 35:1 nisbetinde, genotiplerin nisbeti BBBB:8BBBb:18BBbb:8Bbbb:1bbbb baş verir.

Məsələ 2. Tam dominantlıqda Bbb və BBb trisomiklərin resiprok çarbazlaşdırılmasından nəsildə hansı nisbətdə fenotiplerin meydana çıxması gözlənilir? Qeyd etmək lazımdır ki, ata bitkilərdə ancaq haploid qametlər yaşarlıq qabiliyyətinə malikdir.

Həlli

Düzünə çarbazlaşdırma

♀ Bbb × ♂ BBb.

Ana bitki dörd tipdə, ata bitki iki tipdə aşağıdakı nisbətdə qametlər əmələ gətirir.

♂	2Bb	2b	B	bb
♀				
2B	4BBb	4Bb	2BB	2Bbb
B	2Bbb	2bb	Bb	bbb

Nəsildə fenotiplerin nisbeti: 15B:3b olur.

Əks çarbazlaşdırında

♀ BBb × ♂ Bbb

Ana bitki dörd tipdə, ata bitki iki tipdə aşağıdakı nisbətdə qametlər əmələ gətirir.

♂	2Bb	2B	BB	b
♀				
2b	4Bbb	4Bb	2BBb	2bb
B	2BBb	2BB	BBB	Bb

Nəsildə fenotiplerin nisbeti: 8B:1b olur.

Məsələlər

1. Sərbəst irsilikdə, genlərin tam dominantlığında və xromosomlarının sərbəst paylanması şəraitində AAaa, BBbb

avtopoliploidlerin öz-özüne tozlandırılmışından nesildə hansı nisbətdə fenotiplər gözlənilir?

2. Drozofil milçeyində IV xromosoma görə trisomik milçeklər həyatilik qabiliyyətinə malik olur. Gözləri normal inkişaf etmiş, IV xromosoma görə trisomik AAa genotipli dişi milçeklər aa genotipli, ağız erkəklərlə çarrazlaşdırılır. Belə çarrazlaşdırmanın hansı nesiller gözlənilir?

3. Tam dominantlıqda və meyozda xromosomların sərbəst paylanması şəraitində BBbb avtdiploidlə Bb diploidlerin çarrazlaşdırılmışından hansı nisbətdə fenotiplər gözlənilir?

4. Çiçəyi rəngli olan tetraploid yoncanı DDdd ciçəyi rəngsiz valideyn forması (dddd) ilə çarrazlaşdırıldıqda, nesildə hansı fenotipdən olan bitkiləri alarıq? Genlərin tam dominantlığı və xromosomların sərbəst paylandığı nəzərə alınır.

5. Açıq-qırmızı (purpur) rəngli ciçəklərə malik tetraploid bitkilərin çarrazlaşdırılmışından F_1 -də 396 bitki purpur və 40 bitki ağ ciçəklərə malik olmuşdur. Parçalanmanın izah edib, valideyn bitkilərin genotipini müəyyən edin.

6. Normal ölçüyə malik tetraploid çovdarı, cırdan tetraploid bitki ilə çarrazlaşdırıldıqda nesildə 19 bitki alınmışdır. Bunlardan 16 bitki normal, 3-ü isə cırdanboylu olmuşdur. Valideyn bitkilərin genotipini müəyyən edin (ırsilik tam dominant və xromosomların sərbəst parçalanması ilə baş verir).

7. İki tipdə uzaq hibridləşdirmə aparılmışdır. Birinci hibridləşdirmədə alınmış hibrid dölsüz olmuşdur. Belə hibridi döllü etmək olarmı? İkinci hibridləşdirmədə hibrid inkişafının ilk mərhələsində (blastulanın sonunda) məhv olmuşdur. Bu hibridin məhv olma səbəbini izah edin.

TAPSIRIQ 19

MODİFİKASIYA DƏYİŞKƏNLİYİ

Hər hansı fenotipin, yəni fərdin ontogenezdə müəyyən əlamət və xüsusiyyətlərlə formalasması bir tərəfdən fərdin genotipi, digər tərəfdən isə həmin orqanizmin inkişaf etdiyi mühitlə müəyyənleşir. Orqanizmlərin ontogenezinin gedişin-

də mühit amillərinin təsirile baş verən fenotipik dəyişiklik modifikasiya dəyişkənliliyi adlanır.

Modifikasiya dəyişkənliliyinin hüdudu fərdin inkişaf etdiyi şəraitdən və orqanizmin həmin mühitə olan reaksiyasından asılıdır. Orqanizmin reaksiya norması onun irsiyyəti ilə müəyyən edilir və fərdi inkişaf prosesində genlərin təsirinin təzahüründən asılıdır. Orqanizmlər müxtəlif əlamətlərinin çox və ya az dəyişilməsi ilə səciyyələnə bilir. Hər bir orqanizmin irsi imkanının həyata keçməsi, yəni genetik imkanın gerçekliyə çevriləməsi üçün xarici mühitin müəyyən şəraiti tələb olunur. Məsələn, bitkinin yaşıl olması üçün nəinki xlorofilin sintezini idarə edən genin mövcudluğu və həm də işığın olması zəruridir. Bəzən əlamətin inkişafının normal getməsinə baxmayaraq, onun təzahür dərəcəsi müxtəlif ola bilər. Deməli, hər bir əlamətin fenotipik təzahür dərəcəsi, yəni reaksiya norması həmin orqanizmin genotipi ilə müəyyən edilir. Orqanizmin genotipi ilə müəyyən edilən əlamətin təzahür dərəcasının xarici mühit şəraitindən asılı olaraq müəyyən hüduda tərəddüd etməsi reaksiya norması adlanır. Reaksiya norması müəyyən genotip əsasında mühit şəraitinin təsiri altında əmələ gələn bütün fenotipik əlamətlərin məcmuunda ifadə olunur.

Məlumdur ki, bitki və heyvanlar xarakterizə olunduqda, adətən, onların əlamətləri kəmiyyət və keyfiyyət əlamətlərinə bölünür. Canlıların keyfiyyət əlamətlərinə misal olaraq, onların ayrı-ayrı əlamətlərinin rəngini göstərə bilərik. Bu əlamətlərin reaksiya norması çox da geniş olmur. Kəmiyyət əlamətlərinə əsasən çekilən, ölçülən və sayılan əlamətlər daxildir. Məsələn, bitkilərin boyu, sünbülün uzunluğu, sünbülüklerin miqdarı, toxumun kütləsi, heyvanlarda diri çəki, südün miqdarı, yumurtanın ölçüsü, çəkisi, miqdarı və s. Keyfiyyət əlamətləri kimi kəmiyyət əlamətlərinə görə də fərdləri bir-birindən kəskin ayırd etmək olmur. Kəmiyyət əlamətləri əsasən geniş reaksiya normasına malik olur, lakin onun hüdudu genotiplə müəyyən edilir. Bəzi əlamətlərin reaksiya norması çox dar və hətta bir fenotiplə təzahür edir. Məsələn, insan və heyvanlarda fərdi inkişafın baş verdiyi şəraitdən asılı olmayıaraq hər fərdin qan qrupu daimi saxlanılır.

Reaksiya nomrasının tərəddüdü modifikasiya deyişkiliyi-nə səbəb olaraq, təkamüldə və seleksiyada böyük əhəmiyyəti vardır. Orqanizmlərin bu xüsusiyyəti (yəni modifikasiyalasma) onların müxtəlif və kəskin dəyişilən mühit şəraitinə uyğunlaşmasına, yəni əlveri ssız şəraitdə onların dözbə qalmasına və nəsil verməsinə imkan verir. Beləliklə, məlum olur ki, orqanizmin hər bir əlamətinin modifikasiya dəyişkənliliyi reaksiya norması ilə, reaksiya norması isə dəqiq olaraq genotiplə müəyyən edilir, yəni modifikasiya dəyişkənliliyi irsiyyətə müəyyənlenir. Lakin, əgər eyni genotipli orqanizmlərdən müxtəlif yaşama şəraitində əlamətləri müxtəlif dərəcədə təzahür etmiş nəsil alsaq, onların arasında əlamətləri zəif, orta və yüksək dərəcədə təzahür etmiş formalar olacaqdır. Deməli, modifikasiya dəyişkənlilikləri irsən nəslə ötürülmür. Bu mənada deyilir ki, modifikasiyalasma qeyri-ırsi dəyişkənliliklərə aiddir. Daha dəqiq desək, modifikasiya dəyişkənlilikləri zamanı qeyri-ırsi dəyişkenliklərdən danışmaq olar.

Modifikasiya dəyişkənliliyi kütləvi materialda təsadüfi hadisələrin qanuna uyğunluğuna statistik üsul tətbiq etməklə öyrənilir. Kəmiyyət əlamətlərinin analizi zamanı aşağıdakı şərtlərə əməl edilməsi zəruridir.

1. Material genetik cəhətdən eyni tipli olmalıdır.
2. Öyrənilən bitki və heyvan eyni şəraitdə yetişdirilməli və bəslənilməlidir.
3. Əlamətlərin ölçüləməsi və ya sayılması eyni dəqiqliklə aparılmalıdır.
4. Müşahidə çoxlu olmalıdır, yəni çoxlu canlı analiz edilməlidir. Hər hansı əlamətin dəyişkənliliyi nə qədər çox olarsa, bu zaman etibarlı qanuna uyğunluq almaq üçün bir o qədər çox müşahidə aparılmalıdır.
5. Analiz aparmaq üçün təcrübədə olan bütün fərdlər yox, onun bir hissəsi istifadə edilir. Ümumi cəmdən analiz etmek üçün ayrılmış hissə seçmə cəmi adlanır. Deməli, statistik analizdə ümumi (general) cəm yox, ondan seçilmiş hissə analiz edilir. General cəmdən fərdlər tam təsadüfi (sərbəst) seçiləlidir və bu seçilmiş fərdlər general cəmi özündə eks etdirməlidir (reprezentativlik).

Bütün bu şərtlərə əməl edildikdə biometrik üsullardan istifadə etməklə statistik qanuna uyğunluğu etibarlı müəyyən etmək olur.

İşin yerinə yetirilməsi. İşdə məqsəd modifikasiya dəyişkənliyi hadisəsini öyrənmək üsulları və onun qanuna uyğunluqları ilə tələbələri tanış etməkdən ibarətdir.

Tapsırıq. 1. Hər tələbə eyni növdən olan bitkinin 50–60 ədəd yarpağını əldə edir. 2. Həmin yarpaqların uzunluğu diqqətlə ölçülür, kənarında olan dişciklərin miqdarı dəqiq sayılır və dəftərə qeyd edilir.

Material və ləvazimat. Herbari bitkilərinin yarpaqları. Tədris zamanı bitkiler yaşıł olarsa, yaxınlıqda olan biktilərin təzə yarpaqlarından da istifadə edilir. Çəkile və ölçüle bilən bitki və heyvan hissələrindən da istifadə etmək mümkündür. Həmçinin tələbələrə hazır ölçülər və çəki göstəriciləri də verilə bilər. Çəki və ölçülər aparmaq üçün xətkəş, yaxud millimetr kağızı, aptek tərəzisi, çəki daşları, pinset və s. verilir.

