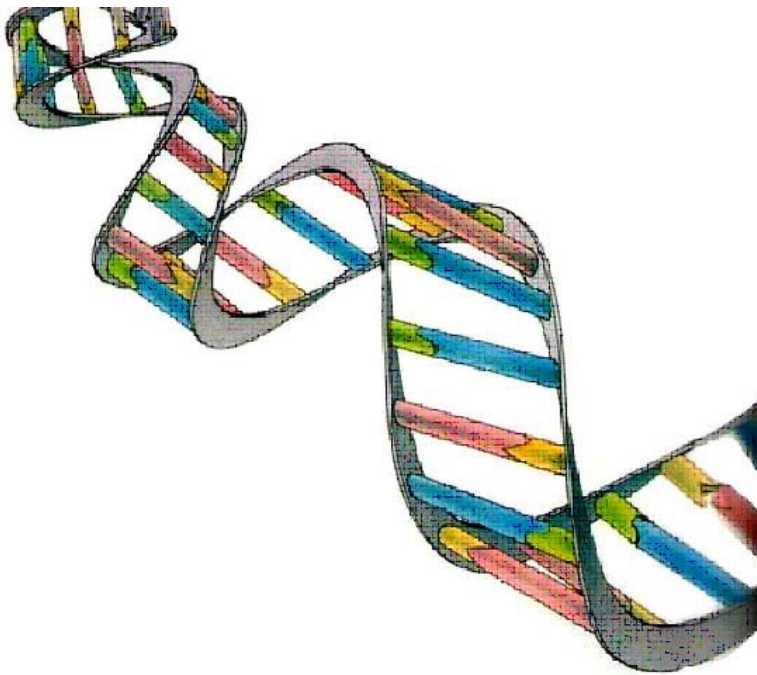


ცოტნე სამადაშვილი, პეტრე ნასყიდაშვილი,
ხათუნა დობორჯგინიძე

გ ე ნ ე ტ ი კ ა
ციტოლოგიის საფუძვლებით



თბილისი
2010

განხილული და მოწონებულია გამოსაცემად
აგრონომიული ფაკულტეტის აგროტექნოლოგიის
დეპარტამენტის ხსდომაზე ოქმი №8, 17 ნოემბერი, 2009.

სახელმძღვანელოში განხილულია კლასიკური გენეტიკის ძირითადი სა-
კითხები. რომელთა ათვისება ლაბორატორიულ-პრაქტიკულ მეცადინეობებზე
სტუდენტებს ხელს შეუწყობს მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის კანონზომ-
იერების შესწავლასა და დაუფლებაში, და სელექციური პროცესების მართ-
ვაში.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია აგრონომიული და სატყეო-სამეურნეო
სპეციალობის ბაკალავრიატის სტუდენტებისათვის ლაბორატორიული და
პრაქტიკულ სემინარული მეცადინეობებისთვის

რეცენზენტი: პროფ. ვანო ზედგინიძე
ას.პროფ. ელენე მალლაკელიძე
რედაქტორი: სრ.პროფ.რ.ძიძიშვილი

ISBN-978-9941-411-09-0

საქართველოს ილია ჭავჭავაძის სახელობის საერთაშორისო სამეცნიერო-კულტურულ-
საგანმანათლებლო კავშირი „საზოგადოება ცოდნა“

შესავალი

გენეტიკა თანამედროვე ბიოლოგიის ერთ-ერთი წამყვანი დარგია, რომელსაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში მომუშავე სპეციალისტებისათვის. სტუდენტი კარგად უნდა ერკვეოდეს თანამედროვე გენეტიკის ძირითად კანონზომიერებებში მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის შესახებ. ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილობის, მუტაციური ცვალებადობის თეორიის, პოლიპლოიდიის მოვლენის, ჰეტეროზისის თეორიის და სხვა საკითხების დამუშავების შემდეგ გენეტიკა სელექციამეთესლეობის თეორიული საფუძველი გახდა, რამაც ხელი შეუწყო გენეტიკის შესწავლისადმი სპეციალისტთა ინტერესის ზრდას.

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის გენეტიკისა და სელექციამეთესლეობის მიმართულებაზე საგან – “გენეტიკის” შესწავლის ოპტიმიზაციისათვის ძირითადი საკითხების ირგვლივ შემუშავდა დაპროგრამირებული სწავლების სასწავლო-მაკონტროლებელი მეთოდი, რომელიც სტუდენტს საშუალებას აძლევს დამოუკიდებლად იმუშაოს გენეტიკის კანონზომიერებათათვისებაზე და ჩამოუყალიბდეს მეცნიერული კვლევის უნარ-ჩვევები.

გენეტიკის საგანი, ამოცანები და კვლევის მეთოდები

გენეტიკა არის ბიოლოგიური ციკლის მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის მემკვიდრეობის და ცვალებადობის, როგორც ორ ერთმანეთის საწინააღმდეგო, მაგრამ ამავე დროს ურთიერთშორის მჭიდროდ დაკავშირებულ პროცესს, რომელიც უზრუნველყოფს სიცოცხლის უწყვეტობას დედამიწაზე.

მემკვიდრეობაში ჩვეულებრივ იგულისხმება მშობლების თვისება – გადასცენ თავიანთი ნიშნები, თვისებები და განვითარების სპეციფიკური თავისებურებანი შვილეულ თაობას. მცენარეთა თითოეული სახეობა თაობათა მანძილზე ინარჩუნებს მისთვის დამახასიათებელ ნიშნებს, თვისებებს და განვითარების სპეციფიკურ თავისებურებებს; მემკვიდრეობა დაკავშირებულია გამრავლების პროცესთან, ხოლო გამრავლება – უჯრედის გაყოფასთან და მისი სტრუქტურისა და ფუნქციის კვლავწარმოებასთან. ოდესღაც წარმოქმნილი ცოცხალი მატერიის მეორე თაობა მსგავსია პირველი თაობისა.

ორგანიზმების გამრავლებისას ხშირად წარმოიქმნება მეტად მსგავსი ნიშნები და თვისებები: შვილები განსაცვიფრებლად მსგავსია მშობლებისა, მაგრამ მათ შორის აბსოლუტურ მსგავსებას არა აქვს ადგილი, ისინი ერთმანეთისაგან ამა თუ იმ ნიშნით მაინც განსხვავდებიან. ამრიგად, მემკვიდრეობა არ არის უბრალო გადაღება ამა თუ იმ შეუცვლელი ნიშნებისა და თვისებების წარმოქმნისა, არამედ მას ყოველთვის თან სდევს ცვალებადობა. ორგანიზმების გამრავლებისას ამა თუ იმ ნიშნის შენარჩუნების პარალელურად იცვლება მეორე ნიშანი, წარმოიქმნება არა მარტო მსგავსი, არამედ ახალიც.

სქესობრივი გამრავლების დროს მემკვიდრული გადაცემა ხორციელდება სასქესო უჯრედების მეშვეობით. ვეგეტატიური გამრავლების დროს მემკვიდრეობა უზრუნველყოფილია სომატური უჯრედების გაყოფით. თითოეული ორგანიზმის ინდივიდუალური განვითარების გეგმა განსაზღვრულია აგრეთვე მისი მემკვიდრეობით.

მცენარეებში და ცხოველებში მემკვიდრეობის და ცვალებადობის მოვლენა ადამიანთა ყურადღებას იპყრობდა უხსოვარი დროიდან, მრავალი საუკუნის განმავლობაში ადამიანები ცდილობდნენ გაეგოთ და აეხსნათ ცოცხალი ბუნების ეს განსაცვიფრებელი მოვლენა, რისთვისაც წამოყენებული იყო მრავალი ჰიპოთეზა; მაგრამ ამ საქმეში გადამწყვეტი ნაბიჯი გადადგა ჩეხმა მეცნიერმა გრეგორ მენდელმა.

მემკვიდრეობის მატერიალურ საფუძველს წარმოადგენს უჯრედის ყველა ელემენტი, რომელსაც აქვს რეპროდუქციის და გაყოფის დროს შვილეულ უჯრედებში გადანაწილების უნარი. დადგინდა, რომ მემკვიდრეობაში განსაკუთრებულად მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ უჯრედის ბირთვის სპეციფიკური სტრუქტურული კომპონენტები – ქრომოსომები. ქრომოსომები მემკვიდრეობის ძირითადი მატარებელია და უზრუნველყოფს თაობათა მანძილზე ნიშან-თვისებათა მემკვიდრეობით გადაცემას. მოლეკულარული გენეტიკის განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ზუსტად განგვესაზღვრა დნმ-ის როლი მემკვიდრეობაში და დღეისათვის უკვე ცნობილია, რომ მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებელია არა ქრომოსომა, არამედ დეზოქსირიბონუკლეინის მუკა.

ბიოლოგიური მეცნიერების, კერძოდ გენეტიკის განვითარების საქმეში უდიდეს მიღწევას წარმოადგენდა მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორიის შექმნა; რომლის თანახმად სამემკვიდრეო ერთეულები – გენები იმყოფება ქრომოსომებში და განაწილდება თაობებში უჯრედის გაყოფის დროს ქრომოსომების გადანაწილების შესატყვისად. შემდგომში დადგინდა იქნა, უჯრედის ციტოპლაზმური კომპონენტების როლი სხვადასხვა ნიშნის და თვისების მემკვიდრეობით გადაცემის საქმეში.

მაშასადამე, მემკვიდრეობა უზრუნველყოფს მატერიალურ და ფუნქციონალურ მემკვიდრეობას თაობათა მანძილზე. ცვალებადობა მდგომარეობს სამემკვიდრეო ჩანასახების გენების შეცვლაში და მათ გამოვლენაში ორგანიზმთა განვითარების პროცესში.

ცვალებადობა შეიძლება მოხდეს ერთი ან რამდენიმე გენის შეცვლის საფუძველზე, გარემოს ზემოქმედების შედეგად, რომელთაც მუტაციები ეწოდება. ასეთ ცვალებადობას აქვს ნახტომისებრი თვისებრივი ხასიათი. მაგალითად, ფხიანი ხორბლის შეცვლა უფხო ფორმით, მაღალღეროიანი ხორბლის შეცვლა მოკლეღეროიანით და სხვ.

ცვალებადობა შეიძლება გამოწვეული იქნეს სხვადასხვა გენის შეერთებით, რომელთა ახალი კომბინაცია იწვევს ორგანიზმის გარკვეული ნიშნის და თვისების შეცვლას. ცვალებადობის ასეთ ტიპს კომბინირებული მემკვიდრეობითი ცვალებადობა ეწოდება. მაგალითად, შეჯვარებისას მშობლებისაგან განსხვავებული ახალი ფორმების მიღება (ტრანსგრესია).

ამრიგად, როგორც სქესობრივი, ასევე უსქესო გამრავლების დროს მემკვიდრეობა განსაზღვრავს არა მარტო მშობლიურ და შვილეულ შთამომავალთა შორის მსგავსებას, არამედ მათ შორის განსხვავებასაც, რომელიც მემკვიდრეობითია.

გენეტიკის მთავარ ამოცანას შეადგენს დაამუშაოს მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის მეთოდები – მცენარეთა, ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა ადამიანისათვის სასურველი ფორმების მისაღებად და ორგანიზმების ინდივიდუალური განვითარების მართვისათვის.

გენეტიკას, როგორც ყველა მეცნიერებას, აქვს თავისი კვლევის მეთოდები:

1. ჰიბრიდოლოგიური მეთოდი – შეჯვარების სისტემის გამოყენებით თაობათა აღზრდის მანძილზე, რომელიც ცალკეული ნიშნებისა და თვისებების მემკვიდრეობის შესწავლისა და აგრეთვე მემკვიდრული ცვლილებების აღმოჩენის საშუალებას იძლევა. ჰიბრიდოლოგიური ანალიზი, მენდელის შემდეგ შეივსო რიგი სპეციფიკური მეთოდებითა და ხერხებით, რომელიც გაერთიანდა გენეტიკური ანალიზის მეთოდში და წარმოადგენს გენეტიკის ძირითად და სპეციფიკურ მეთოდს;
2. ციტოლოგიური მეთოდი – შეისწავლის ორგანიზმების გამრავლების და მემკვიდრეობის ინფორმაციის გადაცემასთან დაკავშირებულ, განსაკუთრებით კი, ქრომოსომების და სხვა სუბმიკროსკოპული უჯრედის სტრუქტურას. თანამედროვე ციტოლოგიაში ფართოდ გამოიყენება ციტოდა ბიოქიმიური, ბიოფიზიკური და ფიზიოლოგიური მეთოდები უჯრედის დისკრეტული ელემენტების შესწავლის საქმეში. ამ მეთოდების საფუძველზე ჩამოყალიბდა მეცნიერება – ციტოგენეტიკა;
3. ონტოგენეტიკური მეთოდი – ამ მეთოდით შეისწავლება გენის მოქმედება და მისი გამოვლენა ორგანიზმის ინდივიდუალური განვითარების დროს, ე.ი. ონტოგენეზში; სადაც ფართოდ გამოიყენება ტრანსპლანტაცია – გადანერგვა, ბირთვის გადატანა ერთი უჯრედიდან მეორეში და სხვ.;
4. სტატისტიკური მეთოდი. ამ მეთოდით შეისწავლება მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის სტატისტიკური კანონზომიერებანი.

მემკვიდრეობის ციტოლოგიური საფუძვლები. ორგანიზმების უჯრედული აგებულება

დედამიწაზე არსებული ყველა ცოცხალი ორგანიზმი შედგება უჯრედებისაგან. უჯრედთანაა დაკავშირებული ორგანიზმების მნიშვნელოვანი ცხოველქმედების გამოვლენა: ზრდა და გამრავლება, ნივთიერებათა შთანთქმა და გამოყოფა, სუნთქვა და გაღიზიანება. მწვანეფოთლიანი მცენარეული უჯრედები ფოტოსინთეზის პროცესში ჰაერიდან შთანთქავენ ნახშირორჟანგს და მზის სხივურ ენერჯიას გარდაქმნიან სინთეზირებული ორგანული ნივთიერების ქიმიური ბმების ენერჯიად. უჯრედისათვის დამახასიათებელია ცოცხალი მატერიის ყველა თვისება და, ამიტომ მას უწოდებენ ცოცხალი ორგანიზმის სტრუქტურისა და ფუნქციის ძირითად ერთეულს. მეცნიერებას უჯრედის შესახებ ციტოლოგია (citos – უჯრედი, logos – მეცნიერება) ეწოდება.

არსებობს უჯრედული ორგანიზაციის ორი ძირითადი ტიპი: პროკარიოტული და ეუკარიოტული. ისინი განსხვავდებიან თავისი სტრუქტურით.

პროკარიოტებისათვის არ არის დამახასიათებელი ბირთვის მემბრანა და არ გააჩნია მკვეთრად შემოსაზღვრული ორგანოიდები. გენეტიკური ინფორმაცია მთავსებულია ერთადერთ ქრომოსომაში, რომელიც უშუალოდ ჩართულია ციტოპლაზმაში. ასეთი უჯრედებით ხასიათდება ბაქტერიები, ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები.

ეუკარიოტებს აქვთ მკვეთრად შემოსაზღვრული: ბირთვი, ბირთვაკი, მიტოქონდრიები, ქლოროპლასტები და სხვა ორგანოიდები. ეუკარიოტები აღჭურვილია ენერჯიის გარდაქმნელი მთელი რიგი რთული სისტემებით და სრულყოფილი მიტოზური აპარატით. ეუკარიოტებს მიეკუთვნება: ცხოველები, მცენარეები, სოკოები და წყალმცენარეები (გარდა ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებისა).