Toplanmış materialın statistik işlənməsi. Hər bir tələbə ona verilən 50–60 ədəd yarpağın uzunluğunu və onun kənarında dişciklərin miqdarını müəyyənəşdirir. Materialın işlənilmə üsulunun xarakterinə görə kəmiyyət dəyişkənlilikləri iki qrupa bölünür: fasılısız, fasılılı və diskret dəyişkənliliklər.

Fasılısız dəyişkənlilik zamanı variasiyalasma səviyyəsi bir-birindən çox kiçik ölçülərlə fərqlənir. Onları vahidin hissələri ilə xarakterizə etmək olar. Əgər rəqəmləri ən kiçikdən ən böyüye qədər bir qayda ilə sıraya düzsək, onda bunlar fasılısız sıra əmələ gətirir. Odur ki, belə tip dəyişkənlilik fasılısız dəyişkənlilik adını almışdır. Buraya bütün ölçülən əlamətlər daxildir. Analiz etdiyimiz yarpağın uzunluğu da bu tip dəyişkənliliyə aiddir.

Fasılılı və ya diskret dəyişkənlilikdə variasiyalar bir-birindən tam vahidlərlə fərqlənir. Buraya bütün sayılan əlamətlər aiddir. Məsələn, yarpaqda dişciklərin, sünbüldə dənlərin, toyuğun yumurtasının miqdarı və s. fasılılı dəyişkənliliyə daxildir.

Bu dəyişkənliliklərin hər ikisi başlangıçda eyni üsulla statistik hesablanır. Bundan ötrü ilk dəfə toplanmış rəqəmlərə

əsasən dəyişkənliyin hüdudu (limiti—lim) müəyyən edilir, yəni ən kiçik (M_{\min}), ən böyük (M_{\max}) variantı tapılır.

Yarpağın uzunluğuna görə

$$X_{\min} = 3,1 \text{ sm}$$

$$X_{\max} = 6,4 \text{ sm}$$

Dişciklərin sayına görə

$$X_{\min} = 15 \text{ dişcik}$$

$$X_{\max} = 22 \text{ dişcik}$$

Dəyişkənlik hüdudunu tapmaq üçün X_{\max} ədədilə X_{\min} ədədi arasındakı fərq müəyyən edilir. Bizim birinci misalda bu 34 mm, ikincidə isə 8 dişcik təşkil edir. Növbəti əməliyyatı aparmaq üçün dəyişkənlik hüdudu kəmiyyəti nəzərdə tutulan siniflərin miqdarına (r) bölünür və bununla siniflər arasındaki fərq (interval) tapılır. Bizim misalımızda dişciklərin yarpaqlarda paylanması (variasiyası) arasında interval az olduğundan bütün variantları ən kiçikdən ən böyüye qədər ardıcıl sıra ilə düzək. Dişciklərin paylanması $X=15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22$ qeyd edilir.

Hər bir əlamətin keyfiyyətinə (v) bir dəfə rast gəlinmədiyindən, onların tezliyi (f), yəni variasiyada (X) eyni kəmiyyətli variantların (fordlərin) miqdarı müəyyən edilir. Bu məqsədlə variasiya sırası tərtib edilir (cədvəl 28).

Cədvəldən görünür ki, bütün variantlara (f) eyni tezliklə rast gəlinmir. Bütün materialı ümumi xarakterizə etmək üçün orta riyazi kəmiyyəti müəyyən etmək zəruridir. Bu əsas parametr olub, bütün variantların cəmi (Σ) onların miqdarına (n) bölməklə tapılır.

Cədvəl 28

Variasiya sırası tərtibi

X	f	a	fa	Fa^2
15	2	-3	-6	18
16	8	-2	-16	32
17	10	-1	-10	10
A18	13	0	0	0
19	10	1	10	10
20	7	2	14	28
21	4	3	12	36
22	2	4	8	32
r=8	n=Σf=56		Σfa=12	Σfa ² =166

$$M = \frac{\Sigma x}{n}$$

Sadələşdirərək aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$M = A \pm \frac{\Sigma f_a}{n},$$

burada, A —şərti orta olub, ən çox rast gəlinən variant (x) götürülür; $a=x-A$, yəni şərti ortadan kənarlanan variantlar: $n=\Sigma f$ —bütün variasiya tezliklərinin cəmi və ya seçim cəmi. Misalımızda şərti orta $A=18$ dişcik qəbul edilir. Belə ki, həmin variantda ən çox ($f=13$) rast gəlinir.

Cədvəl variasiya sırasında “a” sütununda $x=A$ xanasına “0” yazılır. Sonra xanalar ondan yuxarıya və aşağıya nömrələnir: sıfırdan yuxarı xanalar kəmiyyətləri şərti ortadan kiçik olduğundan mənfi işaretli ilə, aşağı xanaların kəmiyyətləri ortadan böyük olduğundan müsbət işaret ilə qeyd edilir. Sonra iki qonşu sütunların kəmiyyətləri bir-birinə vurularaq “fa” sütununda yazılır. Nehayət “a” və “fa” sütunları bir-birinə vurulub fa^2 sütununda müvafiq xanalarına qeyd edilir. Hasillərin riyazi cəmi aşağı xanaya yazılır.

Beləliklə, düsturda qiymətlər yerinə qoyulur.

$$M = 18 + \frac{12}{56} = 18,21 \text{ dişcik.}$$

Qrupun əlamətinin dəyişkənliliyini ümumilikdə limit xarakterizə edə bilir, lakin limit qrup daxilində dəyişkənlilik dərəcəsini tam əks etdirə bilmir. Odur ki, statistikada digər göstərici — riyazi ortadan kənarlanma variantlarının kvadratik göstəricisindən istifadə edilir. Bu kəmiyyət orta kvadratik kənarlanma (σ) adlanır və aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(x - M)^2}{n - 1}}.$$

Orta kvadratik kənarlanmamı hesablamaq üçün daha sadə düsturdan istifadə edilir.

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum a^2 f - (\Sigma a f)^2}{n-1}}$$

Bizim misalımızda

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{166 - \frac{12^2}{56}}{55}} = \pm 1,72 \text{ dişlik.}$$

Gruplarda orta riyazi göstəricilər eyni olduqda, σ -nın qiyməti nə qədər olursa, dəyişkənlik de bir o qədər yüksək olur. Lakin σ -nın qiyməti ilə müxtəlif əlamətləri müqayisə etdikdə dəyişkənlik dərəcəsi haqqında tam fikir söyləmək çətin olur. Odur ki, dəyişkəniyi xarakterizə etmek üçün daha bir nisbi kəmiyyət—dəyişkənlik əmsalından (C) istifadə edilir.

$$C = \frac{\sigma}{M} \times 100.$$

Bu M -dən σ -nın nə qədər hissə təşkil etdiyini göstərir.

Əgər dəyişkənlik əmsali (C) müxtəlif əlamətlərin dəyişkənliliklərini müqayisə etmək üçün zəruridirsə, orta kvadratik kənarlanması (σ) müxtəlif qruplarda eyni əlamətin dəyişkənliliyini analiz etmək üçün daha yararlıdır. Sonuncunu yoxlamaq üçün variasiya sırasında minimal və maksimal variasiyanın orta riyazi kəmiyyətdən neçə siqma fərqləndiyini müəyyən etmək lazımdır. Bu kəmiyyət t ilə göstərilir və normallaşmış kənarlanması adlanır.

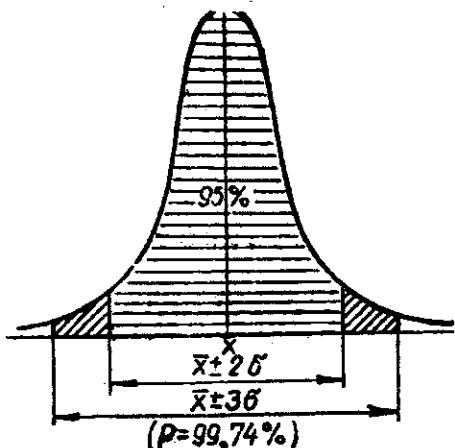
$$t = \frac{X - M}{\sigma}.$$

Bizim misalımızda (hər tələbə öz materialında hesablayır)

$$t = \frac{X_{\min} - M}{\sigma} = \frac{15 - 18,21}{1,72} = 1,87,$$

$$t = \frac{X_{\max} - M}{\sigma} = \frac{22 - 18,21}{1,72} = 2,2.$$

Seçilmiş cəmde $n = 100$ olduqda dəyişkənlik hüdudu artır: $X_{\min} = 14$, $X_{\max} = 23$ olur və bu zaman $t_{\min} = 2,45$ və $t_{\max} = 2,78$ olur.



Şəkil 40. Normal paylanma əyrisi.

yışkənliyin 6σ hüdudunda tərəddüd edir (şəkil 40).

Düzdür, göstərilən hüduda bütün variantlar (fərdlər) 100 yox, ancaq 99,74% daxil olur. Yerdə qalan 0,26% variasiyalar isə 3σ -dan az ($M - 3\sigma$) və çox ($M + \sigma$) olur. Lakin bunlara çox nadir halda rast gəlinir. Əslində təzahür ehtimalı 5% ($P > 0,05$) az olan hadisələrə praktiki olaraq rast gəlinmir. Ona görə də onların nadir rast gəlinen hadisələrə aid edir və onlara məhəl qoymurlar. Beləliklə, fərdlərin miqdarının hər bir normal payلانan əyrisində orta riyazi kəmiyyətdən eləmətin kənarlanması 2σ -dan çox olduqda bu qrupun 95,45%; $2,5\sigma$ -dan çox olduqda 98,75%, 3σ -olduqda 99,75% fərdlərini əhatə edir. Bu emprik qaydadan da etibarlı ehtimallıq anlayışı irəli sürüldü. Ən çox 95%-ə bərabər olan etibarlı ehtimallıqdan istifadə edilir. Belə hesab edilir ki, 5% tezlikdən az rast gəlinən hadisələri nəzərə almamaq da mümkündür;

Nadir hallarda etibarlı ehtimallıq 99% səviyyəsində hesablanır, 1% tezlikdə rast gəlinən hadisələrin nəzərə alınması məsləhət görülür. Buradan şərti olaraq belə hesab etmek olar ki, modifikasiya dəyişkənliyi $M \pm 2\sigma$ hüdudunda yerləşə bilər, yəni 4σ (səhv 100-dən 5 hissəsini təşkil edir)

Məlum olur ki, kütləvi halda təsadüfi material seçilən halda t-nin qiyməti 2 və ya 3-ə yaxınlaşır. Seçilmiş materialın həcmi çoxaldıqca t-nin qiyməti dəqiq olur və 3-ə yaxınlaşır, yəni 3 siqma qaydası daha yaxşı təzahür edir. Bu qanuna uyğunluq kütləvi təsadüfi hadisələri xarakterizə edir. Bu modifikasiya dəyişkənliyi üçün də xarakterikdir. Bu modifikasiyalar necə fərqlənsələr də, onlar ($M \pm 3\sigma$) hüduduna daxil olur, yəni də-

və ya $5,2\sigma$ hüdudunda ($M \pm 2,6\sigma$) (səhv 100-dən 1 hissəsini təşkil edir) olur.

Beləliklə, modifikasiya dəyişkənliliyi üçün əlamətin orta və ya ortaya yaxın göstəricilərinə malik fəndlərə daha tez-tez rast gəlinməsi qanuna uyğun haldır. Əlamətləri çox zəif və qüvvəli təzahür edən fəndlərə isə çox az rast gəlinir. Əlamətin orta göstərici səviyyəsindən maksimum fərqi 95%-dən (2σ -dan) çox olmur. Ancaq orta göstəricidə 5% hadisə 2 σ -dan çox fərqlənə bilər.

Bu qanuna uyğunluqların öyrənilmesinin böyük praktiki əhəmiyyəti vardır. Əvvəla bu qanuna uyğunluqları bilməklə, ayrı-ayrı seçim cəmlərini analiz edib bütün ümumi cəmi xarakterizə etmək olur. Həmçinin bunlar ayrı-ayrı qrupları müqayisə edən zaman təsadüfləri qanuna uyğunluqlardan fərqləndirməyə imkan verir.

İndi biz yarpaqların fasilesiz dəyişkənliliyə malik olan uzunluq ölçülərini statistik hesablayaq. Artıq bizə məlumdur ki, yarpaqların uzunluğundan dəyişkənlilik hüdudu 34 vahid (mm) təşkil edir. Burada əvvəlki statistik hesablamadan fərqli olaraq variasiya sırası tərtib edilən zaman variasiyaları qruplaşdırıb siniflərə ayırməq məqsədə uyğun olardı. Bu zaman siniflərarası intervalı (K) müəyyən etmək zəruri-dir, yəni eyni qrupa—sinfə daxil olan variasiyaların miqdarı müəyyən edilməlidir. Siniflər arasında interval dəyişkənlilik hüdudu (l_{im}) nəzərdə tutulan siniflərin miqdarına (K) bölməklə müəyyən edilir.

$$K = \frac{\lim}{r}.$$

Siniflərarası interval texmini olaraq ümumiləşdirilib, tam ədədlər götürüldükdə bu işi asanlaşdırır. Lakin ümumiləşdirilmiş rəqəmin minimum göstəricisi limitin minimum götəricisindən kiçik, maksimum göstəricisi isə limitin maksimum ədədindən böyük olmalıdır.

Yarpaqların uzunluğunda

$$X_{\min} = 3,1 \sim 3,0$$

$$X_{\max} = 6,4 \sim 6,5$$

$$K = \frac{6,5 - 3,0}{7} \approx 0,5.$$

Sınıflararası interval (K) müəyyən edildikdən sonra variasiya sırası qurulur (cədvəl 29).

Variasiya sırasında orta riyazi kəmiyyəti tapmaq üçün orta göstəriciye malik olan sinfin cəminin orta göstəricisi (A) müəyyən edilir.

$$A = \frac{4,5 + 4,9}{2} = 4,7.$$

A—şərti qəbul olunmuş orta kəmiyyət kimi götürülür. Aşağıdakı düsturdan istifadə edərək orta riyazi kəmiyyət təpilir.

$$M = A \pm b.$$

Burada orta riyazi kəmiyyət (M) şərti qəbul olunmuş orta kəmiyyətdən böyük və ya kiçik ola bilər. Bu kənarlanma (b) aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$b = K \cdot \frac{\sum fa}{n}.$$

Bizim misalımızda

$$b = 0,5 \cdot \frac{-6}{50} = 0,06.$$

Buradan orta riyazi kəmiyyəti tapaq

$$M = 4,7 - 0,06 = 4,64 \text{ sm.}$$

Orta kvadratik kənarlanma aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$\sigma = \pm K \sqrt{\frac{\sum fa^2 - \left(\frac{\sum fa}{n}\right)^2}{n-1}}.$$

Misalımızda

$$\sigma = \pm 0,5 \sqrt{114 - \frac{-6^2}{50}} = 0,76 \text{ sm.}$$

$$\sigma = 0,76 \text{ sm.}$$

Variasiya sırasının tərtibi

Sınıflar	f	a	Fa	fa^2
3,0–3,4	3	3	9	27
3,5–3,9	7	7	14	28
4,0–4,4	10	10	10	10
4,5–4,9	12	12	0	0
5,0–5,4	11	11	11	11
5,5–5,9	5	5	10	20
6,0–6,4	2	2	6	18
$\Sigma f = 50$		$\Sigma fa = -6$	$\Sigma fa^2 = 114$.	

Orta kvadratik kənarlanmanın ölçü vahidləri orta riyazi kəmiyyətin ölçü vahidləri ilə (q , sm , faiz) müəyyən edilir. Orta kvadratik kənarlanma qrupların arasından eyni əlamətin dəyişkənləyini müqayisə etməkdə çox əlverişlidir. Lakin eyni qrup daxilində müxtəlif əlamətlərin dəyişkənlək dərəcəsini müqayisə etmək üçün dəyişkənlək əmsalı (C) hesablanır (cədvəl 29).

$$C = \frac{\sigma \cdot 100}{M}.$$

Bizim misalımızda

$$C = \frac{0,76 \cdot 100}{4,64} = 16,38\%.$$

Seçim cəmi üçün hesablanmış orta riyazi kəmiyyət ümumi cəmin orta riyazi göstəricisindən bir qədər kənarlanıbilər. Bu kənarlanma orta riyazi kəmiyyətin səhvi (m) adlanır və aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

Yarpaqların uzunluğu misalında

$$m = \pm \frac{0,76}{\sqrt{50}} = \pm 0,11.$$

Yarpaqda disciklərin miqdərində

$$m = \pm \frac{1,72}{\sqrt{50}} = \pm 0,23.$$

Beləliklə, yarpaqların orta uzunluğu

$$M \pm m = 4,64 \pm 0,11.$$

Dişciklərin orta miqdarı

$$M \pm m = 18,21 \pm 0,23.$$

Riyazi statistikada iki müxtəlif qrupun göstəriciləri arasında mövcud olan fərqli etibarlıq ehtimalını müəyyən etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir.

$$t_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}.$$

Bu metodun əsasında “sıfır” hipotezi (H_0) qoyulur. Əgər “sıfır” hipotezi qəbul olunursa, deməli, qruplar arasında mövcud olan fərq qeyri-ehtimallıdır, yeni orta riyazi kəmiyyətlər arasında fərq təsadüfidir.

Bu hipotezin düzgünlüyü və qeyri-həqiqiliyi t_d kəmiyyəti ilə müəyyən edilir; t_d -nin qiyməti müxtəlif ola bilər. Lakin orta riyazi kəmiyyətin fərqlilik ehtimallığı haqqında mühakimə yürütmək üçün onlar, adətən, 2; 2,6 və ya 3 kəmiyyətləri ilə müqayisə edilir. Belə rəqəmlərin qəbul edilmə səbəbi (biometriyada normal paylanma qanunundan) artıq bizə məlumdur.

Bu qaydani bildikdən sonra hər bir tələbə müxtəlif sort və ya növlərdən aldığı rəqəmləri (bizim misalda yarpaqlarının uzunluğu və dişciklərin miqdarına görə) müqayisəli riyazi hesablayır və eyni əlamətə görə qruplar (sortlar və ya növlər) arasında fərq müəyyən edilir. Əgər hər tələbə bir sortun əlamətlərini öyrənirsə, onda tələbələr arasında həmin sortların göstəriciləri (M və m qiymətləri) mübadilə edilə bilər.

Belə qəbul edək ki, ciyəlek bitkisinin növlerindən birində yarpağın orta uzunluğu $M = 4,64 \pm 0,11$ sm, digər növdə isə $M = 6,79 \pm 0,21$ sm-dir. Onda

$$t_d = \frac{6,79 - 4,64}{\sqrt{0,11^2 + 0,21^2}} = 8,96 >> 3.$$

Misalımızda t_d qiymətinin 8,96 olması, yəni 2-dən və 3-dən böyük olması "sıfır" hipotezini inkar edərək, orta riyazi kəmiyyətlər arasında olan fərqli təsadüfi deyil, yüksək etibarlılığını göstərir. Yəni, belə demək olar ki, bu iki sortdan olan ümumi cəmlərdən ne qədər seçimlər aparılsada, daima II seçim cəminin orta riyazi kəmiyyəti I seçim cəminin orta riyazi kəmiyyətdən kiçik olacaqdır. Başqa sözlə, müqayisə edilən növ ciyəleklerin yarpaqları uzunluğuna görə fərqlənəcəkdir. Əgər $t_d=2$ -yə bəraberdirsə, deməli, bu halda da orta riyazi kəmiyyətlər arasındaki fərqlər təsadüfi deyildir, yəni $M_1 > M_2$: lakin bu zaman proqnoz 100-dən 95-də etibarlı, 5 hadisədə isə $M_1=M_2$ və ya əksinə, $M_1 < M_2$ olacaqdır. Əgər $t_d=1,8 < 2$ olarsa, bu, o deməkdir ki, sıfır hipotezini inkar etmək olmaz, yəni alınmış mövcud rəqəmlərə əsasən orta riyazi kəmiyyətlər arasındaki fərqi qeyri-təsadüfi hesab etmək olmaz, bu fərq təsadüfi də ola bilər, yəni $M_1>M_2$; $M_1=M_2$ və ya $M_1<M_2$ ola bilər. Belə qeyri-müeyyən nəticəyə gəlməmək üçün, bir qayda olaraq, seçim cəmini (n) artırmaq lazımdır. Bu m-in qiymətinin azalmasına, orta qiymətlər arasında mütləq fərqlərin çoxalmasına və nəhayət, düzgün nəticə çıxarmağa imkan verir.

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. Nutriya təsərrüfatında standart xəzli və ağ xəzli heyvanların hərəsindən 100 baş seçib orta çekisi və orta kvadratik kənarlanması göstəriciləri hesablanmışdır.

Standart xəzli: $M=3,21 \pm 0,16$ kq
 $\sigma = \pm 0,35$

Ağ xəzli: $M=3,95 \pm 0,18$ kq
 $\sigma = \pm 0,42$.

Orta kəmiyyətlər arasında fərqli etibarlıq ehtimalını və dəyişkənlik əmsalını müəyyən edin.

Məsələnin qısa şərti

Hər iki qrupda $n=100$ olduğundan sıfır hipotezi $t < 2$ olunduqda inkar edile bilər.

Dəyişkənlik əmsali $C = \frac{\sigma \cdot 100}{M}$ düsturu ilə hesablanır.

Həlli:

1. Hər iki qrupda orta kəmiyyətlər, orta kəmiyyətlərin səhvi, orta kvadratik kənarlanması məlumdursa, onda

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

düsturundan istifadə edib, iki qrup arasında fərqli etibarlıq ehtimalını hesablaya bilərik. Burada

$$t_d = \frac{3,95 - 3,21}{\sqrt{0,18^2 + 0,16^2}} = \frac{0,74}{0,24} = 3,08.$$

Hesablama göstərir ki, standart və ağ xəzli nutriyaların diri çekiləri arasında mövcud olan fərqli etibarlı ehtimallıdır.

2. Hər iki qrupun orta kvadratik kənarlanması və orta ryazi kəmiyyətlərin əsasən dəyişkənlik əmsali hesablanır.

$$C_1 = \frac{0,35 \cdot 100}{3,21} = \frac{350 \cdot 100}{3210} = 10,9\%,$$

$$C_2 = \frac{0,42 \cdot 100}{3,95} = \frac{420 \cdot 100}{3050} = 10,6\%.$$

Hər iki qrupda dəyişkənlik əmsali bir-birinə çox yaxındır.

Məsələ 2. Əger seçilmiş buğda sünbüldə sünbülcük-lər $M=17,5 \pm 1,50$ olarsa, həmin seçim cəminə 28 sünbülcük-ləri olan sünbüldə daxil ola bilərmi?