ფორმა და სიდიდე. მცენარეული უჯრედები ფორმებით მრავალფეროვანია, რაც დამოკიდებულია ორგანიზმში მათ ფუნქციასა და ადგილმდებარეობაზე. თავისუფალი უჯრედები მომრგვალო ან ოვალური ფორმისაა. სხვადასხვა ქსოვილში ისინი შეიძლება იყოს წაგრძელებული, წაწვეტებული, სამკუთხედისებური და სხვ.

უჯრედები ზომითაც მრავალფეროვანია. მათი დიამეტრი მერყეობს რამდენიმე მიკრონიდან რამდენიმე სანტიმეტრამდე. ფარულთესლოვანებში უჯრედის სიგრძე მერყეობს 100-დან 1000 მლმკ-მდე. მაგალითად, კარტოფილის გორგლის პარენქიმული უჯრედები შეიძლება იყოს 1მმ და მეტიც, ბამბის – 65 მმ-მდე.

უჯრედი ძირითადად შედგება ორი ნაწილისაგან – ციტოპლაზმისა და ბირთვისაგან, რომელიც შემოფარგლულია გარსით.

უჯრედის გარსი. უჯრედის ციტოპლაზმა შემოსაზღვრულია მკვრივი გარსით. გარსი მრავალ მნიშვნელოვან ბიოლოგიურ ფუნქციას ასრულებს. იგი არეგულირებს მუდმივ ნივთიერებათა ცვლას უჯრედსა და გარემოს შორის, ასევე სხვადასხვა უჯრედებს შორის. რომელიც საფუძვლად უდევს მემბრანის შეღწევადობის თავისებურებას, რომელიც ხორციელდება წვრილი ფორების მეშვეობით. გარსი მონაწილეობს უჯრედის კვებაში, რომელიც ხორციელდება მემბრანის მოძრაობით, გარსი იცავს უჯრედს მექანიკური დაზიანებისაგან, გამოყოფს მათ გარემოსაგან და დაზიანების შემთხვევაში აქვს ადვილად და სწრაფად აღდგენის უნარი.

უჯრედის გარსი ყალიბდება ონტოგენეზის პროცესში ციტოპლაზმისაგან, სხვადასხვა ეტაპზე მიმდინარე ქიმიური და ბიოქიმიური პროცესების შედეგად. ახლად წარმოქმნილი გარსი წარმოადგენს ელასტიურ მემბრანას, რომელიც ხასიათდება გაჭიმვის უნარით. იგი სამშრიანი აგებულებისაა. შუა შრე შედგება უჯრედშორისი ნივთიერებისაგან, რაც მის ორივე მხარეზე განლაგებულ ორ დანარჩენ შრეს ამაგრებს. მცენარეულ გარსში შედის ციტოპლაზმის ნივთიერებები: ცილები, ნუკლეინის მჟავები, ლიპიდები და ცელულოზის, ჰემიცელულოზის და პექტინური ტიპის ნახშირწყლები.

უჯრედის გარსის ნაზ ადგილებში გადის პლაზმოდესმული არხები, რომლითაც ხორციელდება კავშირი მეზობელ უჯრედებს შორის.

უჯრედის ქიმიური ორგანიზაცია

ევოლუციის პროცესში ყველა სახის უჯრედი აღმოცენდა რომელიც შედარებით ერთგვაროვანი სისტემის დიფერენცირების შედეგად. ყველა უჯრედი ქიმიური შედგენილობით ჰგავს ერთმანეთს. მცენარეებისა და ცხოველების უჯრედები შეიცავენ სხვადასხვაგვარ, მაგრამ ერთმანეთის მსგავს, რაოდენობრივად თითქმის ერთნაირ ნივთიერებებს. უჯრედის ელემენტარულ შემადგენლობაში აღმოჩენილია 65-ზე მეტი ელემენტი. ცოცხალი ბუნებისათვის დამახასიათებელი რაიმე სპეციალური ელემენტი აღმოჩენილი არ არის. ეს კი ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნების ურთიერთკავშირსა და ერთიანობას მიგვანიშნებს. რაოდენობრივი შედგენილობის მიხედვით უჯრედში შემავალი ელემენტები შეიძლება დავეყოთ სამ ჯგუფად: 1. ჟანგბადი, ნახშირბადი, აზოტი და წყალბადი—ელემენტები, რომელთა რაოდენობა განსაკუთრებით დიდია. მათ წილად მოდის მთელი ქიმიური შემადგენლობის 98%. 2. კალიუმი, მაგნიუმი, ნატრიუმი, კალციუმი, რკინა, გოგირდი. ფოსფორი და ქლორი—რომელთა შემადგენლობა პროცენტის მეათასედი ან მეასედი ნაწი-

ლია. საერთო ჯამში უჯრედის შემადგენლობის 1,9%-ია. მათ მაკროელემენტებს უწოდებენ; 3. დანარჩენი ელემენტები 0,01%-ზე ნაკლებია და მათ მიკროელემენტები ეწოდებათ (ცხრილი 1).

**ქიმიურ ელემენტთა შემადგენლობა უჯრედში
(პროცენტები ნედლ წონაში)**

ცხრილი
1

ჟანგბადი – 65-75	მანგანუმი – 0,02-0,03
ნახშირბადი – 15-18	ნატრიუმი – 0,02-0,03
წყალბადი – 8-10	კალციუმი – 0,04-2,0
აზოტი – 1,5-3,0	რკინა – 0,01 – 0,015
კალიუმი – 0,15-0,4	ცინკი – 0,0003
გოგირდი – 0,15-0,2	სპილენძი – 0,0002
ფოსფორი – 0,20-1,00	იოდი – 0,0001
ქლორი – 0,05-1,0	ფტორი – 0,0001

ორგანიზმებისა და არაორგანული სამყაროს ობიექტების ქიმიურ შემადგენლობას შორის მნიშვნელოვანი განსხვავებაა, რაც მოლეკულარულ დონეზე ვლინდება. უჯრედში შემავალი ყველა ნაერთი არ არის დამახასიათებელი ცოცხალი ბუნებისათვის. ისეთი ნივთიერებები, როგორცაა წყალი და მარილები, გავრცელებულია ცოცხალის გარეშეც, მაგრამ ორგანიზმებში და მათი ცხოველმოქმედების პროდუქტებში უკვე კარგა ხანია აღმოჩენილია ისეთი ნახშირბად-შემცველი ნაერთების საკმაოდ დიდი რიცხვი, რომლებიც მხოლოდ ორგანული სამყაროსათვის არის დამახასიათებელი, რის გამოც მათ ორგანული ნაერთები ეწოდება (ცხრილი 2).

**ქიმიური ნაერთების შემადგენლობა უჯრედში
(პროცენტები ნედლ წონაში)**

ცხრილი 2

წყალი – 75-85
ცილები – 10-20
ცხიმები – 1-5
ნახშირწყლები – 0,2-2,0
არაორგანული ნივთიერებები – 1,0-1,5

წყალი. უჯრედის ნივთიერებათა შორის რაოდენობრივად პირველ ადგილზეა წყალი, თუმცა მისი შემცველობა სხვადასხვანაირია. უმეტეს შემთხვევაში წყალი მთელი უჯრედის მასის 2/3-ს შეადგენს.

უჯრედში წყლის დიდი შემცველობა მისი ნორმალური მოქმედების აუცილებელი პირობაა. რაც უფრო ინტენსიურია უჯრედის ნივთიერებათა ცვლა, მით მეტია მასში წყლის შემცველობა. დიდი რაოდენობით წყლის დაკარგვისას უჯრედი სასიცოცხლო ყველა თვისებას კარგავს და გადადის ანაბიოზურ მდგომარეობაში.

წყალი განსაზღვრავს უჯრედის ფიზიკურ თვისებებს, მათ რაოდენობასა და პლასტიკურობას. წყალი გამსხნელია. უჯრედში ნივთიერებები წყალხსნარის სახით შედის და გადაამუშავებული უჯრედიდან წყალხსნარის სახითვე გამოიყოფა. წყალი მონაწილეობს ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების და სხვა ნივთიერებების დაშლაში. ასეთ რეაქციებს ჰიდროლიზური ეწოდება. წყალი დიდ როლს ასრულებს უჯრედში სითბოს განაწილებასა და გადაცემაში. წყალში ხსნად ნივთიერებებს ჰიდროფილური ნივთიერებები ეწოდება, ხოლო ნივთიერებებს, რომლებიც არ იხსნება წყალში—ჰიდროფობული.

არაორგანული ნივთიერებები ორგანული ნაერთების ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია. ნახშირბადი, წყალბადი, ჟანგბადი და აზოტი შედის ცილების, ნახშირწყლების და ცხიმების შემადგენლობაში. გოგირდი შედის მრავალი ცილის შემადგენლობაში, ფოსფორი — ნუკლეინის მჟავების და ატფის შემადგენლობაში, მანგანუმს შეიცავს ქლოროფილი, კობალტი აღმოჩენილია ვიტამინ B₁₂ —შიც. ნაწილი ელემენტებისა იმყოფება არაორგანული ნივთიერებების, ძირითადად მარილების სახით. კათიონებიდან მნიშვნელოვანია: K⁺, Na⁺, Ga²⁺, Mg²⁺, ანიონებიდან — HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻, Cl⁻, და HCO₃⁻.

ცილები. უჯრედის მშრალი ნივთიერებებიდან რაოდენობრივად და მნიშვნელობით პირველ ადგილზეა ცილები. ცილებს სხვანაირად პროტეინებს უწოდებენ. ცილებს ახასიათებს ძალიან დიდი მოლეკულური მასა. მის შენებაში ათასი ატომი მონაწილეობს.

ორგანულ ნაერთთა შორის ცილები ყველაზე რთული ნაერთია. ცილები ეკუთვნის იმ ნაერთთა ჯგუფს, რომლებსაც პოლიმერები ეწოდება და იგი შედგება ერთიდაიგივე შედარებით მარტივი სტრუქტურის, ე.წ. მონომერებისაგან. მონომერებია ამინომჟავები. ამინომჟავები შეკრებილია NH-CO—ბმით, რომელსაც პეპტიდური ბმა ეწოდება. ამინომჟავათა რაოდენობა დადგენილია და იგი 20 სახეობისაა. ცილის სტრუქტურის დასადგენად საჭიროა ვიცოდეთ თუ რომელი ამინომჟავა შედის მის შემადგენლობაში.

ყოველ ცილას ახასიათებს დაგრეხვის განსაზღვრული, მოწესრიგებული და მუდმივი ხერხი. ამ დროს ჩამოყალიბებული სტრუქტურა დამოკიდებულია პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ხასიათზე, ე.ი. მის ამინომჟავურ შედგენილობაზე და ამინომჟავათა განლაგების თანმიმდევრობაზე. ცილის ყველაზე მარტივი სტრუქტურაა თვით პოლიპეპტიდური ჯაჭვი, როცა პეპტიდური ბმები შეკრებილია ამინომჟავური რგოლების ჯაჭვით. მას პირველადი სტრუქტურა ეწოდება. უფრო მაღალი საფეხურია მეორეული სტრუქტურა, სადაც ცილოვანი ძაფი დახვეულია სპირალის მსგავსად. ამ დროს ერთი სპირალის CO ჯგუფსა და მეორე სპირალის NH ჯგუფს შორის წარმოიქმნება წყალბადური ბმები. ცილის მეორადი სტრუქტურა განიცდის შემდგომ აწყობას. ცილა რთულად, მაგრამ თითოეული სახის ცილისათვის სრულიად განსაზღვრული და ზუსტი სპეციფიკურობით განიცდის სპირალის დახვევას და წარმოქმნის ცილის რთულ კონფიგურაციას, რომელსაც ცილის მესამეული სტრუქტურა ეწოდება. მესამეული სტრუქტურის წარმოქმნელი ბმები წყალბადურ ბმებზე სუსტია და ქმნის ე.წ. ვანდერვალსის ან ჰიდროფობულ ბმებს.

მესამეული სტრუქტურის განმტკიცებაში განსაკუთრებულ როლს ასრულებს კოვალენტური S-S ბმები. მესამეული სტრუქტურაც არ არის საბოლოო. უჯრედის ბირთვში ცილის მოლეკულები დაკავშირებულია ნუკლეინის მჟავათა კიდევ უფრო დიდ მოლეკულასთან და მათგან წარმოქმნილ კომპლექსებს ნუკლეოტიდები ეწოდება. ისეთ წარმონაქმნებს, სადაც ცილა

ჩამოყალიბებული მესამეული სტრუქტურით არის წარმოდგენილი, მეოთხეულ სტრუქტურებს უწოდებენ.

როგორც უკვე ავლინებთ, ცილის მაკრომოლეკულის სტრუქტურას აკავებს სუსტი ბმები. რაც მაღალია ცილის ორგანიზაციის დონე, მით უფრო სუსტია მისი ბმები. გარემო ფაქტორების (ტემპერატურა, მარილიანობა, ქიმიური ნაერთები) გავლენით მაკრომოლეკულების ბმები წყდება და იცვლება ცილის თვისებები. ამ პროცესს დენატურაცია ეწოდება. რის გამოც ადგილი აქვს ცილის სტრუქტურის დრმა ცვლილებებს და შიდაუჯრედული ცილის კონფიგურაციას.

ცილას უჯრედისათვის დიდი სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს. უჯრედში მიმდინარე ქიმიურ რეაქციათა უმეტესობა ნელა მიმდინარეობს. რეაქციათა სიჩქარე დამოკიდებულია კატალიზატორების არსებობასთან. სწორედ პირველ ადგილზეა ცილის ბიოკატალიზური ფუნქცია. აქ ძალიან მნიშვნელოვანია ფერმენტების კატალიზური აქტივობა. ამიტომ ცილა ფერმენტულ ფუნქციასაც ასრულებს. დიდი მნიშვნელობა აქვს ცილის სასიგნალო ფუნქციას. ცილა ახორციელებს უჯრედის შიდა და გარე გარემოდან მოსული სიგნალების მიღებას. უჯრედის ცილების უნარი სხვადასხვა ფიზიკური და ქიმიური ფაქტორების ზეგავლენით განიცადოს სტრუქტურის უკუქცევადი ცვლილებები, საფუძვლად უდევს ცოცხალი სისტემის ისეთ მნიშვნელოვან თვისებას, როგორცაა მისი გაღიზიანებადობა. უჯრედის ყველა სახის მამოძრავებელი რეაქცია განსაკუთრებული კუმშვადი ცილების მონაწილეობით ხდება. რეაქციაში ატფ-ის დაშლის დროს განთავისუფლებული ენერგია პირდაპირ მექანიკურ მუშაობაში გადადის. ამიტომ ცილის ფუნქციაა კუმშვადობა. მთელ სხეულში ნივთიერებათა გადატანა ხორციელდება ამიდური ბუნების ნივთიერებებით. ცილების ამ ფუნქციას სატრანსპორტო ფუნქცია ეწოდება. ორგანიზმში უცხო სხეულების ან უჯრედების შეყვანის დროს გამომუშავდება განსაკუთრებული ცილები, რომლებსაც ანტისხეულები ეწოდება. ისინი თრგუნავენ და უვნებელყოფენ უცხო სხეულებს, რაც დამცველობითი ფუნქციით არის გამოწვეული.

ცილა არის ყველაზე მნიშვნელოვანი ძირითადი მასალა, რომლისგანაც შენდება უჯრედები და მათი სტრუქტურული წარმონაქმნები. ცილისგანაა აგებული უჯრედის გარე გარსი და ყველა შიდაუჯრედული მემბრანები. ცილები ასრულებს სამშენებლო (სტრუქტურულ) ფუნქციასაც.

ნახშირწყლები. ისინი შედის ყველა უჯრედის შემადგენლობაში. მცენარის ყველა ნაწილში: ფოთოლში, თესლში, ბოლქვში. ქიმიური ორგანიზაციის მიხედვით ნახშირწყლები იყოფა მარტივ და რთულ ნახშირწყლებად. რთული ნახშირწყლები პოლიმერებია, რომლის მონომერები მარტივი ნახშირწყლებია. მარტივი ნახშირწყლებია: გლუკოზა, ფრუქტოზა, რიბოზა და დეზოქსირიბოზა. რთული ნახშირწყლებია: სახამებელი, გლიკოგენი, ცელულოზა.