Həlli:

Bize məlumdur ki, seçilmiş cəmdə bütün variasiyalar orta ryazi kəmiyyətlə 3σ hüdudunda kənarlana bilər. Misalımız-

da $1\sigma=1,50$ olarsa, deməli $3 \times 1,5 = \pm 4,5$ olar. Sünbülçüklərin miqdarı $M=17,5-4,5=13,0$ və ya $M=17,5+4,5=22,0$ ola bilər. Yəni seçilmiş sünbülçüklərin minimum miqdarı 13,0, maksimum miqdarı isə 22,0 sünbülçük ola bilər. Deməli, 28 sünbülçüyü olan sünbüllər seçim cəminə daxil ola bilməz.

Məsələlər

1. Tarladan yiğilmiş 50 ədəd qarğıdalı qızalaranın uzunluğu aşağıda göstərilən ölçüdə (sm) olmuşdur: 6, 10, 13, 16, 20, 8, 8, 7, 10, 9, 11, 14, 16, 17, 18, 15, 13, 10, 11, 14, 13, 12, 7, 6, 12, 14, 17, 18, 12, 10, 11, 9, 7, 9, 11, 13, 10, 14, 11, 12, 15, 20, 6, 13, 10, 9, 7, 15, 12, 14. Statistik hesablama aparıb M , σ , C , m , t cavablarını tapın.

2. Şam ağacı populyasiyada ağacların orta hündürlüyü $M=21,3$ m, $\sigma=\pm 1,6$ m olarsa, populyasiyada ən hündür və ən alçaq ağacların boyu neçə metr olar?

3. İnək naxırından birində süddə yağın miqdarı $M=3,8 \pm 0,2\%$, $\sigma=\pm 0,3\%$, digər naxırda süddə yağın miqdarı $M=3,6 \% \pm 0,01\%$, $\sigma=\pm 0,1$ olmuşdur. Bu naxırlarda dəyişkənlilik əmsalını və sürüler arasında fərqli etibarlı ehtimalını müəyyən edin. Alınmış nəticələrə əsasən hansı mülahizələri söyləyə bilərsiniz?

4. General cəm üçün orta riyazi kəmiyyətin hüdudunu aşağıdakı göstəricilərə görə müəyyən edin. Seçim cəmində $M=7,86$ sm, $\sigma = \pm 1,32$ sm, $n=500$. Proqnozda 100 hadisədən 1-dən artıq olmayaraq səhv nəzərə alınır.

5. Əger adadovşanların erkəklerinin diri kütləsi $2465 \pm 61,2$ q, dişilərin kütləsi $2135 \pm 36,4$ q olarsa, onların diri kütləsilə olan fərqi etibarlı ehtimalı hesab etmək olarmı?

6. Qara-ala qaramal cinsinin ana qrupunda südün yağılığını $2,38 \pm 0,06\%$, süd sağımı $3784 \pm 64,0$ kq, onların balalarına yağı faizi $3,97 \pm 0,10\%$ və süd sağımı 3720 ± 46 kq olmuşdur. Ana və bala qruplar arasında bu fərqlər nə qədər ehtimallıdır?

7. Əger orta riyazi kəmiyyətlər arasında fərq etibarlı deyilsə, onda onun etibarlı olması üçün nə etmək lazımdır?

8. Aşağıdakı parametrlərə malik olan iki paylanma nə ilə fərqlənir? $M=7,2$ sm, $\sigma=\pm 0,7$ sm, $M_2=7,2$ sm, $\sigma_1=\pm 0,35$. Bunların qrafikini qurmalı.

9. General cəmin orta riyazi kəmiyyəti üçün seçmə cəmində $M+m=485\pm 17,6$ mq olarsa, dəyişkənlik hüdudunu müəyyən edin. Proqnozda 100-dən 1 hadisə səhv buraxıldığı nəzərə alınır.

VI FƏSİL

POPULYASİYANIN GENETİKASI

Təbiətdə mövcud olan hər bir növ müəyyən yaşama arealına malik olub, lakin onu təşkil edən fəndlər yığımı bu areal daxilində hər yerdə eyni sıxlıqda yayılır. Növün areali daxilində fəndlər əlverişli sahələrdə daha çox, qeyri-əlverişli sahələrdə seyrək yayılır. Deməli, növün fəndləri onun areali daxilində qruplaşmalar əmələ gətirir və həmin qruplaşmalar, hər seydən əvvəl, bir-birindən yayılma sahəsinə, yaşama şəraitinə görə fərqlənir. Eyni növ daxilində formalasmış belə qruplar populyasiyalar adlanır. Yəni növün populyasiyalarının fəndləri növ üçün xarakter olan ümumi əlamət və xüsusiyyətlərə malik olmasına baxmaya-raq, hər bir populyasiya genotipe və fenotipe görə digərlərindən müəyyən qədər fərqlənir. Əksər populyasiyanın fəndləri bir-birile sərbəst cütləşmək və gələcəkdə təkamül etmək imkanına malik olur.

Her bir populyasiya təkamül amillərinin (ırsiyyət, dəyişkənlik, təbii seçmə və s.) qarşılıqlı təsiri əsasında yaşama şəraitinin təsiri altında formalasılır. Bütün canlılar—bitkilər, heyvanlar və hətta insan növü belə populyasiyalardan ibarətdir.

Populyasiya genetik sistem kimi uzun müddət sərbəst yaşamağa qabildir, deməli o müəyyən genofondu və ırsilik tipi ilə xarakterizə olunmalıdır.

Populyasiyada ırsiliyin qanuna uyğunluqlarının öyrənilməsinin təkamül təlimi, seleksiya, insan genetikası və tibbdə böyük əhəmiyyəti vardır.

Populyasiyada ırsiliyin öyrənilməsi dəyişilən nəsildə onun genotipik tərkibinin, yəni müxəttif genotiplərin və allellerin sıxlığının müəyyənləşməsi ilə əlaqədardır.

Praktiki məşğelələrdə cinsiyətli yolla çoxalan organizmlər populyasiyalarında irsiliyin tipləri ilə tanış olacaqıq. Bize məlumdur ki, cinsiyətli çoxalan organizmlər iki: öz-özünü tozlandırıran (avtoqam) və bir-birini çarpazlaşdırıran (alloqam) qrupa ayrılır. Bu iki qrup organizmlər populyasiyalarında irsilik qanuna uyğunluqlarının təzahürü fərqlənir.

TAPŞIRIQ 20

ÖZ-ÖZÜNÜ TOZLANDIRAN POPULYASIYALarda İRSİLİK

Məlumdur ki, öz-özünü tozlandırma (bezi hermofrodit onurğasızları nəzərə almasaq,) əsasən, bir çox ali bitkilərə aiddir.

Avtoqam bitkilərin populyasiyası genotipik olaraq müxtəlif xətlərdən ibarətdir. Belə populyasiların bitkiləri bir-birilə çarpazlaşdırır və aralarında informasiya mübadiləsi baş vermir. Odur ki, öz-özünü tozlandırıran populyasiyaların fərdləri homoziqot fərdlərdən ibarət olmalıdır. Lakin obliqat (mütleq) öz-özünü tozlandırma mövcud deyil. Bəzən bunlar, məsələn, bugda, pomidor və digər bitkilər arasında çiçək tez açılır, bu zaman çarpaz tozlanma baş verir və alınmış nəsil heteroziqot vəziyyətə düşür. Həmçinin, öz-özünü tozlandırıran bitkilərin təmiz xətlərinin bir nəslində çoxlu müxtəlif mutasiyalar baş verərək onun hemogenliyini pozur. Nehayət, öz-özünü tozlandırıran bitkilərdə öz-özüne tozlanmaya mane olan (uygunsuzluq əmələ getirən) mutasiyalara rast gəlinir. Bütün bu üç səbəbdən avtoqom populyasiyalarda daimi heteroziqotluq baş verir.

Öz-özünü tozlandırıran organizmlər populyasiyاسında irsiliyin xüsusiyyətləri ilə tanış olaq. Noxud bitkisi öz-özünü tozlandırır. Belə güman edək ki, ağ çiçəyi (aa) olan sortla qırmızı çiçəyi (AA) olan sort arasında çarpazlaşma gedərək (F_1), onların F_2 nesilləri arasında parçalanma baş verərək $1AA:2Aa:1aa$ nisbətində fərdlər alınmışdır. Deməli, F_2 -də alınmış nəslin 50%-i ($25AA+25aa$) homoziqot, 50%-i (Aa) heteroziqot olmuşdur. Növbəti nesildə (F_3) homoziqotların sayı artır—75%, heteroziqotlar isə azalaraq 25% təşkil edir

(cədvəl 30). Bu nisbət növbəti nəsillərdə getdikcə homoziqotların xeyrinə artaraq, məsələn, F_{10} -da 99,80% homoziqot, cəmi 0,2% heteroziqotlar təşkil edir.

C e d v e l 30

Öz-özünü tozlandıran bitkilərde genotiplər nisbətinin dəyişilməsi

Nesillər	Genotiplərin nisbəti			Genotiplərin sıxlığı	
	AaAa	AAa	aaa	homoziqot	heteroziqot
F_1	1AA 1Aa 1aa	2AA 2Aa 2aa	1AA 1Aa 1aa	50	50
F_2	$\frac{1}{4}AA + \frac{1}{2}Aa$ 6AA	$\frac{1}{4}Aa$ 4Aa	$\frac{1}{4}aa + \frac{1}{4}aa$ 6aa	75	25
	ba ja				
	3AA 3Aa 3aa				
F_3	$\frac{1}{16}AA + \frac{2}{16}Aa$ 14AA	$\frac{1}{16}Aa$ 4Aa	$\frac{1}{16}aa + \frac{12}{16}aa$ 14aa	87,5	6,25
	ba ja				
	7AA 7Aa 7aa				
F_4	$\frac{1}{64}AA + \frac{2}{64}Aa$ 30AA	$\frac{1}{64}Aa$ 30Aa	$\frac{1}{64}aa + \frac{23}{64}aa$ 30aa	93,75	
	ba ja				
	15AA 15Aa 15aa				
F_{10}	$\frac{1}{1024}AA + \frac{2}{1024}Aa$ 511AA	$\frac{1}{1024}Aa$ 2Aa	$\frac{1}{1024}aa + \frac{1022}{1024}aa$ 511aa	99,8	0,2
F	2^{n-1}	2	$2^n - 1$	$1 - (1/2)^n$	$1/2$

n — neslin sayını göstərir.

Populyasiya tədricən dominant və resessiv əlamətli fenotiplərə bölünür. Heteroziqotluq isə tədricən sıradan çıxır, yəni populyasiyada nesildən-neslə gen heteroziqotluqdan homoziqot vəziyyətə keçir. Neticədə populyasiya yene homoziqot qırmızı çiçekli və homoziqot ağ çiçekli bitkilərə ayrılır.

Demeli, təbiətdə öz-özünü tozlaşdırın bitki populyasiyaları eksərən homoziqot formalardan ibarətdir. Analoji hədisəni öz-özünü tozlaşdırın bugda, arpa və s. bitkilerdə də görə bilerik.

Ali heyvanlarda və çapraz tozlanan bitkilerdə yaxın qohum cütləşmə homoziqotluğa və ya inbridinqə səbəb olur. Inbridinq seleksiyada bəzən nəsildə irsi əlamətləri möhkəm-ləndirmək məqsədilə tətbiq edilir.