ნახშირწყლები ენერგიის წყაროა, რომელიც აუცილებელია უჯრედის აქტივობისათვის. მოძრაობა, სეკრეცია, ბიოსინთეზის რეაქციები და სხვ. საჭიროებს ენერგიის ხარჯვას, რომელსაც ღებულობს ნახშირწყლების დაშლისა და დაჟანგვის შედეგად. გარდა ენერგეტიკული ფუნქციისა, ნახშირწყლები ასრულებენ საამშენებლო ფუნქციასაც, რომლისგანაც შედგება მცენარის უჯრედის კედლები და მერქანი.

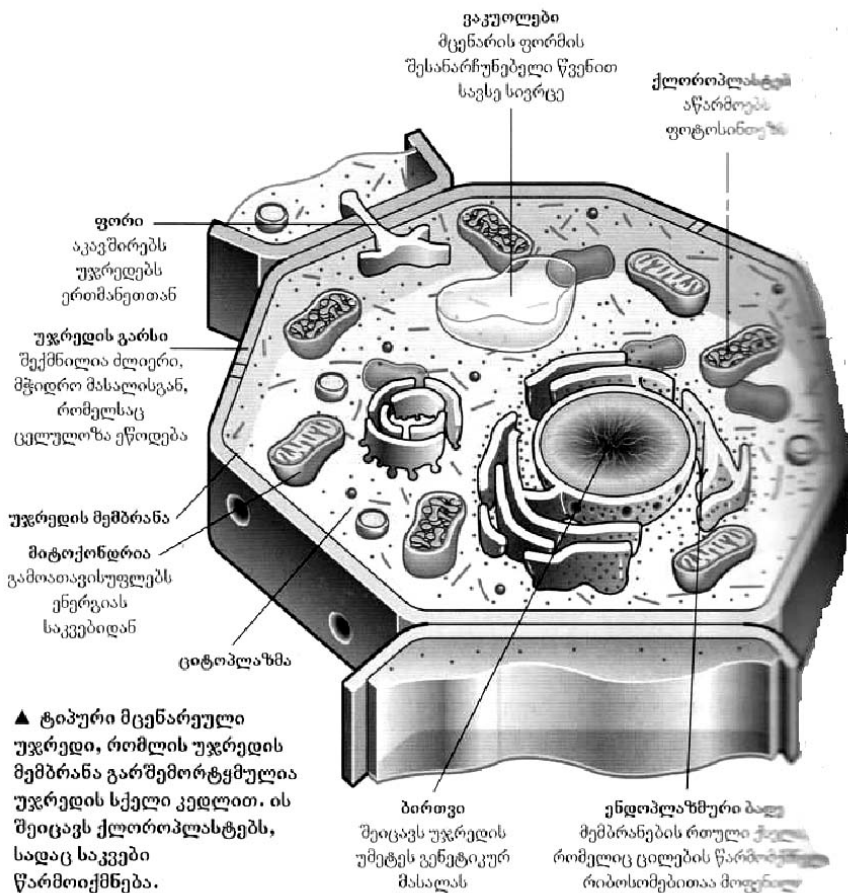
ცხიმები და ლიპოიდები. მცენარეულ უჯრედებში ცხიმების შემცველობა დიდი არ არის. ცხიმის დამახასიათებელი თვისებებია წყალში უხსნადობა. ქიმიურად ცხიმები სამ ატომიანი სპირტის, გლიცერინის და მაღალმოლეკულური ცხიმოვანი მჟავების რთული ეთერებია. ცხიმების

გარდა უჯრედში გვხვდება ცხიმების მსგავსი ნივთიერებები, რომელსაც ლიპიდებს უწოდებენ. ისინი გვხვდებიან არათავისუფალ მდგომარეობაში ცილებთან ნაერთში. ლიპიდების და ცილების ასეთ კომპლექსს ლიპოპროტეიდები ეწოდება.

ცხიმები ასრულებენ ენერგეტიკულ ფუნქციას. ცხიმებისა და ლიპიდების ძალიან თხელი გარე შრე შედის უჯრედული მემბრანის შედგენილობაში, რითაც იქმნება გარემოსთან უჯრედის შიგთავსის ან მისი ცალკეული ნაწილების შერევის დაბრკოლება, ამიტომ მათ დამცველობითი ფუნქციაც აქვთ.

უჯრედის ცალკეული სტრუქტურის როლი

ციტოპლაზმა. ახალგაზრდა მცენარის უჯრედში დიდი ნაწილი უკავია ციტოპლაზმას. უმარტივესი მიკროორგანიზმების ციტოპლაზმასა და უმაღლეს მცენარეთა ციტოპლაზმას შორის არსებობს ზოგიერთი მსგავსება. მათში გვხვდება ერთი და იგივე კომპონენტები (სურ.1).



▲ ტიპური მცენარეული უჯრედი, რომლის უჯრედის მემბრანა გარშემოტყვმილია უჯრედის სქელი კედლით. ის შეიცავს ქლოროპლასტებს, სადაც საკვები წარმოიქმნება.

სურათი 1. მცენარეული უჯრედის სტრუქტურული აგებულება

ევოლუციის პროცესში უჯრედში წარმოიქმნა უჯრედშიდა მემბრანები და აგრეთვე უჯრედული ორგანოები, მაგალითად, მიტოქონდრიები, პლას-

ტიდები და ცენტრიოლები, რომლებიც ციტოპლაზმის დიდ ნაწილს შეადგენენ. ზოგიერთი მცენარის და ცხოველის ემბრიონალური უჯრედის ციტოპლაზმა გამოირჩევა უჯრედშიდა მემბრანის სუსტი განვითარებით, ის თითქმის შედგება ციტოპლაზმური მატრიქსისა და რიბოსომისაგან.

ციტოპლაზმური მატრიქსის კომპონენტების მონაწილეობით, რომელიც შეიცავს ენერჯის წარმოქმნისათვის აუცილებელ ფერმენტებს, უჯრედში ხორციელდება ბიოსინთეზის პროცესი, რომელთანაც დაკავშირებულია ცოცხალი უჯრედის კოლოიდური თვისება, ციტოპლაზმის მოძრაობა, თითისტარას წარმოქმნა და უჯრედის დაყოფა.

ამრიგად, ციტოპლაზმური მატრიქსი უჯრედის ერთ-ერთი მთავარი ნაწილია და მისი ძირითადი შინაგანი გარემოა.

ციტოპლაზმის ფიზიკო-ქიმიური თავისებურებები განისაზღვრება მისი კოლოიდური თვისებით. ციტოპლაზმის კოლოიდურ თვისებას განაპირობებს მასში მრავალი ნაწილაკის არსებობა, რომელთა ჯამი ქმნის კოლოსალურ საერთო ზედაპირს და უკავშირდება გარემოს და მასთან ურთიერთქმედების შედეგად უზრუნველყოფს სხვადასხვაგვარი ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების მიმდინარეობას.

ციტოპლაზმის შესწავლა შეიძლება როგორც ცოცხალ, ასევე ფიქსირებულ უჯრედში. ცოცხალი ციტოპლაზმის შესწავლით-ის ელასტიური, ნახევრად გამჭვირვალე უფერო ნივთიერებაა და აქვს ბლანტი კონსისტენცია. ციტოპლაზმის რამდენიმე კომპაქტური ნაწილი მატრიქსია, მაშინ როცა მემბრანულ სისტემას აქვს მკვრივი სტრუქტურა. მოცულობითი წონა ცვალებადობს 1,025-დან 1,055-მდე. იშვიათად გვხვდება უფრო პატარაც (1,010), ან შედარებით უფრო დიდიც (1,060).

ციტოპლაზმის ქიმიური შედგენილობა მეტად რთულია, ის შედგება მრავალ ნივთიერებათა ნაერთისაგან, ამათგან კი მეტად მნიშვნელოვანი კომპონენტებია მარტივი და რთული ცილები, რიბონუკლეინის მუავა (რნმ), ნახშირწყლები და ლიპიდები (ცხიმისმაგვარი ნივთიერება). მარტივი ცილებიდან ციტოპლაზმაში შედის ჰისტონი, პროტამინი, ალბუმინი, გლობულინი, რთული ცილები წარმოდგენილია მარტივი ცილების შენაერთების სახით - ლიპოიდებთან, ნახშირწყლებთან, ნუკლეინის მუავებთან (ლიპოპროტეიდი, გლუპოპროტეიდი, ნუკლეოპროტეიდი).

უჯრედის ფრაქცირების შემდეგ ბირთვის, მიტოქონდრიების და მიკროსომების თანმიმდევრული გამოყოფისას რჩება ხსნადი ფრაქცია, რომელიც შედგება ციტოპლაზმური მატრიქსის ხსნადი ცილებისა და ფერმენტებისაგან. ხსნად ფერმენტებს შორის, უმთავრესს წარმოადგენენ ფერმენტები, რომლებიც მონაწილეობენ გლიკოლიზის და ამინომუავათა აქტივაციის პროცესში ცილის სინთეზის დროს. ამავე ფრაქციას მიეკუთვნება ფერმენტები, რომლებიც მრავალი რეაქციის კატალიზატორებია და რომლის არსებობა აუცილებელია ატფ-სა და ხსნადი (ტრანსპორტული) რნმ-სათვის.

ელექტრონულ მიკროსკოპში ციტოპლაზმატური მატრიცა ჩანს, როგორც ჰომოგენური და წვრილმარცვლოვანი ნივთიერება, ზოგჯერ მასში შეიძლება შევნიშნოთ უწვრილესი ძაფები (100-ზე ნაკლები), როგორც ციტოპლაზმის სტრუქტურის დამკავებელი. თანამედროვე შეხედულებით ციტოპლაზმური მატრიცას ეს ძაფისებრი კომპონენტები წარმოიქმნება სტრუქტურული ცილების პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან, რომლებიც დაკავშირებულია გარდიგარდმო წყალბადური კავშირებით ვანდერვალსური ძალით ან უფრო მეტად მკვრივი ვალენტური კავშირით. გარდიგარდმო ან სიგრძივი ჯაჭვის ამ კავშირების დარღვევამ და აგრეთვე დაგრეხვის ხარისხმა ანუ აგრეგაციამ შეიძლება ცი-

ტოპლაზმის ამა თუ იმ ნაწილის ზოლიდან გულში ან პირიქით გადასვლა გამოიწვიოს.

ციტოპლაზმაში არაორგანული ნივთიერებებიდან დიდი რაოდენობით გვხვდება წყალი (80-85%), რომელიც დიდ როლს ასრულებს უჯრედის ცხოველყოფელობაში. ციტოპლაზმაში წყალი შეიძლება იყოს თავისუფლად ან წყალბადური კავშირებით დაკავშირებული – პოლარული ცილების მოლეკულებთან.

არაორგანული ნივთიერებებიდან ციტოპლაზმაში გვხვდება კალციუმი, ფოსფორი, კალიუმი და გოგირდი, რომელთაც დიდი მნიშვნელობა აქვთ. გარდა ფართოდ გავრცელებული ელემენტებისა C, O, H, N, U, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Na, Cl ზოგიერთი ორგანიზმის უჯრედებში გვხვდება: Li, Ba, Cu, Zn, Si, F, Cr, Br, I, Ag. მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი მათგანი ძალიან მცირე რაოდენობითაა აუცილებელი უჯრედის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის, ორგანიზმის ცხოველყოფელობის საქმეში.

ენდოპლაზმური ბადე. ახლა ციტოპლაზმის აგებულება ისწავლება მოლეკულურ დონეზე. ელექტრონული მიკროსკოპის მეშვეობით დამტკიცებული იქნა მანამდე გამოთქმული მოსაზრება – ციტოპლაზმის ბადისებრი სტრუქტურის არსებობის შესახებ. გამოკვლევებით ნათელია, მისი აგებულების სირთულეს გარდა ადრე ცნობილი კომპონენტებისა განაპირობებს შემდეგი: 1. ციტოპლაზმური მატრიცა, ანუ ციტოპლაზმის ძირითადი ნივთიერება; 2. მრავალრიცხოვანი დისკრეტული ნაწილაკები დიამეტრით 100-200 N°; 3. მრავალრიცხოვანი მემბრანული სტრუქტურები უწვრილესი არხების სახით, რომელთაც ნათელი კონტურები აქვთ. მცენარეული და ცხოველური უჯრედის ციტოპლაზმის ამ უნივერსალურ სუბმიკროსკოპულ აგებულებას უწოდებენ ენდოპლაზმურ რეტიკულუმს.

ელექტრონული მიკროსკოპის დახმარებით გამოვლენილი იქნა ციტოპლაზმის შიდა მემბრანის რთული აგებულება, რომელიც ხასიათდება სამფენიანობით. უფრო დეტალური შესწავლით აღმოჩენილი იქნა, რომ მილაკებს აქვთ თავისებური გაფართოება – ცისტერნები, რომლებიც გარდაიქმნებიან უფრო მსხვილ ბუშტულებად, ხოლო შემდეგ შეერწყმიან ვაკუოლებში. ამრიგად, ენდოპლაზმური ბადე წარმოადგენს უჯრედის შიგნითა არხების სისტემას ვაკუოლებით, ცისტერნებით, შემოსახლვრულია ციტოპლაზმური მემბრანით, შეერთებულია ანასტომოზებით და უჯრედის ციტოპლაზმაშია შეჭრილი, ენდოპლაზმური ბადის არე ამოვსებულია სხვადასხვანაირი გამჭვირვალობის ელექტრონმკვრივი მასალით და განსხვავდება მის ირგვლივ მყოფი ციტოპლაზმისაგან.

ციტოპლაზმური მემბრანის ძირითადი თავისებურებაა მასში შეუღწევადობა, რაც განისაზღვრება, ერთი მხრივ – ნორმალური ცხოველყოფელობისათვის ზოგიერთი აუცილებელი ნივთიერების მასში შესვლით და მეორეს მხრივ – უჯრედიდან ამ ცხოველყოფელობის მარეგულირებელი პროდუქტებისა და წყლის გამოყვანით.

თითოეული ტიპის უჯრედს ახასიათებს ენდოპლაზმური ქსელის განსაზღვრული სტრუქტურა.

ენდოპლაზმური მემბრანის ზედაპირზე განლაგებულია რიბონუკლეოტიდური გრანულები – რიბოსომები. ენდოპლაზმური ბადე განხილული უნდა იქნეს, როგორც უჯრედის ერთიანი ცირკულატორული სისტემა, რომლითაც ის ურთიერთკავშირშია: გარსთან, ბირთვთან და ორგანელებთან.

არჩვენ ენდოპლაზმური ბადის ორ ტიპს: გრანულოვანს და გლუვს.

გრანუღირებული ენდოპლაზმური ბადე წარმოადგენს უჯრედის შიგაროთული სისტემის ერთ-ერთ კომპონენტთაგანს, რომელიც მონაწილეობას ღებულობს პროტეოლიტური ფერმენტებისა და ცილების სინთეზში. გლუვი ენდოპლაზმური ბადე მონაწილეობს უჯრედის სხვა მეტაბოლისტურ პროცესებში, მაგალითად: სინთეზში, სეგრეგაციასა და უჯრედში ლიპიდებისა და გლიკოგენის გადაადგილებაში.

ენდოპლაზმური ბადის ფუნქციონალური მნიშვნელობა მრავალმხრივია. მისი მემბრანები გამჭოლია და რამდენიმე უჯრედს ერთ მთლიანობაში აკავშირებს. ენდოპლაზმური ბადე ცალკეული უბნის არსებით დაკავშირებულია ციტოპლაზმური მემბრანის ზედაპირთან. ენდოპლაზმური ბადის არსები მონაწილეობენ უჯრედული ცვლის რეგულაციაში, უჯრედიდან – უჯრედში გაღიზიანების გადაცემაში და ა. შ.