Heteroziqotluq baş vermiş öz-özünü tozlaşdırın populyasiyada bir sıra ardıcıl nəsillərdə genotiplerin nisbeti ilə tanış olaq.

Bele qəbul edək ki, populyasiyada genotiplerin nisbeti $2Aa:3aa$ ibarətdir. Bunu həll etmek üçün çoxalma əmsali qəbul edək. Bundan ötrü hər bir organizmin dörd fərddən ibarət nəsil verdiyini qəbul etmək əlverişlidir. Hesablama aparıb F_6 nəslə qədər genotiplerin nisbətinin necə dəyişildiyini 31-ci cədveldə qeyd edək. İki ilkin nəsildə homoziqotlar 60% və heteroziqotlar 40% təşkil edir. İki ilkin heteroziqot (Aa) bitki öz-özünü tozlaşdırmadan 8 nəsil (2×4) verir. Onlardan nəsildə $2AA:4Aa:2aa$ və ya $1:2:1$ nisbətində parçalanma baş verir. Üç homoziqotlar (aa) isə 12 (3×4) özüne oxşar nəsil verir. Beləliklə, F_1 -də $2AA$, $4Aa$ və $14aa$ və ya 80% homoziqot, 20% heteroziqot alınır. İşi asanlaşdırmaq üçün burada da növbəti nəsillərdə alınmış genotiplerin miqdarını 2 əmsalına ixtisar edək. Bele olduqda F_2 -də $6AA$, $4Aa$ və $30aa$ nisbətlər alınır. Hesablamani bele davam etdirsek, F_6 -da $126 AA$, $4Aa$ və $510aa$ nisbətlər alınır, yəni 99,4% homoziqot genotiplər təşkil edir. Beləliklə nəsildən-nəsle homoziqotluq artır. Həmçinin, başlanğıc populyasiyada mövcud olmayan dominant homoziqot genotiplər meydana çıxır (Aa) və onların miqdarı da getdikcə çoxalır (cədvəl 31).

Cədvəldən görünür ki, F_1 -dən başlayaraq növbəti nəsillərdə heteroziqotların nisbeti hər nəsildə 2 dəfə azalır. Əksinə homoziqotlaşma nəticəsində resessiv genotiplərin (aa) miqdarı daima artır.

Aşağıdakı düsturla öz-özünü mayalandırmada müxtəlif nəsillərdə genotiplerin nisbeti müəyyən edilir.

$AA:Aa:aa$

Genotiplər nisbetinin hesablanması

Nesil	Genotiplərin nisbeti			Faiz	
	homoziqot	heteroziqot			
İlkin	2Aa	3aa		60	40
F ₁	2AA ↓ 8AA	4Aa ↓ 4AA	2aa ↓ 8Aa	12aa ↓ 60aa ve ya 30aa	80 90 10
F ₂	12AA 6AA	4Aa ↓ 14AA	8Aa ↓ 28AA	120aa ↓ 124aa ve ya 62aa	95 5,0
F ₃	56AA 60AA	4AA ↓ 30AA	8Aa ↓ 124 AA	4aa ↓ 4Aa 248aa 252 aa ve ya 126aa	97,5
F ₄	120AA 124 AA	4AA ↓ 62AA	8Aa ↓ 4Aa	504aa 508aa ve ya 254aa	98,2
F ₅	248AA 252AA	4AA ↓ 126AA	8Aa ↓ 4Aa	1016aa 1020aa ve ya 510aa	99,4
F ₆					0,6

Buradan (cədvəl 31) Aa genotipi növbəti nəsillərdə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\text{AA} \rightarrow (2^n - 1) \times K_{Aa} + 2^{n+1} \times K_{AA} = 2^n \times K_{Aa} - K_{AA} + 2^n \times 2 \times K_{AA} = 2^n \times (2 \times K_{AA} + K_{Aa}) - K_{AA}$$

Heteroziqot Aa genotipi: $Aa \rightarrow 2 \times K_{Aa}$

Homoziqot resessiv genotipi (aa) isə növbəti nəsillərdə aşağıdakı kimi besablanır:

$$aa \rightarrow (2^n - 1) \times K_{Aa} + 2^{n+1} \times K_{aa} = 2^n \times K_{Aa} - K_{Aa} + 2 \times 2 \times K_{aa} = 2^n \times (2 \times K_{aa} + K_{Aa}) - K_{Aa}$$

Düsturda K_{AA} , K_{Aa} , K_{aa} əmsal olub, ilkin populyasiyada müvafiq genotiplərin qarşısında yazılır.

N—nəslin sira nömrəsini göstərir. Düsturdan istifadə edərək misalımızda F_6 -da müxtəlif genotipli fərdlərin nisbətini hesablayaq.

Dominant homoziqotlar: $2^6(2 \times 0 + 2) - 2 = 128 - 2 = 126$.

Heteroziqotlar: $2 \times 2 = 4$

Resessiv homoziqotlar: $2^6(2 \times 3 + 2) - 2 = 512 - 2 = 510$

Alınmış cavablar 31-ci cədvəldə F_6 -da alınmış genotiplərin nisbətinə uyğun gəlir. Verilən düsturlara əsasən hər hansı ilkin populyasiyalarda genotiplər nisbətini hesablaya bilərik.

TAPŞIRIQ 21

ÇARPAZ MAYALANAN ORQANİZMLƏR POPULYASIYASINDA İRSİLİK

Təbiətdə belə populyasiyalar müxtəlif cinsiyətli və genotipli fərdlərin sərbəst cütləşməsi əsasında formalaşır. Fərdləri sərbəst cütləşən qruplar panmiktik populyasiyalar adlanır. Bu zaman növbəti nəslin genotipik quruluşu mayalanma zamanı ayrı-aryı genotiplərə malik qametlərin müxtəlif formada birləşməsi əsasında törənir. Buradan belə nəticə çıxır ki, hər bir nesilde bu və ya digər genotipdən olan fərdlərin miqdarı müxtəlif genotipli valideynlər tərəfindən hazırlanan müxtəlif qametlərin rastlaşma tezliyi ilə müəyyən edilir. Deməli, populyasiyada əlamət və xüsusiyyətlərin saxlanması və yayılması genlərin yayılma tezliyinin dəyişilməsi qanununa əsaslanır. Bu dəyişkənliliklərin əsasında Q. Mendel və T. Morqan tərəfindən müəyyən edilmiş irsilik qanunları durur. Bunları bilmək panmiktik populyasiyadan

genlərin və genotiplərin yayılması qanunlarını müəyyən etməyə imkan verir.

Populyasiyada fenotiplərin, genotiplərin və allellerin sıxlığının hesablanması

a) Fenotiplər sıxlığının hesablanması. Populyasiyada müəyyən fenotiplərin sıxlığı fərdlərin nisbi miqdarı adlanır. Populyasiya genetikasında fərdlərin ümumi miqdarı vahid qəbul edilir. Belə olduqda bu və ya digər fenotiplərin sıxlığı vahidin hissələri kimi ifadə olunur. Təbietdə mövcud olan hər hansı populyasiyanın bütün fərdlərini əhatə etmek mümkün olmadıqından, ondan seçilmiş qrupda fenotiplərin sıxlığı faizlə və ya vahidin hissələri kimi hesablanır.

Seçilmiş qrupda tam dominantlıqda fenotipin sıxlığını hesablamaq üçün populyasiyada və ya seçilmiş qrupda fərdlərin ümumi miqdarını N , A əlamətli fərdlərin miqdarını n_1 , a əlamətli fərdlərin miqdarını n_2 işaretəsilə göstərək. Onda

fenotiplərin sıxlığı vahidin hissələrilə ifadə edilərsə, $A = \frac{n_1}{N}$

və $a = \frac{n_2}{N}$ olar. Əgər fenotiplərin sıxlığı faizlə ifadə edilərsə, alınmış cavablar 100-ə vurulur.

Belə qəbul edək ki, adadovşanı saxlanan fermada 1256 şinşilla və 338 albinos (ağ) dovşanlar, hesaba alınmışdır. Deməli, $n_1=1256$, $n_2=338$, $N=1256+338=1594$. Buradan fenotiplərin sıxlığı:

$$\text{Şinşilların sıxlığı } n_1 = \frac{1256}{1594} = 0,788 \text{ (78,8%)},$$

$$\text{Albinosların sıxlığı } n_2 = \frac{338}{1594} = 0,212 \text{ (21,2%).}$$

b) Genotiplər sıxlığının hesablanması. Heteroziqotların ayrılıqda fenotipik təzahürü zamanı genotiplərin sıxlığı fenotiplərə uyğun gelir. Bu zaman populyasiyada iki allellikdə həmin allellərə görə üç fenotip və üç genotip mövcud olur.

Məlumdur ki, bəzən qan qruplarının antigenləri tədqiq edildikdə iki alleldən hər biri homoziqotluqda (MM; NN)

ayrı-ayrı qrupları, onların heteroziqot genotipi isə dominant və ya aralıq ırsiliyə (MN) malik olub, yeni qan qrupu (fenotipi) əmələ getirir. Bu zaman genotiplərin sıxlığını müəyyən etmək üçün aşağıdakı formullardan istifadə edilir.

$$MM = \frac{n_1}{N}; \quad NN = \frac{n_2}{N}; \quad MN = \frac{n_3}{N}.$$

Müəyyən edilmişdir ki, donuzlarda G^a və G^b antigenləri iki allellik sistemdə G^a və G^b allelləri ilə əlaqədardır və ırsı dominant ötürülür.

Böyük ağ donuz cinsinin 624 ferdinin immunoloji müayınnəsi nəticəsində onların 350 ferdinə G^b antigeni (G^bG^b genotipli) 42 ferdinə isə G^a antigeni (G^aG^a genotipli) və yerde qalan 232 ferdde isə hər iki (G^aG^b) antigeni tapılmışdır.

Genotiplərin sıxlığını aşağıdakı kimi hesablaya bilərik.

$$G^aG^a = \frac{n_1}{N} = \frac{42}{624} = 0,067 (6,7\%),$$

$$G^bG^b = \frac{n_2}{N} = \frac{350}{624} = 0,561 (56,1\%),$$

$$G^aG^b = \frac{n_3}{N} = \frac{232}{624} = 0,372 (37,2\%).$$

Bu tip ırsilikdə genotiplərin sıxlığı fenotiplərin sıxlığına uyğun gelir.

v) **Kodominatlıqdə allel genlərin sıxlığının hesablanması.** Əgər populyasiyada hər bir genotip genotipik olaraq təzahür edirsə, onda genotiplərin miqdarını müəyyən etməklə allel genlərin sıxlığını hesablamaq olar. Populyasiyada nə qədər diploid fərdlər vardırsa, onda həmin lokus $2N$ qədər genlər daşıyır. Biz allelə homoziqot (AA) fəndlərin miqdarını n_1 -lə, digər alleldə homoziqot (aa) fəndlərin miqdarını n_2 -lə və heteroziqotların (Aa) miqdarını isə n_3 -lə işarə etsək, onda

$$N = n_1 + n_2 + n_3.$$

Populyasiyada A genlərin miqdarı $2n_1+n_3$ olacaqdır. Belə ki, hər bir AA fərdi 2A genini və hər bir Aa fərdi isə bir A genini daşıyır. Bunu nəzərə alsaq, onda populyasiyada A genlərinin də miqdarı $2n_2+n_3$ olacaqdır.