გოლჯის კომპლექსი. 1898 წელს იტალიელმა ციტოლოგმა გოლჯიმ, პირველმა აღმოაჩინა ციტოპლაზმაში ბადისებური სტრუქტურა და უწოდა „უჯრედშიგნითა ბადისებრი აპარატი“, რომელმაც შემდეგში მიიღო „გოლჯის კომპლექსის“ სახელწოდება.

ენდოპლაზმური ბადის მემბრანები აერთიანებენ უჯრედებს ერთმანეთთან ერთიან ფუნქციონალურ სისტემად, გოლჯის კომპლექსი კი ძირითადად წარმოადგენს უჯრედშიგნითა მემბრანის სისტემას. თანამედროვე წარმოდგენით ის ითვლება ვაკუოლური სისტემის დიფერენცირებულ ნაწილად. ცოცხალ უჯრედში ის ძნელად შესამჩნევია, რადგან მისი გარდატეხის მაჩვენებელი ახლოს არის გიალოპლაზმის გარდატეხის მაჩვენებელთან. მხოლოდ ელექტრონული მიკროსკოპის გამოყენებით გახდა შესაძლებელი მისი ნამდვილი სტრუქტურის დადგენა და აღმოჩენილი იქნა მისი სუბმიკროსკოპული აგებულება. მაგრამ გოლჯის კომპლექსის ფუნქცია და ბიოლოგიური თვისებები ჯერ კიდევ არაა დამაკმაყოფილებლად არის შესწავლილი.

გოლჯის კომპლექსი იმყოფება ყველა მცენარისა და ცხოველის უჯრედში.

გოლჯის კომპლექსი მონაწილეობს უჯრედში მიმდინარე ყველა სეკრეტორულ პროცესში. მცენარეულ უჯრედში შეძლეს უჯრედული ტიხრის განვითარების პროცესში გოლჯის კომპლექსის მონაწილეობის შემჩნევა, გოლჯის კომპლექსის ვაკუოლებში აღმოჩენილი იქნა მკვრივი ნივთიერება, რომელიც ხმარდება დაყოფის დროს უჯრედის ტიხრის აგებას.

არის მონაცემები ლიპიდების დაგროვებაში გოლჯის კომპლექსის მონაწილეობის შესახებ. გოლჯის კომპლექსი მემკვიდრული სტრუქტურის დაყოფისას, გადადის დედა უჯრედიდან შვილეულ უჯრედში, იშლება ცალკეულ ელემენტებად და თანაბრად ნაწილდება შვილეულ უჯრედებში. მაგრამ არის აგრეთვე მოსაზრება და ვარაუდი იმის შესახებ, რომ გოლჯის კომპლექსი შეიძლება ჩამოყალიბდეს ენდოპლაზმური ბადის მემბრანებიდან.

გოლჯის კომპლექსისათვის დამახასიათებელია რიბოსომების არ არსებობა ენდოპლაზმური ბადის გრანულოვან მემბრანაზე.

გოლჯის კომპლექსი გამოირჩევა ლიპოპროტეიდური ბუნებით. მასში აღმოჩენილი იქნა ფოსფორლიპიდებისა და ტუტე ფოსფატაზის მაღალი შემცველობა. იგი სრულიად არ შეიცავს ასკორბინის მჟავას, დნმ-ს და ციტოქრომოქსიდაზას.

ლიზოსომები. ლიზოსომები წარმოადგენს წვრილ გრანულებს, შემოფარგლულია მემბრანებით და ამოვსებულია შიგთავსით, რომლის

შედგენილობაში შედის დიდი რაოდენობით ჰიდროლაზა. მისი დამახასიათებელი თვისებაა მკვეთრად გამოსახული მუავე ფოსფატაზას რეაქცია. ლიზოსომური მემბრანა შედგება ჰიდროლიზის მოქმედებისადმი გამძლე ნივთიერებისაგან, ეს კი აუცილებელი პირობაა უჯრედში შემაჯავლი ნივთიერებების ლოკალიზაციისათვის.

გოლჯის კომპლექსსა და ლიზოსომას შორის არსებობს კავშირი, რადგან გოლჯის შემადგენელი დიქტოსომი და ბუშტულაკები იძლევიან რეაქციას მუავე ფოსფატაზაზე.

მცენარეულ უჯრედში ტიპური ლიზოსომები არ არის აღმოჩენილი, მაგრამ მცენარეული უჯრედის ციტოპლაზმის ულტრასტრუქტურის შესწავლისას დაფიქსირებული იქნა ლიზოსომისებრი სტრუქტურები, რომლებიც სიდიდით და მორფოლოგიით მოგვაგონებს ცხოველური უჯრედის ლიზოსომას.

ციტოსომები. ციტოსომები წარმოადგენენ მრგვალ სხეულებს, წვრილ-მარცვლოვანი შედგენილობით და ელემენტარული მემბრანებით. ისინი ყოველთვის შეერთებული არიან ენდოპლაზმური ბადის რეტიკულუმის არსებთან. რითაც ის განსხვავდება თავისუფლად განლაგებული ლიზოსომებისა და სფეროსომებისაგან.

ციტოსომები პირველად აღწერილი იქნა ხახვის ფესვის უჯრედებში. ამჟამად ისინი აღმოჩენილია მრავალ ფარულთესლოვან მცენარეში, წყალმცენარეებსა და სოკოებში.

სფეროსომები. სფეროსომებს ადრე უწოდებდნენ მიკროსომებს, რომლებიც წარმოადგენენ წვრილ მრგვალ სხეულებს, სინათლის მიკროსკოპით შესწავლისას მათ სინათლის ძლიერი გარდატეხის უნარი აქვთ. ელექტრონული მიკროსკოპით გამოვლენილია სფეროსომების სტრუქტურა. მისი შინაგანი შედგენილობა ოსმოფილური ბადისებრი სტრუქტურისაა და მემბრანაშია ჩამოყალიბებული.

ოსმიუმით ფიქსირებისას, სფეროსომების ზომა 0,55-0,9 მიკრონია და კარგად იღებება კრისტალეოლოგიით მეწამულ ფერად, მაშინ როცა მიტოქონდრიები და პლასტიდები იღებება მკრთალ იასამნისფრად. მიტოქონდრიებისაგან განსხვავებით სიცოცხლეში არ იღებება იანუს მწვანით.

სფეროსომებში ზოგიერთი ავტორის მიერ აღმოჩენილია სხვადასხვა ფერმენტი და ჰიდროლაზები (ლიპაზა, მუავე ფოსფატაზა, დეზოქსირიბონუკლეაზა). სფეროსომები წარმოადგენენ ციტოპლაზმაში ფორმირებულ ცხიმოვანი წვეთების წინამორბედ სტრუქტურებს.

რიბოსომები. მცენარეული და ცხოველური უჯრედის ენდოპლაზმური ბადის აუცილებელი კომპონენტი, სფეროსებრი მკვრივი სხეულაკები, რომლებიც ფარავს ენდოპლაზმური ბადის მემბრანის ზედაპირს, რიბოსომა ეწოდება.

რიბოსომები ძალიან პატარა (100-300 N°) ზომისაა და მათი შესწავლა ჩვეულებრივი სინათლის მიკროსკოპით შეუძლებელია.

რიბოსომები ზომით და მოლეკულური წონის მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად: პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება წვრილი რიბოსომები, რომლებიც აღმოჩენილია ბაქტერიებსა და ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებში; მშრალ მდგომარეობაში მათი ზომა 200X170-ია; მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება შედარებით დიდი ზომის რიბოსომები, რომელიც ახასიათებს ცხოველებს, უმაღლეს მცენარეებს, სოკოებს, წყალმცენარეებს, რომელთა ზომა 240X200X200- N°ს აღ-

წევს. რიბოსომების თავისებურებანი დაკავშირებულია რნმ-ის აბსოლუტურად დიდი რაოდენობით შემცველობასთან და მეორე ჯგუფის რიბოსომაში ცილის შედარებით დიდი რაოდენობით შემცველობასთან.

რიბოსომების უნიკალური თვისებაა არათანაბარი სუბნაწილაკური ანუ სუბერთეული სტრუქტურა.

თანამედროვე შეხედულებით, თითოეული სუბერთეული შეიცავს თითო მაღალ პოლიმერულ რნმ-ის მოლეკულას და აგებულია რნმ-ის დაგრეხილი ჭიმით, რომელსაც აქვს სპირალური უბნები და განლაგებულია ძირითადი ჯაჭვის პერპენდიკულარულად. თითოეული სპირალის არეში და მთლიანი სპირალის უბნებში მოთავსებულია რიბოსომის ცილები, რომელიც ამაგრებს (აცემენტებს) რიბოსომის კომპაქტური სტრუქტურის მთლიან კონსტრუქციას. რიბოსომული რნმ-ის ფუძის განლაგება არ შეესაბამება კომპლემენტარულ წესს, რომელსაც დნმ-სათვის გვთავაზობენ უოტსონი და კრიკი.

მაღალორგანიზებულ უჯრედთა რიბოსომები ჩვეულებრივ დაკავშირებულია გრანულოვანი ენდოპლაზმური ბადის მემბრანასთან. რიბოსომები მიმაგრებულია ენდოპლაზმური ბადის მემბრანაზე, გამოირჩევიან სპირალური განლაგებით და ერთმანეთთან ბოგირებით არიან დაკავშირებული. რიბოსომები გვხვდება აგრეთვე ბირთვის გარსის ზედაპირზე. ისინი არ არის დაკავშირებული მემბრანული სტრუქტურებით და თავისუფლად სხედან ციტოპლაზმურ მატრიცაზე, რიბოსომები ციტოპლაზმის უცვლელი კომპონენტებია. მცენარეულ უჯრედებში რიბოსომების წარმოქმნა წინ უძღვის მემბრანის წარმოქმნას. რიბოსომების კავშირს ენდოპლაზმურ ბადესთან ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ცილის სინთეზის პროცესისათვის, რადგან ამ შემთხვევაში რიბოსომები მეტად აქტიურია.

რიბოსომებს ჩვეულებრივ ციტოპლაზმის კომპონენტებად თვლიან, რომელთა რაოდენობა და კონცენტრაცია განისაზღვრება უჯრედში რნმ-ის შემცველობით.

მცენარეულ უჯრედებსა და ქსოვილებში რიბოსომის კონცენტრაცია იცვლება ონტოგენეზის პროცესში და დამოკიდებულია კვების პირობებზე, განათებაზე, წყლის რეჟიმზე, ტემპერატურაზე, სხვა გარემო ფაქტორებსა და უჯრედის ფუნქციაზე. მცენარეულ, ცხოველურ და მიკროორგანიზმების რიბოსომებს თითქმის ერთი და იგივე შედგენილობა აქვთ, ისინი წარმოადგენენ რიბონუკლეოპროტეიდებს და თითქმის შედგებიან რიბოსომული რნმ-ისა და სტრუქტურული რიბოსომული ცილისაგან.

დამტკიცებულია, რომ რიბოსომებში მიმდინარეობს აქტივიზებულ ამინომჟავათა კონდენსაცია და მათი პოლიპეპტიდურ ჯაჭვად დაწყობა გენეტიკური ინფორმაციის შესაბამისად, რომელსაც ღებულობს ბირთვიდან ინფორმაციული რნმ-ის მეშვეობით. რიგი ცილები სინთეზირებულ იქნა იზოლირებულ რიბოსომებში და ნაჩვენები იქნა მათში ნიშანდებული ამინომჟავას ჩართვა. მატრიცის როლს ცილის სინთეზში ასრულებს ინფორმაციული რნმ, რომელიც ჩაერთვება რიბოსომებში და მათ ზედაპირზე მიმდინარეობს ამინომჟავას კომპლექსსა და ტრანსპორტულ რნმ-ს შორის ურთიერთქმედება, კომპლემენტარული ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობით ინფორმაციულ რნმ-თან, რომელიც ფუნქციონირებს რიბოსომებზე. ერთჯერადი და პოლიპეპტიდური ჯაჭვი სინთეზის შემდეგ ირღვევა და ახლად სინთეზირებული ცილა რიბოსომაში გროვდება.

უჯრედში ცილის სინთეზი ხორციელდება არა მარტო იზოლირებულად მოქმედი ცალკეული რიბოსომით, არამედ რიბოსომების მასითაც, რომლებიც ფუნქციონირებენ ერთად და თანმიმდევრულად. რიბოსომების ასეთმა

თავმოყრამ მიიღო სახელწოდება პოლირიბოსომა, ანდა პოლისომა; რომლებიც შედგებიან 5-70 რიბოსომისაგან, რომელიც დაკავშირებულია წვრილი ძაფებით (დიამეტრით 10-15 N°) და ერთმანეთისაგან დაშორებულია 50-150 N° მანძილით. ვარაუდობენ, რომ ეს ძაფები წარმოიქმნიან რნმ-ის მოლეკულებიდან.

პოლირიბოსომები აღმოჩენილია, როგორც უმდაბლეს, ასევე უმაღლეს ორგანიზმთა უჯრედებში. პოლირიბოსომები წარმოადგენენ განსაკუთრებულ უნივერსალურ სტრუქტურას, რომელსაც ორგანიზმი იყენებს ამინომჟავებიდან ცილის სინთეზისათვის. რიბოსომების რიცხვი უჯრედში ძლიერ ცვალებადია.

მიტოქონდრიები. მიტოქონდრიები (ბერძნულიდან *მიტო-*ძაფი და *ქონდრიონ-*გრანულა) ეწოდება გრანულოვან და ძაფისებრ წარმონაქმნს, რომელიც ახასიათებს ყველა მცენარისა და ცხოველის ციტოპლაზმას.

მიტოქონდრიების ფორმა და სიდიდე მრავალგვარია, თვით ერთი უჯრედის შიგნითაც კი ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან. ხშირად მათ აქვთ: გრანულისებრი, ჩხირიებრი, მარცვლისებრი და ძაფისებრი ფორმა.

მიტოქონდრიების სიგრძე მერყეობს 0,5-დან 5,7 მიკრონის ფარგლებში, მაგრამ ძაფისმაგვარმა – შეიძლება მეტ სიგრძესაც მიაღწიოს. მიტოქონდრიას სივანე საშუალოდ 0,5-1 მიკრონამდეა. 3 და მეტი მიკრონის სიდიდის მიტოქონდრიის შემჩნევა შეიძლება ჩვეულებრივი სინათლის მიკროსკოპით.

მიტოქონდრიების ზომა დიდად არის დამოკიდებული უჯრედის ფუნქციონალურ მდგომარეობაზე, ოსმოსურ წნევასა და გარემოს PH-ზე.

მიტოქონდრიების განლაგება უჯრედში ჩვეულებრივ თანაბარია, მაგრამ ზოგჯერ გროვებიან ბირთვის ირგვლივ (უმეტესად პათოლოგიურ შემთხვევაში) ან ციტოპლაზმის პერიფერიულ ნაწილებში; უჯრედის დაყოფის წინ კი – თითისტარადან, მეტად თუ ნაკლებად ნაწილდებიან შვილეულ უჯრედებს შორის. მიტოქონდრიები, როგორც ენერჯის წყარო, ლოკალიზდება უჯრედის იმ უბნებში, სადაც საჭიროა მისი დიდი რაოდენობა. მიტოქონდრიებს რთული ულტრასტრუქტურა აქვთ, რომელთა გამორჩევა შეიძლება მხოლოდ ელექტრონული მიკროსკოპით.

ქიმიური ანალიზით ცნობილია, რომ მიტოქონდრიები შეიცავენ ცილებს, ლიპიდებს, სუნთქვის ფერმენტებს (ციტოქრომები), სულფიდულ ჯგუფებს, რნმ-ს, მშრალი ნივთიერების 0,5%-ს. მიტოქონდრიებში ვიტამინები: A, B₆, B₁₂, K, E. ფოლის და პანტოტენური მჟავები, რიბოფლავინი და კოფერმენტი, სუნთქვის ფერმენტები (ციტოქრომოქსიდაზა და სუნქცინატდეჰიდროგენაზა), ტრიკარბონული მჟავას ფერმენტები და რიგი ფერმენტებისა, რომლებიც მონაწილეობენ დაფოსფორების სუნთქვასთან კავშირში (ადენილატკინაზა, ადენოზინტრიფოსფატაზა). ფერმენტები ლოკალიზებულია გარეგან მემბრანებში, კრისტებსა და კრისტებს შორის მატრიქსზე. ფერმენტებს ელექტრონულ ტრანსპორტული ჯაჭვით შეიცავენ გარეგანი და შინაგანი მემბრანების ოსმოფიდური ფენის ბურთისებრი სხეულები, რომელთაც აქვთ დიამეტრი 80-100N°, რომლებიც დაკავშირებული არიან მემბრანების ნათელ ფენასთან და უწოდებენ სუბმიტოქონდრიულ ნაწილაკებს, ისინი მიტოქონდრიების მარტივი სტრუქტურული ელემენტებია.

მიტოქონდრიების ფერმენტების რაოდენობა და აქტივობა დამოკიდებულია უჯრედის ფუნქციონალურ მდგომარეობაზე და იცვლება განვითარების პროცესში. მიტოქონდრიების შინაგანი მემბრანების ჯამი წარმოადგენს უდიდესი ზედაპირის ფერმენტულ სისტემას. მიტოქონდრიების აქტივობის ხარისხი პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მისი ზედაპირის სიდიდესთან და უჯრედში მიტოქონდრიების რაოდენობა შეესაბამება ნივ-

თირებათა ცვლის ინტენსივობას. მიტოქონდრიების აქტივობა განსაკუთრებით ნათლად ვლინდება უჯრედის ზრდისას. ამ დროს მათი რიცხვი იზრდება დაყოფის და ახლადწარმონაქმნების შედეგად. მიტოქონდრიები ლოკალიზებულია შედარებით აქტიურ ზონაში.

მიტოქონდრიების ფუნქციაა ნახშირწყლების, რიგი ამინომჟავების და უანგვა, ცხიმოვან და ტრიკარბონატულ მჟავათა და მჟანგავი ფოსფორების ციკლის პროცესი, რის შედეგად გამოიშავდება ატფ – ენერჯის მთავარი წყარო, რასაც უჯრედი იყენებს სინთეზისა და აქტიური მუშაობის (სეკრეცია, მოძრაობა, ზრდა და ა.შ.) პროცესში, რაც მიტოქონდრიების მთავარი ფუნქციაა; მათში აგრეთვე ხოციელდება პურინის მჟავების ფოსფორილირებისა და ცილების სინთეზი. სუნთქვის ინტენსივობა დამოკიდებულია უჯრედში მიტოქონდრიების რაოდენობაზე.

მიტოქონდრიების სინთეზი უჯრედში მიმდინარეობს განუწყვეტილად, მათი არსებობის ხანგრძლივობა 5-10 დღეა. ვარაუდობენ, რომ მიტოქონდრიები განახლდებიან როგორც ახალი წარმონაქმნები და ასევე დაყოფამდე არსებული სტრუქტურის დაყოფით. არის აგრეთვე მონაცემები მიტოქონდრიების წარმოშობის შესახებ ციტოპლაზმური ბუშტულაკებიდან, რომლებიც ვითარდება ენდოპლაზმური ბადის ცისტერნებიდან.

მიტოქონდრიები იყოფიან დაკვირვებით. როდესაც მიმდინარეობს გარეგანი მიტოქონდრიული მემბრანების გამოწვევა, ეს წარმონაქმნი მოწყდება დედა მიტოქონდრიას; ერთსა და იმავე დროს ფორმირებულ გამონახარდებში წარმოიქმნებიან კრისტები და ოსმოფილური გრანულები.

პლასტიდები. მწვანე მცენარეების უჯრედების მუდმივი უჯრედული ორგანოები პლასტიდებია. სოკოებს, ბაქტერიებს, მიქსომიციტებს (ლორწოვანი სოკოები) და აგრეთვე ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებს პლასტიდები არა აქვთ.

ყველა ტიპის პლასტიდები ერთმანეთთან გენეტიკურად არის დაკავშირებული, თუმცა მათი ფუნქცია მკვეთრად სპეციფიკურია.

პლასტიდების რიცხვი სხვადასხვა მცენარეში მნიშვნელოვნად ცვალებადია. ფარულთესლოვან მცენარეთა ფოთლის უჯრედში პლასტიდების რაოდენობა ცვალებადობს 20-დან 100-მდე.

უმაღლეს მცენარეებში პლასტიდების ფორმა ერთსახოვანია–დისკოსებრი (მომრგვალო-ელიფსისებური), ხოლო წყალმცენარეთა პლასტიდები (ქრომატოფორები) სხვადასხვა ფორმისაა: ჩხირისებრი, ბაფთისებრი, სპირალისებრი, ფიალისებრი და სხვ.

ფარულთესლოვან მცენარეებში პლასტიდების სიდიდე მერყეობს 3-დან 10 მიკრონამდე. სხვა პლასტიდებთან შედარებით ლეიკოპლასტები პატარა ზომისაა.

ფერადი პლასტიდები შეიცავს პიგმენტებს, მაგალითად ქლოროპლასტებში გვხვდება: ქლოროფილი, ქსანტოფილი და კაროტინი. ქრომოპლასტებში: ლიკოპინი, ქსანტოფილი და კაროტინი. პიგმენტები გვხვდება კრისტალების ან ამორფული სახით. პლასტიდებს, ციტოპლაზმასთან შედარებით დიდი მოცულობითი წონა ახასიათებს.

პლასტიდები დიდი რაოდენობით შეიცავენ სხვადასხვა ფერმენტებს, რომლებიც თანმიმდევრულად ჩაებმებიან ნივთიერებათა ცვლაში. ისინი მცენარეული უჯრედის მეტაბოლისტური პროცესებისათვის აგროვებენ ენერჯიას; პლასტიდები წამყვან როლს ასრულებენ უჯრედში სამარაგო ნივთიერების წარმოქმნასა და გარდაქმნაში.

ლეიკოპლასტები გვხვდება ფარულთესლოვან მცენარეთა ყველა ნაწილში, ამასთანავე თითოეულ უჯრედში მათი რიცხვი ძალიან დიდია.

ლეიკოპლასტები უფრო პლასტიდებია, რომლებიც მონაწილეობენ შაქრებიდან სახამებლის სინთეზში. ლეიკოპლასტები უფრო მკვრივი კონსისტენციის ცილოვანი სხეულაკებია, ვიდრე ციტოპლაზმა, ცილასთან ერთად იგი შეიცავს მრავალ ლიპიდს.

ქლოროპლასტები (მწვანე პლასტიდები) წარმოადგენენ ისეთ ორგანოებს, რომლებიც სინათლის ენერჯის მონაწილეობით უჯრედში ახორციელებენ ნახშირწყლების პირველად სინთეზს. ქლოროპლასტები დიდი რაოდენობით შეიცავს ფოტოსინთეზის კონტროლის ფერმენტებს და აგრეთვე ისეთ ფერმენტებს, რომლებიც ახორციელებენ ცილების, ცხიმოვანი მჟავებისა და ფოსფორლიპიდების (ესტრაზები, ფოსფოლიპიდაზები, კარბოჰიდრაზები) სინთეზს.

ქლოროპლასტების მწვანე შეფერვას განაპირობებს მასში მრავალი პიგმენტის არსებობა. ამ პიგმენტებს შორის დიდი ადგილი უკავია ქლოროფილს, გარდა ამისა, შეიცავენ კაროტინს და ქსანტოფილს. ქლოროფილი თავისი ქიმიური შედგენილობით ეთერისებრი შენაერთია. ცნობილია ქლოროფილი a, b, c და d. ამათგან ყველაზე მეტად გავრცელებულია ქლოროფილი a, რომელიც დამახასიათებელია ყველა ავტოტროფული მცენარისათვის.

ბირთვი

ბირთვი მცენარეული და ცხოველური უჯრედის მუდმივი და აუცილებელი ნაწილია. მას მემკვიდრეობის გადაცემასა და უჯრედში ცილების სინთეზის სტიმულაციაში წამყვანი როლი მიეკუთვნება. ბირთვის კონტროლის ქვეშ იმყოფება აგრეთვე უჯრედული სუნთქვა.

ქსოვილებისა და მთელი ორგანიზმის ზრდა მიმდინარეობს უჯრედის დაყოფით. დაყოფა კი უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ახალგაზრდა ემბრიონალურ ქსოვილებში. უჯრედის დაყოფას ჩვეულებრივ წინ უძღვის ბირთვის დაყოფა, რომელიც შეიძლება იმყოფებოდეს ან დაყოფის ფაზაში, ან ორ დაყოფას შორის შუალედში. რომელსაც ეწოდება ინტერფაზა. მრავალი მასალის საფუძველზე ირკვევა, რომ წარმოდგენა ინტერფაზურ ბირთვზე, როგორც მოსვენებულ მდგომარეობაში მყოფზე, სინამდვილეს არ შეეფერება, რადგანაც ბირთვსა და უჯრედში ცვლის პროცესები უფრო ინტენსიურად ინტერფაზაში ხორციელდება. ბირთვის ფორმა სხვადასხვა უჯრედში მეტად ცვალებადია. ჩვეულებრივ ბირთვი სფეროსებრი წარმონაქმნია, რომელიც გარემოცულია ციტოპლაზმით. ბირთვის ფორმა, არაიშვიათად, შეესაბამება უჯრედის ფორმას. მაგალითად, პარენქიმულ უჯრედებში ბირთვს იშვიათად წაგრძელებული, ანდა ოსპისმაგავარი ფორმა აქვს. ბირთვი ხშირად მომრგვალოა, ხოლო პროზენქიმულ უჯრედში კი – წაგრძელებულია და გაჭიმულია უჯრედის ღერძის სიგრძეზე. უკიდურესი გადახრის შემთხვევას წარმოადგენს წყალმცენარე ხარალების რიზოიდების ბირთვი, რომელიც ძლიერ წაგრძელებული ან დატოტვილია. მაგრამ ზოგ შემთხვევაში ბირთვი თავისი ფორმით მკვეთრად განსხვავდება მათი შემცველი უჯრედებისაგან. ბირთვის ფორმა შეიძლება შეიცვალოს უჯრედის ცხოველმყოფელობის პროცესში.

მცენარეული უჯრედის ბირთვი მცირე ზომისაა. უმაღლეს მცენარეთა ბირთვის დიამეტრი საშუალოდ მერყეობს 10-30 მიკრონს შორის, ხოლო უმაღლეს მცენარეებში ბირთვი მნიშვნელოვნად პატარაა. წყალმცენარე-

ბიდან გამონაკლისია ზემოაღნიშნული ხარალების რიზოიდების ბირთვი, რომლის სიგრძე 2750 მიკრონია, ხოლო სიგანე 5-10 მიკრონი. ასევე გიგანტური ბირთვი აქვს ლორწოვანებს, რომლის დიამეტრია 500-600 მიკრონი.

ბირთვის სიდიდე მუდმივი არაა და ის იცვლება გარემო პირობებთან დაკავშირებით, ფიზიოლოგიური მდგომარეობით, უჯრედის ასაკით, კვებით და ა. შ.

ბირთვისა და ციტოპლაზმის ზომების შესწავლით გამოირკვა, რომ არსებობს კანონზომიერება, რომლის თანახმად ბირთვის განსაზღვრულ მოცულობას შეესაბამება ციტოპლაზმას განსაზღვრული მოცულობა. ასეთ შეფარდებას ეწოდება ბირთვულ-პლაზმური შეფარდება, რომელიც დამახასიათებელია არსებული ტიპის უჯრედებისათვის, რომელიც შედის მრავალ-უჯრედიანი ორგანიზმების ქსოვილსა და ორგანოებში და წარმოადგენს უჯრედულ კონსტანტას, წონასწორობას უჯრედის ბირთვისა და ციტოპლაზმას შორის. ამ წონასწორობაში აგრეთვე იგულისხმება უჯრედში ქიმიურ ნივთიერებათა განსაზღვრული შეფარდებაც.

ბირთვულ-პლაზმური შეფარდება არასტაბილურია და იცვლება სიცოცხლის სხვადასხვა პირობებში (შიმშილის, ტემპერატურული რეჟიმის შეცვლისას, ავტაბიოზის დროს და ა.შ.) და აგრეთვე ხელოვნური ფაქტორების (მაგალითად, იონიზებული რადიაცია და სხვ.) ზემოქმედებით.

მცენარეთა უჯრედი ხშირ შემთხვევაში ერთბირთვიანია, მაგრამ უმდაბლეს მცენარეებში შეიძლება არსებობდეს უჯრედები, სადაც ჭარბობს ორბირთვიანობა და მრავალბირთვიანობაც.

ბირთვის ადგილმდებარეობა მცენარეულ უჯრედებში არ არის მუდმივი; მაგრამ ახალგაზრდა ემბრიონულ უჯრედში ხშირად იგი მდებარეობს უჯრედის გეომეტრიულ ცენტრში. ბირთვის უჯრედის რომელიმე მხარეზე გადანაცვლება ხდება მისი დიფერენციაციისას და სიბერისას, როგორი მდებარეობაც არ უნდა ჰქონდეს ბირთვის ის გარემოცულია ციტოპლაზმით.

მცენარეული უჯრედის ბირთვის ძირითად მორფოლოგიურ ელემენტს წარმოადგენს ქრომატინი (კარიოტინი), ბირთვის მატრიცა (კარიოლიმფა), ბირთვაკი (ნუკლეოლი) და ბირთვის გარსი (კარიოტეკა).

შეიძლება შევნიშნოთ ბირთვის განსხვავებული სტრუქტურები. თხელი ქრომატინული ბადე, რომელიც განსხვავდება აქრომატული არესაგან და მოთავსებულია თხევად აქრომატულ არეში. იგი შეიძლება იყოს მკვრივი ან ფხვიერი, ბუშტისებრი და შექმნას მკვეთრი ბირთვული ბადე, რომელიც ლოკალიზებულია განსაზღვრულ ლოკუსებში, რომლებსაც ქრომოცენტრები ან პროქრომოსომები ეწოდება. ამგვარი ტიპის ბირთვში მთელი ქრომატინი თავმოყრილია განსაზღვრულ უბნებში—ქრომოცენტრებში.

ბირთვის აგებულება წარმოადგენს იმ რთული მეტაბოლისტური პროცესების ასახვას, რომელიც მიმდინარეობს უჯრედის სიცოცხლის სხვადასხვა პერიოდში. ამიტომ ბირთვის აგებულება დამოკიდებულია, როგორც მთელი პროტოპლასტის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე, ასევე უჯრედის განვითარების ფაზებზე. უჯრედის ონტოგენეზის პროცესში ბირთვის აგებულება განუწყვეტლივ იცვლება. ბირთვული ნივთიერების სტრუქტურა განსაკუთრებით ნათლად ვლინდება ბირთვის დაყოფის წინა პერიოდში და აგრეთვე მისი გაღიზიანებისას.

მცენარეული უჯრედის ბირთვი გამოირჩევა შედარებით მკვრივი კონსისტენციით და დიდი სიბლანტით, ვიდრე ციტოპლაზმა. ბირთვის კონსისტენცია უახლოვდება ბალზამისა და გლიცერინის კონსისტენციას და წარ-

მოადგენს ზოლს. მაშასადამე, ბირთვი ფიზიკურად ჰექტროგენურ სტრუქტურას წარმოადგენს.