Populyasiyada A geninin p ve a genini isə q ilə işaret edək. Onda:

$$p = \frac{2n_1 + n_3}{2N} = \frac{n_1 + 1 / 1n_3}{N}.$$

Burada, $2N$ lokusunda genin ümumi miqdarnı, $2n_1+n_3$ populyasiyada A geninin ümumi miqdarnı göstərir.

$$q = \frac{2n_2 + n_3}{2N} = \frac{n_2 + 1 / 2n_3}{N}.$$

Burada da $2n_2+n_3$ populyasiyada a geninin ümumi miqdarnı göstərir.

Populyasiyada A ve a allellerinin cəmi vahidə bərabərdir.

$$p + q = 1 (100\%).$$

Üç allellik sistemində ($A:a:a_1$) allellerin sıxlığını hesablamak üçün fərdlərin ümumi miqdarnı N ilə göstəririk. Ayri-ayri genotiplərin miqdarnı müvafiq olaraq $n_1(AA)$, $n_2(aa)$, $n_3(a_1a_1)$, $n_4(Aa)$, $n_5(Aa_1)$, $n_6(aa_1)$. Onda: allellerin sıxlığı (p, q, r) aşağıdakı düsturla tapılır:

$$pA = \frac{2n_1 + n_4 + n_5}{2N},$$

$$qa = \frac{2n_2 + n_4 + n_6}{2N},$$

$$ra_1 = \frac{2n_3 + n_5 + n_6}{2N}.$$

Burada da allellerin ümumi cəmi vahidə bərabər olur.

$$p + q + r = 1 (100\%).$$

İki nümunəvi məsələ ilə tanış olaq.

1.Toyuq fermasında 1530 qara ləlekli (BB genotipləri), 762 ağ ləlekli (B^1B^1 genotipli) ve 2346 mavi ləlekli (BB^1 genotipli) toyuq hesaba alınmışdır. Bu populyasiyada B ve B^1 allellerin sıxlığını hesablayaq. Burada biz B allellini p ilə, B^1 allellini isə q ilə işaret edək.

$$pB = \frac{2 \times 1530 + 2346}{2 \times 4638} = 0,583 (58,3\%),$$

$$qB^1 = \frac{2 \times 762 + 2346}{2 \times 4938} = 0,417 \text{ (41,7%).}$$

Allellerin hesablanmasıının düzgünlüğünü bilmek için onların sıxlığını hesablayaç:

$$p + q = 0,583 + 0,417 = 1.$$

2. Ölkemizin eksər qaramal cinslərində qanda transferin zülalı (β -globulin də adlanır, funksiyası qanda dəmiri plazmaya daşımada ibarətdir) üç tipdə olur: Tf^A , Tf^D və Tf^E . Zülal tipləri üç allele Tf^A , Tf^D və Tf^E ilə müəyyən olunur. Holmoqor cinsindən olan populyasiya tədqiq olunduqda aşağıdakı miqdardan genotipdən olan heyvanlar müəyyən edilmişdir: $Tf^A Tf^A$ genotipli—120, $Tf^A Tf^D$ genotipli—226, $Tf^E Tf^E$ genotipli—5, $Tf^A Tf^D$ genotipli—310, $Tf^A Tf^E$ genotipli—20, $Tf^D Tf^E$ genotipli—42 baş. Hər üç allelin sıxlığını hesablayaç.

Burada, $Tf^A = p$, $Tf^D = q$ və $Tf^E = r$ ilə işaretə edək, onda

$$pTf^A = \frac{2 \times 120 + 310 + 20}{2 \times 723} = 0,3940,$$

$$qTf^D = \frac{2 \times 226 + 310 + 42}{2 \times 723} = 0,5560,$$

$$rTf^E = \frac{2 \times 5 + 20 + 42}{2 \times 723} = 0,050.$$

Burada allellerin cəmi

$$p + q + r = 0,394 + 0,556 + 0,05 = 1.$$

İki allelikdə və tam dominantlıqda genotip və alleller sıxlığının hesablanması

Populyasiyada tam dominantlıqda genotip və allelerin sıxlığı fenotiplərin nisbetinə görə müəyyən edilir. Bu zaman Hardi-Vaynberq qanununa görə eksər populyasiyada (iki allelikdə) A geni p sıxlığı ilə rast gelir. Yəni $p+q=1$. Populyasiyada ayrı-ayrı genotiplərin sıxlığını bilmek üçün

genlerin sıxlığını bilmek lazımdır. Gösterilen genlere göre iki tipdən olan qametlərin təsadüfi birləşməsi nəticəsində 3 tip genotip və 2 tip fenotip alınır. Alınmış genotiplerin nisbəti aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$p^2AA : 2pqAa : q^2aa.$$

Belə netice Nyuton binomunun $(p+q)^2$ açılışından da alınır.

Populyasiya belə tipdə ziqotların paylanması ile həmin genler sisteminə görə genetik tarazlıqda olur. Fərdləri təsadüfen çarpanlaşan populyasiyada genetik tarazlıq bir nəsildən sonra yaranır, bunun sayəsində də fərdlərin miqdarı həddən artıq çox olan və təsadüfi çarpanlaşma gedən populyasiyalarda seçmə təsir etmədikdə, həmin genlər mutasiyaya uğramadıqda nəsildən-nəslə genlərin və genotiplərin sıxlığı dəyişilməz saxlanılır.

Hardi-Vaynberq düsturu populyasiyada allel genlərin və genotiplərin sıxlığını fenotiplərin nisbətənə görə müəyyən etməyə imkan verir.

Düstura əsasən əgər populyasiyada əmələ gələn qametlərin ümumi miqdarını vahid, dominant allelin (A) sıxlığını p və resessiv allelin (a) sıxlığını q qəbul etsək, onda qametlərin sərbəst cütleşməsindən aşağıdakı kombinasiyaları alarıq:

	σ	pA	qA
♀			
pA		p^2AA	pqAa
qa		pqAa	q^2aa

Cədveldə alınmış genotipləri cəmləyərək:

$$p^2AA : 2pqAa : q^2aa.$$

Resessiv əlamətli fərdlərin eyni genotiplərdən (aa) ibarət olduğunu bilərək, onlara əsasən resessiv allelin sıxlığını hesablayaqq. Məsələn, insan populyasiyasından seçilmiş adamlar arasında qara gözlülər 868 nəfər, mavi gözlülər 542 nəfər təşkil etmişdir. Qara gözlülərin dominant (A), mavi

gözlülerin (a) resessiv əlamət olduğu məlumdur. Buradan mavi gözlü fenotiplərin sıxlığını hesablayaqq. Düsturda resessiv əlamət (aa) q^2 ilə göstərilir.

$$\text{Mavi göz } q^2 = \frac{542}{1410} = 0,3844,$$

buradan

$$q = \sqrt{0,3844} = 0,62.$$

Populyasiyada iki allelin cəminin vahidə bərabər olduğunu bilərək, dominant allelin (p) sıxlığını tapa bilərik:

$$P = 1 - q; \\ P = 1 - 0,62 = 0,38.$$

Onda dominant homoziqotların sıxlığı (AA) p^2 bərabər olacaqdır.

$$p^2 = (0,38)^2 = 0,1444.$$

Sonra düsturda hər iki allelin qiymətini yazmaqla heteroziqotların (Aa) $2pq$ -nün sıxlığını tapa bilərik.

$$2pq = 2(0,38 \times 0,62) = 0,4712.$$

Beləliklə, götürülmüş qrupda allelin sıxlığı:

$$qa = 0,62 \text{ və ya } 62\% \\ pA = 0,38 \text{ və ya } 38\%.$$

Genotiplərin sıxlığı

$$p^2AA = 0,1444 \text{ və ya } 14,44\%$$

$$2pqAa = 0,4712 \text{ və ya } 47,12\%$$

$$q^2aa = 0,3844 \text{ və ya } 38,44\%$$

$$\text{Cəmi:} \quad 100,0$$

Digər bir məsələ ilə tanış olaq.

Avropa populyasiyalarında her 20000 nəfərdən bir albinos adama rast gelinir. Populyasiyanın genetik tərkibini müəyyən edək.

Populyasiyada resessiv homoziqotların (aa) sıxlığını tapıb, onu vahidin hissəsi kimi ifadə edək:

$$aa = q^2 = \frac{1}{20000} = 0,00005.$$

Burada albinosluq allelinin (a) sıxlığı:

$$q = \sqrt{0,00005} = 0,0071.$$

Dominant allelin (A) sıxlığı:

$$p = 1 - q = 1 - 0,0071 = 0,9929.$$

Dominant homoziqotların (AA) sıxlığı:

$$p^2 = (0,9929)^2 = 0,98585.$$

Heteroziqotların (Aa) sıxlığı

$$2pq = 2(0,0071 \times 0,9929) = 0,01410.$$

Beləliklə, Avropa populyasiyasının genetik tərkibi belədir:

$$AA = 0,98585$$

$$Aa = 0,01410$$

$$aa = 0,00005$$

Mütləq rəqəmlərlə götürsək, 19717:282:1 adam təşkil edir.

Hardi-Vaynberq düsturu məhdud olub, aşağıdakı şərtləri nəzərə alıqdə tətbiq olunur: 1/bir cüt autosom allelləri üçün, 2/ populyasiyada fərdlərin cütləşməsi və mayalanması zamanı qametlərin birləşməsi təsadüfi baş verdikdə, 3/ düzüne və eks mutasiyaların tezliyi nəzərə alınmayacaq tezlikdə baş verdikdə, 4/ populyasiyanı təşkil edən fərdlərin miqdarı kifayət qədər çox olduqda, 5/ populyasiyanı təşkil edən fərdlərin hamısı eyni həyatiliyə, nəsil vermə qabiliyyə-

tinə malik olub, seçməyə məruz qalmadıqda. Bütün bunlara baxmayaraq heyvan və insan populyasiyalarında müəyyən əlamətlərin sıxlığını bilmək həmin əlamətlərin genlərinin və genotiplerin sıxlığını, məsələn, insanlarda qan qruplarının və müxtəlif xəstəliklərin allellerinin və ayrı-ayrı genotiplerin sıxlığını hesablamağa imkan verir.

Məsələlər

1. Qaragül qoyun sürüsündə 738 ferd şirazi, 284 ferd ərəbi rəngli xəzə malikdir. Fenotiplerin sıxlığını hesablayın.
2. Şvis-zebu hibridlərdən olan Qaramalın fermasında qonur rəngli—600, açıq-qonur rəngli—325 və boz—206 baş heyvan qeydə alınmışdır. Açıq-qonur rəngli heyvanlar heteroziqot olub, qeyri-tam dominant irsiliyə malikdir. Populyasiyada genotiplerin və allel genlərin sıxlığını hesablayın.
3. Qrellandiya eksimoslarda MN qan qrupu tədqiq olarkən onlardan 233 nəfər MM, 385 nəfər MN və 129 nəfər NN qan qrupuna aid olmuşdur. Qan qruplarında genotiplerin və allel genlərin sıxlığını müəyyən etməli.
4. Noxud bitkisinin 6 qırmızı çiçəkli heteroziqot (Aa) ferdlerindən nəsil alın. Noxud bitkisi öz-özünü tozlandırır. F_6 -da alınacaq genotiplerin nisbətini hesablayın.
5. Eyni miqdarda qırmızı dənli (AA, Aa) və ağ dənli (aa) bugda toxumları səpilmişdir. Buğda öz-özünü tozlandıran bitkidir. F_{10} -da qırmızı və ağ dənli bitkilərin nisbəti necə olacaqdır?
6. Heteroziqot vəziyyətdə (Aa) olan öz-özünü mayalandıran bitkinin 8-ci nəslində genotiplerin nisbətini hesablayın.
7. Seçilmiş qrup 80 DD genotipli və 20 dd genotipli ferdlerdən ibarətdir. Panmiksiya şəraitində birinci nəsilde genotiplerin DD, Dd, dd tarazlığının əmələ gəldiyini göstərin. Bu üç genotipin sıxlığını tarazlıq yarandıqdan sonra müəyyən edin.
8. Öyrənilən populyasiyalardan birində genotiplər sıxlığı: 0,24AA, 0,32 Aa, 0,44aa, digərlərində 0,33AA, 0,14AA və 0,53aa olmuşdur. Panmiksiya şəraitində bu populyasiyaların növbəti nəslində genotiplerin nisbəti necə olacaqdır?

9. Respublikamızın rayonlarından birinde qan qrupu rezus amilliye görə tədqiq edildikdə müsbət-rezus amilli 2856, mənfi-rezus amilli 342 nəfər aşkar edilmişdir. Seçilmiş populyasiyada genotiplerin və allelel genlərin sıxlığı necə olur?

10. Panmiktik populyasiyada tədqiqat aparılan zaman resessiv allellərə (a, b, c, d, e) rast gəlinmişdir, aa—15%, bb—10%, cc—5,0%, dd—0,2%, ee—0,1%. Verilmiş 5 populyasiyada allellerin və genotiplerin nisbətini hesablayın.

VII FƏSİL

MOLEKULYAR GENETİKA

İrsi xassələrin ötürülməsində DNT və RNT-nin rolunun tədqiq edilməsi, zülalın biosintezi sxeminin müəyyənləşdirilməsi və onun tənzim olunması irsiyyəti molekulyar səviyyədə analiz etməyə imkan verir. Bu proses bilavasitə genlərlə əlaqədardır. Gen dedikdə DNT-nin müəyyən bir sahəsi başa düşülür. DNT-nin strukturunda cüzi dəyişilmə baş verdikdə, bu hökmən zülalın dəyişilməsinə səbəb olur ki, o da, öz növbəsində orqanizmdə bu və ya digər əlaməti, yaxud bir sıra əlamətləri müəyyən edən biokimyəvi reaksiyalar zəncirini dəyişdirir. Beləliklə, əlamət biokimyəvi reaksiyaların xarakterində asılıdır, reaksiyalar zülal-ferment ilə idarə olunur, zülalın quruluşu isə DNT zəncirində azot əsaslarının spesifik növbələşməsi ilə şifrlənmişdir. Zülalın sintezi zamanı DNT-də növbələşən azot əsasları məlumat RNT-nin surətini yaradır (transkripsiya). Sonra nəqliyyat RNT (nRNT) azot əsasları tiplərinə müvafiq olaraq aminturşunu növbə ilə yerləşdirməklə (translyasiya) bu "yazını", daha doğrusu, "genetik yazını" oxuyur. Zülal-fermentin quruluşunu bilməklə DNT-nin quruluşunu açmaq mümkündür və əksinə, DNT-də baş verən dəyişkənliyi bilməklə zülalın quruluşunda yaranacaq dəyişkənliyi bilmək olar. Məsələn, əgər hər hansı polipeptidi kodlaşdırıran DNT zənciri — adenin=adenin=sitozin=quanin=adenin =timin (AASQAT) kimi aminturşu ilə başlayırsa, onda məlumat RNT-nin surəti aşağıdakı kimi olacaqdır. Urasil = urasil = quanin = sitozin=urasil=adenin (UUQSUA). Bunları genetik kod cədvəlinə əsasən müəyyənləşdirikdə məlumat RNT-nin birinci üç azot əsasına — valin aminturşunun, növbəti üç əsasə asparaginin uyğun geldiyini

göstermek olar. Beleliklə, polipeptid zəncir-valin asparagin kimi aminturşu ile başlanacaqdır.

Həlli məsləhət görülən məsələlər DNT-də məlum dəyişilmələrə görə zülalın qurulusunun açılmasına və aminturşunu kodlaşdırıran cədvəlin köməyilə əks analizə əsasən nəzərdə tutulmuşdur (*cədvəl 32*).

Cədvəl 32
Genetik kod

Kodonun birinci nukleo- tidi	Kodonun ikinci nukleotidi						Kodo- nun üçüncü nukleo- tidi		
	U	S	A	Q					
U Urasil	UUU UUS UUA UUQ	Fenil Alanin Leysin	USU USS USA USQ	Serin	UAU UAS UAA UAQ	Tiro- zin Non- sens	UQU UQS UQA UQQ	Sisetein Non- sens Tripto- fan	U S A Q
S Sitozin	SUU SUS SUA SUQ	Leysin	SSU SSS SSA SSQ	Pro- lin	SAU SAS SAA SAQ	Histidin Qlut. turs.	SQU SQS SQA SQQ	Arginin	U S A Q
A Adenin	AUU AUS AUA AUQ	Izoleysin Metoinin	ASU ASS ASA ASQ	Treo- nin	AAU AAS AAA AAQ	Aspar. Turş. Lizin	AQU AQG AQA AQG	Serin Arginin	U S A Q
Q Quanin	QUU QUS QUA QUQ	Valin	QSU QSS QSA QSQ	Ala- nin	QAU QAS QAA QAO	Aspar. ak. Qluta m.	QQU QQS QQA QQQ	Qlisin	U S A Q

* Zəncirin qurtaracağıını kodlaşdırır. Nonsens kodonlara—UAA, UAQ və UQA “oxra”, “amber” və “opal” kimi şərti adlar verilmişdir.

** Zəncirin başlangıcını kodlaşdırır (QUQ—ancaq prokaroitlərdə olur).

Məsələ həllinə nümunələr

Məsələ 1. Polipeptid zəncir bir-birinin ardınca düzəlmüş göstərilən aminturşudan ibarətdir: valin-alanin-qlitsin-lizin-triptofon-valin-serin-qlutamin turşusu.

Yuxarıda göstərilən polipeptid zənciri kodlaşdırıran DNT sahəsinin quruluşunu təyin edin.

Məsələnin şərtini və həllini belə təsvir edə bilərik.

Məsəlenin şərtində polipeptid zəncirdə aminturşunun ardıcılılığı verilmişdir. Buna əsasən verilmiş polipeptid sintezini idarə edən məlumat RNT-nin quruluşunu müəyyən etmək çətin deyildir. Təqdim edilmiş kod cədvəlinə əsasən valin (UUQ), alanin (SUQ), qlitsin (QUQ), lizin (AUA), triptofon (UQQ), valin (UUQ), serin (SUU) və glutamin turşusu (AUQ) üçün tripletlerin quruluşunu tapırıq. Kod cədvəlinde serin üçün iki triplet göstərilmişdir: SUU və USU. Buna görə serin üçün tripletin seçilməsi məsələni həll edənin ixtiyarına verilir. Hər iki halda məsəlenin həlli doğru olacaqdır. Nəhayət kodlaşdırıcı tripletləri müəyyən etdikdən sonra verilmiş polipeptid üçün məlumat RNT-ni tərtib edirik:

UUQSUQQUQAUQAUQQUUQSUUUAUQ

İndi məlumat RNT-nin zəncirinə görə onun sintez olunduğu DNT molekulunun bir telini bərpa etmək olar. Belə ki, urasil DNT-nin adeninin qarşısında, quanin-sitozinin qarşısında və s. yerləşir. Beleliklə, bizi maraqlandıran DNT melinin sahəsi aşağıda verilmiş quruluşa malik olacaqdır:

AASQASSASTATASSAASQAATAS

Lakin DNT molekulunun iki teldən təşkil olunduğu bize məlumdur. Odur ki, DNT molekulunun bir telinin quruluşunu bildikdən sonra, komplementarlıq prinsipinə əsasən onun ikinci telini tərtib edə bilərik. Verilmiş polipeptidi kodlaşdırıran DNT sahəsi bütövlükdə aşağıdakı quruluşa malik olacaqdır.

A A S Q A S S A S T A T A S S A A S Q A A T A S
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
T T Q S T Q Q T Q H T A T Q Q T T Q S T T A T Q

Məsələ 2. İnsulinin B zəncirinin başlangıç sahəsi aşağıda verilən 10 aminturşudan ibarətdir: fenilalanin-valin-asparagin turşusu-glutamin-histidin-leysin-sistein-qlitsin-serin-histidil.

İnsulinin bu sahəsini kodlaşdırın DNT-nin zəncirində adenin+timin və quanin+sitozinin miqdarda nisbətini təyin edin.

Məsələnin şərtinə əsasən məlum aminturşu tərkibinə görə məlumat RNT-ni tərtib etmək olar:

UUUQUUAUQAASAUUUAUQUQQUSUSAU

Bundan sonra əvvəlcə DNT molekulun bir telini, sonra isə komplementarlıq prinsipinə əsasən ikinci telini müəyyən etmək mümkündür:

AAASAATTAST TQT AAA TAS AS SA AQAQTA A
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
T TTQTTAATQAASA TT T ATQ TQ QTT S TSA T

DNT molekulunun müəyyən edilən bu sahəsində adenin (22), timin (22), quanin(8) və stozin (8) əsaslarının miqdarını saymaq lazımdır. Sonra məsələdə tələb olunan adenin+timin və quanin +sitozinin miqdarda nisbəti təyin edilməlidir:

$$\frac{A + T}{Q + S} = \frac{22 + 22}{8 + 8} = \frac{44}{16} = 2,75$$

Kod cədvəlinde bəzi aminturşu üçün iki, üç yaxud da dörd triplet verilmişdir. Lakin bu məsələnin həlli zamanı verilmiş aminturşular üçün yalnız birinci triplet götürülmüşdür. Məsələni həll edən şəxs ikinci və yaxud üçüncü tripləti də götürüre bilər. Bu zaman əsasların miqdarda nisbəti başqa qiymətə bərabər ola bilər.

Məsələlər

1. Polipeptid zəncir aşağıdakı aminturşudan ibarətdir: alanin-sistein-histidin-leysin-metonin-tirozin.

Bu polipeptid zənciri kodlaşdırın DNT sahəsinin quruluşunu təyin edin.

2. Asparagin-qlisin-fenilalanin-prolin-treonin-polipeptid zəncirin ardıcılığını təşkil edən aminturşudur.

Verimliş polipeptid zenciri kodlaşdırın DNT sahəsinin quruluşunu təyin edin.

3. B—insulin zencirinde birinci 10 aminturşu aşağıdakılardır: fenilasanin-valin-asparagin turşusu-glutamin-histidin-leysin-sistein-qlitsin-serin-histidin.

İnsulin zencirinin bu sahəsini kodlaşdırın DNT sahəsinin quruluşunu təyin edin.

4. A—insulin zencirinin başlangıç sahəsi aşağıdakı beş aminturşudan ibarətdir: qlitsin-izoleysin-valin -glutamin-glutamin.

İnsulin zencirinin bu sahəsini kodlaşdırın DNT sahəsini təyin edin.