ბირთვის განსაკუთრებული თავისებურებაა – მისი დეფორმაციის უნარი.

ბირთვის ხვედრითი წონა მეყოფს–1,03-დან 1,1-მდე.

მცენარეული და ცხოველური უჯრედის ბირთვი შეიცავს: ცილებს, ნუკლეინის მჟავებს, ლიპიდებს, ფერმენტებს; გარდა ამისა, მასში აღმოჩენილი იქნა სხვადასხვა მინერალური მარილი (უმეტესად ფოსფორი, კალციუმი და მაგნიუმი).

ბირთვის შედგენილობაში შედის მარტივი და რთული ცილები; მარტივი ცილები ორი ტიპისაა: ფუძეები (ჰისტონები და პროტამინები) და მჟავები (გლობულინები, ნარჩენი ცილები). რთული ცილები – მარტივი ცილების შენაერთები ნუკლეინ მჟავებთან (ნუკლეოპროტეიდები, ნუკლეოჰისტონები). გარდა ნუკლეოპროტეიდებისა, ბირთვის შედგენილობაში შედის ლიპიდები ცხიმის წვეთების სახით, ანდა პროტეიდებთან შენაერთით წარმოქმნილი ლიპოპროტეიდები.

ბირთვში რთული ცილების შემცველობა ცვალებადობს უჯრედის ცხოველმყოფელობის სხვადასხვა პერიოდში. ცილების სინთეზი უფრო მეტად ინტენსიურია ინტერფაზაში.

ნუკლეინის მჟავები წარმოდგენილია როგორც დეზოქსირიბონუკლეინისა (დნმ) და რიბონუკლეინის მჟავები (რნმ) – უჯრედის მეტად რთული მაკრომოლეკულების სახით.

ბირთვის ძირითად ქიმიურ კომპონენტს წარმოადგენს დნმ, რომელიც შედის ქრომოსომების ელემენტარული კომპონენტის შედგენილობაში, რომელიც თან ახლავს ბირთვს ინტერფაზაში. დნმ გადასცემს გენეტიკურ ინფორმაციას ერთი თაობის უჯრედიდან მეორეს; ის აკოდირებს მოცემული სახეობის უჯრედისათვის სპეციფიკური ცილების სინთეზს.

უჯრედული ბირთვიდან დნმ პირველად გამოყო მიშერმა 1869 წელს და უწოდა ნუკლეინი. მისი მონაცემებით ეს ნივთიერება ლოკალიზებულია ბირთვში და შეიცავს აზოტსა და ფოსფორს. 1914 წელს ფეოლგენმა მოახერხა სინჯარით ეჩვენებინა დნმ-ს ფერადი რეაქცია. ათი წლის შემდეგ ამ რეაქციის დახმარებით ფეოლგენმა გვიჩვენა, რომ ბირთვული დნმ კონცენტრირებულია ქრომოსომებში.

ბირთვული დნმ შედარებით მუდმივია, ერთი უჯრედის განსაზღვრულ ქრომოსომთა ანაწყოებისათვის.

ლიტერატურაში მითითებულია, რომ არსებობს დნმ-ის ორი ტიპი. მეტაბოლურად სტაბილური–გენომური, რომელიც დაკავშირებულია გენეტიკურ ფუნქციასთან და მეტაბოლურად უფრო მეტად აქტიური, ე.ი. გაცვლითი დნმ. პირველი ტიპის დნმ დამახასიათებელია ეუქრომატინისათვის, მეორე ტიპი – ჰექტროქრომატინისათვის.

როდესაც ბირთვი უჯრედის ძირითადი ნაწილია – ბირთვის გარსი ატარებს დროებით ხასიათს. როგორც ცნობილია, ის ქრება და კვლავ აღდგება ბირთვის დაყოფისას.

ბირთვის გარსი რთული წარმონაქმნია, ახასიათებს ფორები და ენდოპლაზმურ რეტიკულუმთან დაკავშირებულია მილაკებით.

ბირთვული გარსის გარეგანი მემბრანა უწყვეტივ გადადის ენდოპლაზმური ბადის მემბრანაში. შინაგანი მემბრანა მჭიდრო კონტაქტშია ბირთვის პერიფერიულ ქრომატინთან.

ბირთვული გარსი ხასიათდება ფორებით–მომრგვალო ღრუებით, რომელიც თანაბარზომიერადაა განაწილებული ბირთვის ზედაპირზე.

ბირთვული გარსი მორფოლოგიურად და ფუნქციურად დაკავშირებულია ციტოპლაზმის ენდოპლაზმურ ბადესთან.

ბ ი რ თ ვ ა კ ე ბ ი ეწოდება წვრილ, ხშირად ბურთისებრ, ანდა ელიფსურ წარმონაქმნებს, რომლებიც იმყოფებიან ბირთვის საერთო მასაში და ბირთვის ნივთიერებებისაგან განსხვავდებიან თავისი ფიზიკურ-ქიმიური თავისებურებებით. ბირთვაკები იშვიათად არასწორია, თათისებური, წაგრძელებული და ბაფთისებურიც.

ბირთვში ბირთვაკების რიცხვი მერყეობს ერთიდან სამამდე. შეიძლება იყოს მეტიც, მაგრამ ხშირ შემთხვევაში მხოლოდ ერთი ბირთვაკია; ზოგჯერ ეს ბირთვაკი საკმაოდ მსხვილია, მცენარეთა შორის ამ მხრივ გამონაკლისია წყალმცენარეები, რომელთა ბირთვაკების რიცხვმა შეიძლება 100-მდეც მიაღწიოს.

თანამედროვე გამოკვლევებით ნათელია, რომ ბირთვაკის ნივთიერება ძირითადად შედგება სუბმიკროსკოპული ძაფებისაგან (რომელსაც ეწოდება ნუკლეოლონემები) და ამორფული ნაწილისაგან. ნუკლეოლონემები ბირთვაკის ძირითადი შემადგენელი სტრუქტურაა და ზოგიერთი ციტოლოგის შეხედულებით მონაწილეობს ქრომოსომების ფორმირებაში.

ბირთვაკში გარდა ნუკლეოლონემისა არის ზონები, რომლებსაც არა აქვს გრანულები (ფიბრილარული ადგილები) და 50N° სისქის ფიბრილებისაგან შედგება.

ბირთვაკი მდიდარია ცილებით (80-85%) და რნმ-ით (5%-მდე) და წარმოადგენს ამ ნივთიერებების სინთეზის აქტიურ ცენტრს; რნმ-ის შემადგენლობა შესამჩნევად ცვალებადობს ბირთვისა და ციტოპლაზმაში ნივთიერების ცვლის აქტივობასთან დაკავშირებით.

ბირთვაკი აქტიურ მონაწილეობას დებულობს ნუკლეოპროტეიდების სინთეზში. ის უჯრედში წარმოადგენს რნმ-ის სინთეზის ერთ-ერთ ძირითად ადგილს. მრავალი გამოკვლევით დასაბუთებულია ნივთიერებათა მიგრაცია ბირთვაკიდან ციტოპლაზმაში.

ციტოლოგთა უმეტესობა ვარაუდობს, რომ ბირთვაკები წარმოიქმნიან განსაზღვრული ქრომოსომის ჰეტეროქრომატული უბნებით, ე. წ. ბირთვაკების „ორგანიზატორებით“. ბირთვაკების დიდი ნაწილი დნმ-ს არ შეიცავს, მაგრამ ის გვხვდება დიდი ზომის ბირთვაკებში, რომელიც უნდა აიხსნას ჰეტეროქრომატინული ქრომოსომის ცალკეულ ნაწილში მისი არსებობით.

ბირთვაკები არ ხასიათდებიან უწყვეტობით. ისინი წარმოიქმნიან ყოველი მიტოზის ტელოფაზაში. მიტოზის დროს ბირთვაკის გაქრობისას მისი რნმ და ცილები ქრომოსომებში გადადიან, ხოლო ახალი ბირთვაკი წარმოიქმნება ქრომოსომაში გადასული ძველი ბირთვაკის მასალიდან. მეორე მხრივ, დადგენილია ბირთვაკებისა და თანამგზავრიანი ქრომოსომების კავშირი, ამიტომ ბირთვაკების რიცხვი შეესაბამება თანამგზავრიანი ქრომოსომების რიცხვს.

ქრომოსომები, მათი მორფოლოგია და სტრუქტურა

ქრომოსომები ბირთვის მუდმივი და აუცილებელი კომპონენტებია. ქრომოსომების თვითწარმოქმნის უნარი დაყოფისას უზრუნველყოფს მათ მემკვიდრეობას და მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმების ერთი თაობიდან მეორეში ამ თვისებების მემკვიდრეობით გადაცემას.

სახელწოდება “ქრომოსომები” შემოდებული იქნა გერმანელი მეცნიერის ვალდეიერის მიერ 1888 წელს, იმ თვისების გამო, რომ ფუძე საღებავებით ძლიერად იღებება (ქრომო-ფერი, საღებავი, “სომა”-სხეული), ქრომოსომები ჩვეულებრივ შესამჩნევი ხდება მხოლოდ ბირთვის დაყოფის დროს. 1882 წელს ფლემინგმა ქრომოსომები აღმოაჩინა ცხოველურ უჯრედებში, ხოლო სტრასბურგერმა (1888) მცენარეულ უჯრედში.

უჯრედში ქრომოსომების ერთობლიობას ქრომოსომების ანაწყობს უწოდებენ. ორგანიზმებში ასხვავებენ ორი ტიპის ანაწყობს – ჰაპლოიდურს და დიპლოიდურს. ჰაპლოიდური (ერთმაგი) ანაწყობი ქრომოსომების რიცხვით ორჯერ ნაკლებია დიპლოიდურთან შედარებით, რომელიც ახასიათებს სასქესო და მცენარეთა გამეტოფიტის უჯრედებს და აღნიშნავენ n ასოთი. დიპლოიდური (ორმაგი) ანაწყობი წარმოიქმნება მდედრობითი და მამრობითი ჰაპლოიდური ანაწყობიდან. ასეთი რიცხვით ხასიათდებიან მცენარეული და ცხოველური სხეულების ყველა სომატური უჯრედები და აღინიშნება $2n$ -ით.

ქრომოსომების რიცხვი მცენარეთა სახეობის მუდმივი სისტემატიკის ერთეულია. მისი რიცხვი მცენარეთა უჯრედებში შეიძლება იცვლებოდეს 2-დან 100-მდე ან მეტიც. მაგ.: ველური ხორბლების დიპლოიდურ ანაწყობში 14 ქრომოსომაა, ჰაპლოიდებში –7. მაგრამ მაგარ ხორბალში შესაბამისად 28 და 14, რბილ ხორბალში 42 და 21, ვაშლში და მსხალში 34 და 17, ჭარხალში 18 და 9, სიმინდში 20 და 10.

ქრომოსომების ფორმა გამოირჩევა დიდი მრავალფეროვნებით. მისი ფორმა ადვილი შესამჩნევია ბირთვის დაყოფის პერიოდში, მიტოზის მეტაფაზაში და ანაფაზაში. ქრომოსომებს ხშირად ძაფისებრი ან ჩხირისებრი ფორმა აქვთ. წაგრძელებულ ქრომოსომებს შეიძლება ჰქონდეს ღუნი, რომელიც მას V-სებრ ფორმას აძლევს, თანაბარი ან არათანაბარი მხრებით. ასეთი ფორმა განისაზღვრება პირველადი შეშარტვის (წელის) მდებარეობით, რომელიც ქრომოსომების ნათელ, შევიწროებულ ნაწილს წარმოადგენს და დნმ-ს არ შეიცავს. ამ ნაწილის შიგნით იმყოფება განსაკუთრებული სტრუქტურა ცენტრომერის სახელწოდებით, რომელიც ქრომოსომებს აძლევს ფორმას.

ქრომოსომაში ცენტრომერა ყოველთვის განსაზღვრულ ადგილს იკავებს, მისი ფუნქცია დაკავშირებულია ქრომოსომების მოძრაობასთან მიტოზის დროს, ჩვეულებრივ, ყოველ ქრომოსომას ერთი ცენტრომერა აქვს და ასეთი ქრომოსომები ეკუთვნიან მონოცენტრულ ქრომოსომათა ჯგუფს. ზოგჯერ გვხვდება ორცენტრომერიანი ქრომოსომები, რომლებიც ეკუთვნიან ორ ცენტრომერიან ქრომოსომათა ჯგუფს, აღწერილია რამდენიმე ცენტრომერიანი ქრომოსომა, რომელთაც პოლიცენტრული ეწოდება. ისინი მიმაგრებულია თითისტარაზე მთელი თავისი ზედაპირით.

ცენტრომერას მეტად რთული სტრუქტურა აქვს და შედგება სამი ორმაგი ზონისაგან. შუა ზონა არეგულირებს ქრომოსომის კავშირს თითისტარასთან, ხოლო ორი შვიდეული ქრომატიდი, რომელიც მეტაფაზაში წარმოქმნის ქრომოსომას, განსაკუთრებული დაყოფის ციკლის უნარის მქონე ნაწილებად ერთდებიან.

ცენტრომერის მდებარეობით ქრომოსომების სამ ფორმას არჩევენ: 1. აკროცენტრული, როცა ცენტრომერა მოთავსებულია ქრომოსომის რომელიმე ბოლოზე, ხშირად მათ ჩხირისებრი ფორმა აქვთ და ერთი მხარი ნაკლებად ემჩნევათ; 2. სუბმეტაცენტრული – არათანაბარმხრიანი ქრომოსომა, როცა ცენტრომერა გადაწეულია ცენტრიდან მარჯვნივ ან მარცხნივ; 3. მეტაცენ-

ტრული – ცენტრომერები მდებარეობს ქრომოსომების ცენტრში და თანაბარ-მხრიანია.

ქრომოსომების მეორე დამახასიათებელი თვისებაა მეორადი შეშარტვის (წელის) არსებობა. ამავე დროს მათი მდებარეობა ცვალებადობს სხვადასხვა ქრომოსომაში, მაგრამ მუდმივია თითოეული მათგანისათვის. ხშირად მეორად წელთან უწვრილესი ძაფებით მიმაგრებულია თანამგზავრები. ზოგ შემთხვევაში თანამგზავრების ზომა იმდენად მცირეა, რომ მისი აღმოჩენა ძნელია. ქრომოსომას, რომელსაც თანამგზავრი აქვს, სატელიტ ქრომოსომას უწოდებენ.

ზოგიერთ ქრომოსომაში მეორადი შეშარტვა (წელი) მჭიდროდაა დაკავშირებული ბირთვაკების წარმოქმნასთან, ამის გამო მათ ბირთვაკული ქრომოსომები ეწოდება.

ქრომოსომების ბოლო უბნები აღჭურვილია სპეციფიკური თვისებებით და ტელომერები ეწოდება. ქრომოსომების სხვა უბნებისაგან ისინი პოლარულობით გამოირჩევიან. ქრომოსომების ფრაგმენტებად დაშლისას, ისინი მოკლებულია ერთმანეთთან შეერთების უნარს.

ქრომოსომების მორფოლოგიას განსაზღვრავს პირველადი შეშარტვა (წელი), მეორადი შეშარტვა, ტელომერები და თანამგზავრები. მორფოლოგიური ნიშნების ჯამს, რიცხვთან ერთად, რომლის საშუალებითაც შეიძლება მოცემულ ქრომოსომათა ანაწყოების იდენტიფიკაცია, ეწოდება კარიოტიპი. კარიოტიპის გრაფიკულ გამოსახვას კარიოგრამა, ანუ იდიოგრამა ეწოდება.

ქრომოსომების შინაგანი აგებულება მეტად რთულია. მისი სტრუქტურა ისწავლება სხვადასხვა, ურთიერთშემოწმებული და ერთიმეორის შემავსებელი მეთოდებით, რაც შესაძლებლობას გვაძლევს წარმოვადგინოთ ვიქონიოთ ქრომოსომაზე, როგორც უჯრედული ბირთვის ფუნქციონალურ სისტემაზე. ქრომოსომების შესასწავლად მეტად მოხერხებული ობიექტია ქსოვილის კულტურის მეთოდი და ტოტალური პრეპარატი.

თითოეული ქრომოსომა შედგება ორი ქრომატიდისაგან, თითოეული ქრომატიდი შედგება ორი ან ორნახევარი ქრომონემისაგან, ხოლო ქრომონემები შედგება ორის ჯერადი მიკროფიბრილების კონებისაგან. თითოეულ მიკროფიბრილის ძაფს შეესაბამება ერთი მოლეკულა დნმ.

ქრომოსომული ძაფები წარმოქმნიან ორ სხვადასხვანაირი ტიპის სპირალს, ერთ-ერთი შედგება ადვილად დასაშორებელი ელემენტებისაგან და ეწოდება პარანემული სპირალი, მეორეს, რომელიც შედგება აკინძული (გადახლართული) ელემენტებისაგან – პლექტონური, გაჭიმვისას ის წარმოქმნის ე.წ. რელიპციონურ სპირალს, მათი სპირალების გარჩევა ძნელია.

ქრომოსომების უბნები ხასიათდება განსხვავებული შედგების უნარით. ქრომოსომის ძლიერ შედებილ უბნებს ეწოდება ჰეტეროქრომატინული, ხოლო სუსტად შედებილ რაიონებს – ეუქრომატინული. ჰეტეროქრომატინული რაიონები გენებს არ შეიცავს, რომლებიც კონტროლს უწევენ ორგანიზმის ნიშნების განვითარებას, ისინი მხოლოდ გავლენას ახდენენ მათ რიცხოვნულ გამოვლინებაზე. გენეტიკური თვალსაზრისით ჰეტეროქრომატინული რაიონები წარმოადგენს ინერტულს და მათი დაკარგვა უჯრედის ფუნქციონირებაზე გავლენას არ ახდენს.

ბიოქიმიური გამოკვლევების თანახმად ნათელია, რომ ქრომოსომები შედგება დნმ-ის (45%) და ჰისტონებისაგან (55%). გარდა ამისა, ქრომოსომაში გვხვდება რნმ, ტრიფტოფანი და ნარჩენი ცილები.

ლაბორატორიული მეცადინეობის მიზანია სტრუქტურების მიერ ქრომოსომის ძირითადი მანქანებლების, მორფოლოგიისა და სტრუქტურის მიხედვით

კარიოტიპის განსაზღვრა. სამუშაოს მსვლელობა: რომელიმე კულტურის ქრომოსომათა ფოტოსურათით, რომელიც იჭრება და ეწებება რვეულში, პომოლოგიური წყვილების მიხედვით ცხრილის შედგენა, სადაც სტუდენტს შეაქვს მონაცემები (ცხრ.1).

კარიოტიპის განსაზღვრა

ცხრილი
1

ქრომოსომათა პომოლოგიური წყვილების ნომერი	ქრომოსომების ნომერი	პ ა რ ა მ ე ტ რ ე ბ ი			
		აბსოლუტური სიგრძე (მმკ)	შეფარდებითი სიგრძე (%)	მხრის ინდექსი	ცენტრომერული ინდექსი
1	1				
2	2				
3	3				
4	4				
და ა.შ.	5				
	6				
	7				
	და ა.შ.				

ქრომოსომათა იდენტიფიკაციის დასადგენად დიდი მნიშვნელობა აქვს სპირალიზაციის ხარისხს, ამისათვის საზღვრავენ სპირალიზაციის ინდექსს ფორმულით:

$$J^s = \frac{\text{ორი მოკლე ქრომოსომის ჯამი}}{\text{ორი გრძელი ქრომოსომის ჯამი}}$$

ქრომოსომათა მორფოლოგიის დასახასიათებლად ვსაზღვრავთ ქრომოსომათა აბსოლუტურ სიგრძეს (L^a) პირდაპირ მიკროსკოპში, ან ფოტოფირზე. ქრომოსომის (L^a) შეფარდებითი სიგრძე განისაზღვრება პროცენტებში:

$$L^z = \frac{\text{შესასწავლი ქრომოსომის სიგრძე}}{\dots} \cdot 100$$

კარიოტიპის ყველა ქრომოსომის სიგრძე

მხრის ინდექსი (J^p) განისაზღვრება

დიდი მხრის სიგრძე

$$J^p = \frac{\text{მოკლე მხრის სიგრძე}}{\text{მოკლე მხრის სიგრძე}}$$

ცენტრომერული ინდექსი განისაზღვრება პროცენტებში:

$$J^c = \frac{\text{მოკლე მხრის სიგრძე}}{\text{ყველა ქრომოსომის სიგრძე}} \cdot 100$$

კარიოტიპის შედგენისას ხმარობენ აღნიშვნებს: გრძელი ქრომოსომები აღინიშნება ასოთი – L, საშუალო – M, მოკლე – S, ქრომოსომთა ტიპს: m– მეტაცენტრული, s–სუბ მეტაცენტრული, a – აკროცენტრული, მეორად შეშარტვას აღნიშნავენ –c, თანამგზავრებს – t. მაგ., თუ გვაქვს $3Lm+1L^cm+aLS+1Mm+1Ms^1$ ნიშნავს, რომ გრძელი ქრომოსომაა მეტაცენტრული, ერთი გრძელი – მეორადი შეშარტვის, ერთი გრძელი სუბმეტაცენტრული, ერთი გრძელი სუბმეტაცენტრული მეორადი შეშარტვის, ერთი საშუალო მეტაცენტრული და საშუალო სუბმეტაცენტრული თანამგზავრით.

უჯრედის დაყოფა

ბირთვისა და ციტოპლაზმის დაყოფა, რომელსაც თან სდევს მთელი რიგი რთული ცვლილებები, განხილული უნდა იქნეს, როგორც მისი ონტოგენეზის დასრულება.

არსებობს უჯრედის დაყოფის სხვადასხვა ტიპი – მიტოზი, ამიტოზი, ენდომიტოზი და მეიოზი.

მიტოზი

მიტოზი ბირთვისა და უჯრედის დაყოფის ძირითადი ხერხია. იგი ერთუჯრედიან ორგანიზმებში უზრუნველყოფს გამრავლებას, ხოლო მრავალუჯრედიანებში – ზრდასა და განვითარებას.

მცენარეებში ბირთვის დაყოფა პირველად აღმოაჩინა ი. ჩისტიაკოვმა 1874 წელს ლიკოპიდიუმისა და შვეტას სპორის განვითარების შესწავლისას. ბირთვის დაყოფისთანავე იწყება მთელი უჯრედის დაყოფა და წარმოიქმნება ახალი უჯრედის კედელი. უჯრედის დაყოფის ამ სტადიას ციტოკინეზი ეწოდება.

მიტოზის შესწავლისას მხედველობაში უნდა მივიდეთ, რომ უჯრედის დაყოფას წინ უძღვის მოსამზადებელი პერიოდი – ინტერფაზა, რაც შემდეგ უზრუნველყოფს უჯრედის დაყოფას. სწორედ ამ დროს ბირთვში შეინიშნება მეტაბოლისტური პროცესების მაღალი აქტიურობა, რის შედეგადაც ბირთვი და ციტოპლაზმა ქმნის თავისივე მსგავსს – დამახასიათებელი აგებულებით და ფუნქციებით.

მიტოზის რთული და კანონზომიერი მექანიზმი გამომუშავდება ევოლუციის პროცესში. მიტოზის ბიოლოგიური მნიშვნელობა მდგომარეობს ახლად წარმოქმნილ უჯრედებში ქრომოსომების მემკვიდრული მასალის თანაბრად განაწილებაში.

მიტოზის განხორციელებისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ქრომოსომები, რომელთაც რედუქციაციის უნარი აქვთ. აგრეთვე მიტოზური

აპარატის არსებობა, რომელიც უზრუნველყოფს ქრომოსომების პოლუსებზე გადაადგილებას.

ინტერფაზაში განასხვავებენ სამ პერიოდს: 1. პრესინთეზური (G1), 2. სინთეზური (S) – მთელ პერიოდში ხდება დნმ-ის სინთეზი, 3. პოსტსინთეზური –(G2), იგი შეესაბამება პრეპროფაზას. ამ დროს უჯრედში მიმდინარეობს ძირითადი პროცესები – ქრომოსომების რედუქლიკაცია და მიტოზის განხორციელებისათვის საჭირო ენერჯის დაგროვება.

ინტერფაზის ხანგრძლივობა მცენარეულ და ცხოველურ უჯრედებში ცვალებადობს 10-დან 20 სთ-მდე. საკუთრივ მიტოზი ხორციელდება 1-2 და მეტ სთ-ს.

მიტოზი მიმდინარეობს ერთმანეთისგან თვისებრივად განსხვავებულ რამდენიმე ფაზად. თითოეული ფაზა ამზადებს შემდგომში გადასვლას; როცა ამა თუ იმ ფაზის გასავლელად შესაბამისი პირობები არ არის, მიტოზის პროცესი ირღვევა, რაც გავლენას ახდენს უჯრედის შემდგომ განვითარებაზე.

უჯრედის დაყოფის მამოძრავებელი ძალებია უჯრედული ცენტრი და მიტოზური აპარატი.

უჯრედული ცენტრი – ციტოპლაზმური ორგანელია. დადგენილია, რომ ეს ორგანელი შედგება ერთი და ორი წვრილი გრანულისაგან, რომელთაც ცენტრიოლები ეწოდება. მათი დანახვა შეიძლება ინტერფაზაში. ცენტრიოლები ჩვეულებრივ შემოსაზღვრულია ნათელი ზონით, რომელსაც უწოდებენ ცენტრომერებს, მის შემდეგ განლაგებულია მეტად მკვრივი ზონა – ცენტროსფერა, რომელთაგან გამოდიან ასტროსფერები. პროფაზაში ცენტრიოლები მიემართებიან პოლუსებისაკენ, ცენტროსომა გარდაიქმნება წაგრძელებულ სხეულად – ცენტროდესმად, საიდანაც წარმოიქმნება თითისტარა.

უჯრედული ცენტრი თვითწარმოქმნადი სისტემაა, რომლის რეპროდუქცია წინ უძღვის ქრომოსომების რეპროდუქციას, რის გამოც ეს უჯრედული დაყოფის პირველი აქტია.

მიტოზური აპარატი უჯრედის მუდმივი ორგანელი არაა და არამყარ სტრუქტურას წარმოადგენს. მას მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია უჯრედის გაყოფაში. მიტოზური აპარატის ჩამოყალიბება იწყება პროფაზის ბოლოს და მთავრდება მეტაფაზაში. იგი შედგება დაყოფის თითისტარასაგან და ქმნის ძაფების კომპლექტს. ერთი კომპლექტისაგან ყალიბდება საყრდენი ძაფები, რომლებიც აკავშირებს უჯრედის პოლუსებს ერთმანეთთან, ხოლო მეორე კომპლექტისაგან ყალიბდება გამწევი, ანუ ქრომოსომული ძაფები, რომლებითაც ქრომოსომის ცენტრომერი მიმაგრებულია პოლუსებთან.

ნახ.1. მიტოზური ციკლი

საყრდენი ძაფები განაპირობებენ თითისტარას საერთო სტრუქტურას, მიემართებიან პოლუსის ერთი ბოლოდან მეორემდე. გამწვევი ძაფები უზრუნველყოფენ ქრომოსომების ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ განრიდებას, ე.ი. მათ მოძრაობას მეტეფაზასა და ანაფაზას დროს.

მიტოზურ ციკლში გამოყოფენ პროფაზას, მეტაფაზას, ანაფაზის და ტელოფაზის პერიოდებს.

პროფაზა – მიტოზის პირველი ფაზაა. ამ ფაზაში ბირთვი მოცულობაში იზრდება, შემდეგ კი მიმდინარეობს ქრომოსომების განვითარების პროცესი. პროფაზის დროს ხორციელდება უჯრედის ბირთვის სტრუქტურების ძირეული გადაჯგუფება. რომოსომებს ადრეულ პროფაზაში გრძელი, წვრილი ძაფის სახე აქვთ და რადგანაც ისინი ამ დროს ნაკლებად სპირალურ მდგომარეობაში იმყოფებიან. განლაგებული არიან ბირთვის მთლიან ღრუში. ქრომოსომების სპირალიზაციის ხარისხი თანდათან ძლიერდება, რის გამოც ისინი ხდებიან კომპაქტური სტრუქტურის, რაც უზრუნველყოფს მათი მოძრაობის შესაძლებლობას მიტოზის შემდეგ სტადიაში. პროფაზის ბოლოს ქრომოსომები მოკლდებიან, მსხვილდებიან და გადაინაცვლებენ ბირთვის პერიფერიებში. პროფაზის დასასრულს გვაუწყებს ბირთვის გარსის დაშლა და ბირთვაკის გაქრობა. ამ დროს ქრომოსომების სპირალიზაცია აღწევს მაქსიმუმს ბირთვაკის გაქრობის დროს კი მისი შიგთავსი გადაინაცვლებს თანამგზავრიან ქრომოსომებში, საიდანაც მიტოზური ციკლის დასრულების შემდეგ კვლავ აღდგება ბირთვაკი.

მეტაფაზაში ქრომოსომები, რომლებიც ჯერ კიდევ არ განშორებულან, იმყოფებიან პოლარიზებული მიტოზური აპარატის კონტროლის ქვეშ, ისინი თავსდებიან ეკვატორულ სიბრტყეში, გასაყოფი უჯრედის ორ პოლუსს შორის. ე.წ. ეკვატორულ ანუ მეტაფაზურ ფირფიტაზე. მეტაფაზის განმასხვავებელია ცენტრომერების ზუსტი განლაგება ერთ სიბრტყეში, პოლუსების მკვეთრად შუა ნაწილში. მიტოზის ამ პერიოდში თითოეული ქრომოსომა წარმოიქმნება მაქსიმალურად დამოკლებული ორი ქრომატიდისაგან, რომელთა შორის ნათლად ჩანს გასწვრივი ხვრელი.

ჩვეულებრივ ამ ფაზაში ითვლიან ქრომოსომების რიცხვს და სწავლობენ მათ მორფოლოგიურ სტრუქტურას.

იმ დროს, როდესაც შვიდეული ქრომატიდები განრიდებას იწყებენ, გვიანი მეტაფაზა გადადის ადრეულ ანაფაზაში. ანაფაზა იწყება ცენტრომერების დაყოფის მომენტიდან მეტაფაზაში არსებული წონასწორობის ძალების დარღვევით და მთავრდება შვიდეული ქრომატიდების ორი მოპირდაპირე პოლუსისაკენ განრიდებით, ჯერ ცენტრომერები უბიძგებენ ერთმანეთს, შემდეგ გამწვევი ძაფები მოკლდება და ქრომოსომები განერიდებიან ერთმანეთს,

საყრდენი ძაფები წყდება და ქრომოსომები თანდათან თავს იყრიან საწინააღმდეგო პოლუსებზე.

ანაფაზას დასასრულს, თითისტარა ეკვატორზე მჭიდროვდება და ღებულობს კასრისებრ ფორმას, ამ დროს ყალიბდება ფრაგმოპლასტი.

ტელოფაზა იწყება მაშინ, როცა მთავრდება ქრომოსომების ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ გადასვლა. ქრომონემები თანდათან დესპირალიზდებიან, გრძელდებიან და ისეთ მდგომარეობას უბრუნდებიან, როგორიც ჰქონდათ ინტერფაზაში. დესპირალიზაციის პარალელურად მიმდინარეობს ქრომოსომების ირგვლივ თავმოყრილი ენდოპლაზმური ბადის ნივთიერებებიდან ახლად წარმოქმნილი ბირთვების გარსის აღდგენა. ტელოფაზის ბოლოს თანამგზავრიანი ქრომოსომებიდან ხელახლა ფორმირდება ბირთვაკი.