5. Mədəaltı vəzinin ribonukleaza zencirində polipeptid zencirlərdən birində aminturşu aşağıdakı ardıcılığa malikdir, lizin-asparagin turşusu-qlitsin-treonin-asparagin turşusu-glutamin turşusu-sistein.

Göstərilən polipeptid zencirin sintezini idarə edən məlumat RNT-ni təyin edin.

6. Mədəaltı vəzi ribonukleazası zencirlərindən biri aşağıdakı 14 aminturşudan ibarətdir: glutamin-qlitsin-asparagin turşusu-prolin-tirozin-valin-prolin-valin-histidin-fenilanin-asparagin-alanin-serin-valin.

Ribonukleoza zencirinin bu sahəsini kodlaşdırın DNT molekulu sahəsinin quruluşunu təyin edin.

7. Qlükoza zencirlərindən biri aşağıdakı aminturşu ardıcılığına malikdir: treonin-serin-asparagin-tirozin-serin-lizin-tirozin.

Qlükozanın zencirinin bu hissəsini kodlaşdırın RNT sahəsinin quruluşunu təyin edin.

8. Xəstədə Fankon sindromu (sümük toxumasının əmələ gelməsinin pozulması) zamanı son sidiklə, məlumat DNT-nin aşağıdakı tripletlərinə uyğun gəlen aminturşu ifraz olunur: AUU, QUS, AUQ, USA, UUQ, UAU, QUU, AUU.

Fankon sindromu üçün xarakterik olub, sidik ilə ifraz olunan aminturşunu təyin edin.

9. Sistinuriya (sidikdə aminturşunun normadan artıq olması) xəstəliyinə tutulmuş adamdan sidik ilə məlumat RNT-nin aşağıdakı tripletlərinə uyğun olan aminturşusu ifraz olunur: SUU, QUU, SUQ, QUQ, USQ, QUS, AUA.

Sağlam adamın sidiyində alanin-serin-qlutamin turşusu və qlitsinə təsaduf edilir.

a) Sistinuriya xəstəliyinə tutulmuş adamın sidiyi ilə hansı aminturşunun ifraz edilməsi xarakterikdir?

b) Sağlam adamın sidiyində olan aminturşuya uyğun gələn tripləri yazın.

9. Verilmiş züllü kodlaşdırılan DNT sahələrindən QATASTATAAQAS—əgər beşinci və onuncu nukleotidləri (soldan) kənar etsək, onda həmin züllənin strukturu necə dəyişilər?

10. Züllənin quruluşunu kodlaşdırılan DNT sahəsi aşağıdakı nukleotidlər ardıcılığından ibarətdir:

TAASAQAQASTAAQ. Əgər 10-cu ilə 11-ci nukleotidlər arasına sitozun, 13-cü ilə 14-cü nukleotidlər arasına timin və nəhayət axırda quanin ilə yanaşı daha bir quanin qoşulsara, onda züllənin quruluşunda hansı dəyişilmələr baş verəcəkdir?

11. Tütün mozaikası virusu züllənin zəncirinin sahəsi aşağıdakı aminturşudan ibarətdir: serin-qlitsin-serin-izoleysin-treonin-prolin-serin. Məlumat RNT-yə azot turşusu ilə təsir nəticəsində RNT-nin sitozini quanine çevrilir.

RNT-yə azot turşusu ilə təsir edildikdən sonra virus züllənin quruluşunda baş verən dəyişikliyi təyin edin.

12. Hazırda hemoglobinin bir çox nadir formaları mövcuddur. Hemoglobinin bu formalarında mutasiya nəticəsində α -zəncirində bu və ya digər aminturşunun əvəz edilməsi baş vermişdir.

a) Toronto hemoglobinində 5-ci aminturşu-alanin asparagin ilə, Paris hemoglobinində 6-ci aminturşu-alinin asparagin ilə əvəz edilmişdir.

Normal hemoglobin A, Toronto və Paris hemoglobinları üçün α -zəncirində 5-ci və 6-ci aminturşunu kodlaşdırılan DNT-nin sahəsini təyin edin.

b) İnterlagin-Oksford hemoglobinində 15-ci aminturşu-qlitsin asparagin ilə, J-hemoglobinində 16-ci aminturşuleysin glutamin ilə əvəz edilmişdir.

Normal və hər iki dəyişilmiş hemoqlobinin α -zəncirində 15-ci və 16-ci aminturşunu kodlaşdırın və DNT sahəsini təyin edin.

13. Atın insulininin A zəncirində aminturşunu 6–11-ci mövqelərde aşağıdakı tərkibə malikdir: sistein-sistein-treonin-qlitsin-izoleysin-sistemin. Buğanın bu zəncirində 8-ci mövqeyində alanin, 9-cu mövqeyində serin və 10-cü mövqeyində valin yerləşir.

Atın və buğanın insulin zəncirinin bu hissəsini kodlaşdırın DNT-nin sahəsinin quruluşunu təyin edin.

14. İnsulinin B zəncirinin başlangıç sahəsi aşağıda verilən 10 aminturşandan ibarətdir: fenilalanin-valin-asparagin turşusu-qlutamin-histidin-leysin-sistein-qlitsin-serin-histidin.

İnsulinin bu sahəsini kodlaşdırın DNT-nin zəncirində adenin+timin və quamin-sitozinin miqdarda nisbətini təyin edin.

15. A və B zəncirlərindən biri insulin 51 aminturşusuna malikdir. Lakin at, buğa və qoyun insulinlarının tərkibi bir qədər fərqlidir. Bu heyvanların insulin molekullarında müxtəlif aminturşusuunun sayı aşağıdakı cədvəldə verilmişdir (cədvəl 33).

Üç heyvan növündə insulinı kodlaşdırın DNT-nin zəncirində adenin+timin və quanin+sitozinin miqdarda nisbətini təyin edin.

Cədvəl 33

Heyvanların insulin molekullarında müxtəlif aminturşuların sayı

Aminturşuları	Aminturşuların sayı		
	buğa	qoyun	at
Qlitsin	4	5	5
Valin	5	5	4
İzoleysin	1	1	2
Leysin	6	6	6
Fenilalanin	3	3	3
Tirozin	5	5	5
Serin	3	2	2
Treonin	1	1	2
Lizin	1	1	1

<u>Arginin</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
<u>Histidin</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
<u>Sistein</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>
<u>Prolin</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
<u>Alanin</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>2</u>
<u>Qlutamin</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>
<u>Asparagin tursusu</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>

16. Tədqiqat göstərmışdır ki, verilmiş məlumat RNT-nin nukleotidlərinin ümumi miqdarının 34%-i quaninin, 18%-i urasilin, 28%-i sitozinin və 20%-i isə adeninin payına düşür.

Surəti yuxarıda göstərilmiş məlumat RNT olan iki zəncirli DNT-nin azot əsaslarının faizlə tərkibini təyin edin.

MÜNDƏRİCAT

Giriş	3
<i>I fəs i l. İrsiyyətin sitoloji əsasları</i>	5
Xromosomlar	5
Hüceyrənin bölünməsi, mitoz	14
Müvəqqəti sitoloji preparatların hazırlanma üsulları	31
Meyoz prosesi	41
<i>II fəs i l. Cinsiyətli çoxalmanın biologiyası.....</i>	51
Bitkilərdə sporogenez və qametogenez	51
Meqasperogenez və meqaqametogenez	55
Örtülütoxumlu bitkilərdə mayalanma	59
<i>III fəs i l. Drozofilin biologiyası, inkişafı, yetişdirilmə üsulları</i>	63
Drozofil genetik tədqiqat obyekti kimi	63
Drozofil milçəyinin biologiyası	65
Drozofil milçəyi ilə təcrübə qoyan zaman lazım olan əşyalar və ləvazimatlar.....	67

Qidalı mühit və onun hazırlanması.....	69
Drozofil milçeyinin narkoz edilmesi.....	71
Drozofille təcrübələrin qoyuluşu və təcrübə şəraiti	72
Drozofilin inkişafı.....	73
Təcrübənin qoyuluşunda uğursuzluq və onun əsas sebəbləri... ..	78
Drozofilin mutant formaları ilə tanışlıq	79
<i>IV fəsi l. Cinsiyətli çoxalmada genetik (hibridoloji)</i> analiz	83
Monohibrid çaprazlaşdırma	84
Məsələlər	101
Parçalanma qanunundan kənarlanmaya aid məsələlər	103
Dihibrid və trihibrid çaprazlaşdırma	104
Dihibrid çaprazlaşdırmağa aid təcrübələrin qoyulması	108
Məsələnin şərtinin qısa təsviri	117
Məsələnin şərtinin təsviri	119
Trihibrid çaprazlaşdırmağa aid məsələlər	122
Qeyri-allel genlərin qarşılıqlı təsiri	123
Genlərin qarşılıqlı təsirinə aid təcrübələrin qoyulması	127
Cinsiyyət və cinsiyətlə ilişikli irsiyyət	138
Məsələlər	150
İlişkili irsilk və krossinqover	152
Drozofil xromosomlarının tədqiqi	170
Politen xromosomlar	171
<i>V fəsi l. Dəyişkənlik və onun öyrənilmə üsulları</i>	175
Gen mutasiyalarının öyrənmə üsulları	176

Xromosom dəyişilmələri	191
Mesələlər	206
Poliploidiya	207
Bitkilerdə poliploid formaların alınması üsulları	208
Mesələlər	212
Modifikasiya dəyişkənliyi	213
<i>VI fəsil. Populyasiyanın genetikası</i>	229
Öz-özünü tozlaşdırıran populyasiyalarda irsilk	230
Çarbaz mayalanan orqanizmlər populyasiyasında irsilik	234
Populyasiyada fenotiplərin, genotiplərin və allellerin sürlüğünün hesablanması	235
İki allelikdə və tam dominantlıqda genotip və alleller sürlüğünün hesablanması	238
Mesələlər	242
<i>VII fəsil. Molekulyar genetika</i>	244
Mesələ həllinə nümunələr	245
Mesələlər	247

Redaktorları *S.V.Səmimi, F.Z.Qayıbova*

Texniki redaktoru *B.Ə.Kərimova*

Korrektorları *T.M.Zahidova, Təranə Tapdıqqızı, A.Q.Axundova*

Yığılmağa verilmiş 04.1.2002. Çapa imzalanmış 20.12.2002.
Nəşrin formatı 60x84 1/16. Ofset kağızı №1. Məktəb qarnituru.
Ofset çapı. Fiziki ç.v. 16,0. Şərti ç.v. 14,88. Uçot-nəşr vərəqi 10,9.
Tirajı 500. Sifaris №16. Qiyməti müqavilə ilə.

Azərbaycan Respublikası Mədəniyyət Nazirliyinin
“Maarif” nəşriyyatı.
Bakı—370111, A. Məhərrəmov küçəsi, № 4.

“Zəngəzur — MZ” içik istehsalat müəssisəsi.
Bakı, Vüdadi küçəsi, 140.

*Ismaylov Arif Soltan oğlu
Babayev Məcnun Şıxbaba oğlu
Məcidov Məcid Məhəmməd oğlu
Nağıyeva Sevil Mehdi qızı*

GENETİKADAN PRAKTİKUM
(Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti)

Azərbaycan Dövlət Tədris-Pedaqoji
Ədəbiyyatı Nəşriyyatı “Maarif”

Bakı — 2002