ამრიგად, ტელოფაზის დასასრულს წარმოიქმნება ორი ბირთვი, აღდგება ბირთვის გარსი და ბირთვი გადადის ინტერფაზულ მდგომარეობაში. ამით მთავრდება მიტოზი.

მიტოზის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ქსოვილის სპეციფიკაზე, უჯრედის ასაკზე, ორგანიზმის ფიზიოლოგიურ აქტიურობაზე და გარემოს პირობებზე. მიტოზის განვითარებაზე მოქმედებს ტემპერატურა, განათება, კვება, ტოქსიკური (ნარკოტიკები და შხამები) ნივთიერებები.

მიტოზის ასათვისებლად ამოვსხნათ ამოცანები:

ა მ ო ც ა ნ ა 1. 1-ელ ნახ.-ზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. ინტერფაზის რომელ პერიოდში ხდება დნმ-ის მოლეკულის სინთეზირება?
2. მიტოზის რომელ ფაზაში მთავრდება დაყოფის თითისტარას ჩამოყალიბება?
3. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება ანაფაზა?
4. მიტოზის რომელ ფაზებს მოიცავს დაყოფისა და მოძრაობის პერიოდი?
5. მიტოზის რომელ ფაზაში აღდგება ბირთვის გარსი და ბირთვაკი.

ამოცანის გადაწყვეტა

სტუდენტს წინასწარ ურიგდება ტრაფარეტი ციფრებით. თითოეული კითხვის პასუხი აღინიშნება შესაბამის რიგში.

1. მიტოზს წინ უძღვის დაყოფისათვის საჭირო მომზადების პროცესი, რომელსაც ინტერფაზა ეწოდება. მასში ასხვავებენ სამ პერიოდს: პრესინთეზურს, სინთეზურს, პოსტსინთეზურს. პრესინთეზურში მიმდინარეობს მარტივი ცილების – ჰისტონების სინთეზი, სინთეზურში მიმდინარეობს დნმ-ის სინთეზი, ხოლო პოსტსინთეზურ პერიოდში ხდება დნმ-ის ქრომოსომების გაორმაგება და ატფ-ის მარაგის დაგროვება, ე.ი. პირველი კითხვის პასუხია – სინთეზური პერიოდი. 1 ნახ.-ზე სინთეზურ პერიოდს შეესაბამება (S), რომელიც აღნიშნულია ციფრით 2.
2. დაყოფის თითისტარას ჩამოყალიბების შესახებ ლიტერატურაში სხვადასხვა მოსაზრება არსებობს. მეცნიერების ერთი ნაწილი მიუთითებს, რომ მისი ჩამოყალიბება იწყება ინტერფაზაში, ხოლო მეორენი დასაწყისად გვიან პროფაზას თვლიან, ჩვენი კითხვა, რომელიც დაყოფის თითისტარას დამთავრებას ეხება, ყველა სახელმძღვანელოში ერთნაირადაა მითითებული და აღინიშნება გვიან პროფაზაში ან ადრეულ მეტაფაზაში. სურათზე ნაჩვენები გვაქვს მხოლოდ გვიანი პროფაზა და ტიპობრივი მეტაფაზა. ამიტომ ამ კითხვის პასუხი უნდა აღინიშნოს ციფრით 5.

3. ანაფაზა იწყება ცენტრომერების დაყოფის მომენტიდან. მეტაფაზაში არსებული წონასწორობის ძალების დარღვევით. ცენტრომერები უბიძგებენ ერთმანეთს, შვიდეული ქრომატიდები იწყებენ მოძრაობას მოპირდაპირე პოლუსებისაკენ. ჯერ სცილდებიან ცენტრომერების უბნები, რასაც სწრაფად მოჰყვება ქრომოსომების განრიდება პოლუსებისაკენ. ანაფაზის დასასრულს თითისტარა ეკვატორზე მჭიდროვდება და ღებულობს კასრისებრ ფორმას, რომელსაც ფრაგმოპლასტი ეწოდება. თუ ეს პროცესი სტუდენტმა კარგად იცის, ნახ-ზე ადვილი მოსაძებნია ანაფაზა, რომელიც ციფრით 7 არის აღნიშნული.
4. მიტოზში ასხვავებენ სამ პერიოდს. ა. რეორგანიზაციის – მოიცავს პროფაზას, რომლის დროსაც ინტერფაზაში სინთეზირებული უჯრედული მასალიდან შენდება ქრომოსომის სტრუქტურული ელემენტები და მიტოზური აპარატი. ამასთან, იშლება ბირთვაკი და ბირთვის გარსი. ბ. დაყოფისა და მოძრაობის პერიოდი – მეტაფაზა და ანაფაზა. გ. რეკონსტრუქციის პერიოდი, რომლის დროსაც უჯრედის ტიპობრივი ორგანიზაცია აღდგება – ტელოფაზა. მეოთხე კითხვის პასუხი მოიცავს, მეტაფაზას და ანაფაზას, ამიტომ უნდა აღინიშნოს ორივე ციფრით – 6-თა და 7-ით.
5. ტელოფაზის დასასრულს წარმოიქმნება ორი ბირთვი, აღდგება გარსი; ბირთვაკი და ბირთვი გადადის ინტერფაზულ მდგომარეობაში.
ამ პერიოდში ბირთვის დაყოფას თან სდევს ციტოპლაზმის გაყოფაც, რომელიც მთავრდება ციტოკინეზით. სურათზე ტელოფაზას შეესაბამება ციფრი 8 და 9, მაგრამ ჩვენ გვეკითხებიან გარსისა და ბირთვაკის აღდგენას, ამიტომ უნდა აღინიშნოს ციფრით 9.
ა მ ო ც ა ნ ა 2. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:
 1. ინტერფაზის რომელ პერიოდს ეწოდება პრესინთეზი?
 2. ინტერფაზის რომელ პერიოდს ეწოდება პოსტინთეზი?
 3. მიტოზის რომელ ფაზაშია განლაგებული ქრომოსომები ეკვატორზე?
 4. მიტოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების ცენტრომერების მთლიანი დაშორება?
 5. მიტოზის რომელ ფაზაში გვხვდება ბირთვი, ბირთვაკი და ქრომოსომები?
ა მ ო ც ა ნ ა 3. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:
 1. ინტერფაზის რომელ პერიოდში ხდება დნმ-ის მოლეკულის რედუპლიკაცია?
 2. ინტერფაზის რომელ პერიოდში იწყება მიტოზური თითისტარას ჩამოყალიბება?
 3. მიტოზის რომელ ფაზაში მთავრდება მიტოზური თითისტარას ჩამოყალიბება?
 4. მიტოზის რომელ ფაზაში იწყება ქრომოსომების სპირალიზაცია?
 5. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება მეტაფაზა?
ა მ ო ც ა ნ ა 4. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:
 1. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება ანაფაზა?
 2. ინტერფაზის რომელ პერიოდს ეწოდება პრესინთეზური?
 3. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება ტელოფაზა?
 4. მიტოზის რომელ ფაზაშია უკეთ გამოსახული ქრომოსომების აგებულება?
 5. მიტოზური ციკლის რომელ პერიოდში ხდება ციტოპლაზმის და მისი ორგანოიდების მთლიანი განცალკევება შვიდეულ უჯრედებში?

ა მ ო ც ა ნ ა 5. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მიტოზის რომელ ფაზაშია ქრომოსომები განლაგებული უჯრედის ეკვატორზე?
2. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება პროფაზა?
3. მიტოზის რომელ ფაზას მოიცავს რეკონსტრუქციის პერიოდი?
4. ინტერფაზის რომელ პერიოდში ხდება დნმ-ის მოლეკულის რედუპლიკაცია?
5. მიტოზის რომელ ფაზაში ხდება დაყოფის თითისტარას ძაფების მიმაგრება ქრომოსომების ცენტრომერებთან?

ა მ ო ც ა ნ ა 6. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მიტოზის რომელი ფაზის ბოლოს ხდება ბირთვის გარსის დაშლა?
2. ინტერფაზის რომელ პერიოდს ეწოდება პოსტსინთეზური?
3. მიტოზის რომელ ფაზას მოიცავს რეორგანიზაციის პერიოდი?
4. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება მეტაფაზა?

ა მ ო ც ა ნ ა 7. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მიტოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების დესპირალიზაცია?
2. მიტოზის რომელ ფაზაში ხდება ბირთვაკის დაშლა?
3. ინტერფაზის რომელ პერიოდში ხდება მარტივი ცილების დავროვება?
4. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება ანაფაზა?
5. მიტოზის რომელ ფაზას მოიცავს დაყოფისა და მოძრაობის პერიოდი?

ა მ ო ც ა ნ ა 8. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება მეტაფაზა?
2. მიტოზის რომელ ფაზაში იწყება ბირთვის გარსის და ბირთვაკის აღდგენა?
3. ინტერფაზის რომელ პერიოდში ხდება ბირთვის მემკვიდრული მასალის გაორმაგება?
4. მიტოზის რომელ პერიოდში ხდება უჯრედის სტრუქტურის რეორგანიზაცია?
5. რომელ ფაზას ეწოდება ციტოკინეზი.

ა მ ო ც ა ნ ა 9. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მიტოზის რომელ ფაზაში ხდება კინეტოქორების მიმაგრება თითისტარას გამწვევ ძაფებთან?
2. მიტოზის რომელ ფაზაში მთავრდება ციტოპლაზმისა და მისი ორგანოიდების გადანაწილება შვილეულ უჯრედებში?
3. ინტერფაზის რომელ პერიოდს ეწოდება პოსტსინთეზური?
4. ინტერფაზის რომელ პერიოდში ხდება დნმ-ის სინთეზირება?
5. მიტოზის რომელ ფაზაში იწყება ცენტრომერების დაყოფა?

ა მ ო ც ა ნ ა 10. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება ტელოფაზა?
2. მიტოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების დათვლა?
3. მიტოზური ციკლის რომელ პერიოდში ხდება ბირთვის რეკონსტრუქცია შვილეულ უჯრედებში?
4. მიტოზის რომელ ფაზაში იწყება ბირთვაკის რეგენერაცია?
5. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება პრომეტაფაზა?

ა მ ო ც ა ნ ა 11. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. ინტერფაზის რომელ პერიოდში ხდება უჯრედის გენეტიკური მასალის გაორმაგება?
2. მიტოზის რომელ ფაზაში ხდება აქრომატინებული თითისტარას ძაფების ჩამოყალიბება?
3. მიტოზის რომელ ფაზაში ხდება ცენტრომერების ეკვატორის სიბრტყეში განლაგება და ქრომოსომების მორფოლოგიის მკვეთრი გამოსახულება?
4. რომელ ფაზას ეწოდება ციტოკინეზი?
5. მიტოზური ციკლის რომელ პერიოდს ეწოდება პოსტინთეზური?

ა მ ო ც ა ნ ა 12. სურათზე მოცემულია მიტოზური დაყოფის პერიოდები და ფაზები. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მიტოზის რომელ ფაზაში შედგება ქრომოსომები ორი ქრომატიდისაგან?
2. ინტერფაზის რომელ პერიოდში ხდება მარტივი ცილების სინთეზირება?
3. მიტოზის რომელ ფაზაში იწყება ქრომოსომების სპირალიზაცია?
4. მიტოზის რომელ ფაზაში იწყება ქრომოსომების გადაადგილება პოლუსებზე?
5. მიტოზის რომელ ფაზას ეწოდება მეტაფაზა?

მეიოზი

მეიოზი დამახასიათებელია სქესობრივად მამრავლი ყველა ორგანიზმისათვის. ტერმინი “მეიოზი” წარმოდგება ბერძნული სიტყვიდან “მეიოზის”, რაც ნიშნავს შემცირებას. მეიოზის დროს მიმდინარეობს ქრომოსომების რიცხვის რედუქცია (ორჯერ შემცირება), ამის გამო ადრე ამ პროცესს რედუქციულ დაყოფასაც უწოდებდნენ.

გამეტების წარმოქმნისას ქრომოსომების რიცხვის ორჯერ შემცირება აუცილებელია, რადგან განაყოფიერების (გამეტების შერწყმის) შედეგად (ზიგოტაში) მიმდინარეობს მისი გაორმაგება. თუ გამეტების წარმოქმნისას ქრომოსომების გაორმაგებული რაოდენობა ორჯერ არ შემცირდა, მაშინ მათი რიცხვი თაობიდან თაობამდე გაიზრდება; ამიტომ ყველა ორგანიზმისათვის, რომელთაც ახასიათებთ სქესობრივი გზით გამრავლება, აუცილებელია ქრომოსომების განსხვავებული რიცხვითი ფაზების მორიგეობის აქტი, ჰაპლოფაზა – გამეტოფიტისა და დიპლოფაზა სპოროფიტისა.

მეიოზი შედგება ერთმანეთის თანმიმდევრი ორი დაყოფისაგან: რედუქციული, რომელსაც თან სდევს ქრომოსომების რიცხვის ორჯერ შემცირება და ეკვაციური, რომელიც ისევე მიმდინარეობს, როგორც ჩვეულებრივი მიტოზი. მეიოზის ციკლის თანმიმდევრად ფაზებს აღნიშნავენ რედუქციული I-ით, ხოლო ეკვაციურს – II-ით.

მეიოზი იწყება რედუქციული დაყოფის პროფაზა I-ით. რომელიც შედგება ხუთი სტადიისაგან: ლეპტონემა, ზიგონემა, პაქინემა, დიპლონემა, დიაკინეზი (ნახ.2).

ლეპტონემა – ქრომოსომები ამ ფაზის დასაწყისში წვრილი, გრძელი და ძნელად გასარჩევია. თანდათან ქრომოსომები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან. ადრეულ ლეპტონემაში ქრომატინული ძაფები ბირთვის მთლიან არეში უწესრიგოდაა გაბნეული. ლეპტონემას დასასრულს იწყება ამ ძაფების პარალელურად განლაგება.

ზიგონემა – იწყება ჰომოლოგიური (ჰომოლოგიური – ისეთი წყვილი ქრომოსომაა, სადაც ერთი მიღებულია, კვერცხუჯრედიდან, ხოლო მეორე – სპერმიდან), ქრომატინული ძაფების წყვილადი განლაგებით, ე.ი. ხდება კონიუგაცია, რის შედეგადაც მიიღება ბივალენტები, ამ დროს ქრომოსომები შეიძლება შეერთდნენ თავიანთი პოლარიზებული ბოლოებით, მაშინ კონიუგაცია ხორციელდება მთელი სიგრძით ან შეერთდებიან ცალკეული უბნებით. კონიუგაცია გამოირჩევა განსაკუთრებული სიზუსტით და სპეციფიკურობით. ზიგონემის დასასრულს იწყება ქრომოსომათა სპირალიზაცია.

პაქინემა – ქრომოსომების სპირალიზაცია ძლიერდება, ისინი მოკლდება და მსხვილდება. სპირალიზაციას თან სდევს ჰომოლოგი ქრომოსომების ურთიერთგადაგრეხა, გადაჯვარედინება, რასაც კროსინგოვერი ეწოდება. კროსინგოვერის შედეგად ქრომატიდებს შორის მიმდინარეობს უბნების ურთიერთგაცვლა, სეგმენტების შერწყმა. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს მათი გენეტიკური დახასიათებისათვის. იგი იწვევს ღრმა გარდაქმნებს, კროსინგოვერის საშუალებით ხელსაყრელი პირობები იქმნება შეჯვარებით მიღებული იქნეს თაობებში მრავალფეროვანი გენეტიკური მასალა.

დიპლონემა – გრძელდება ქრომოსომების შემოკლება და გამსხვილება. ცენტრომერები იწყებენ უკუგდებას, ამ დროს ქრომატიდები, რომლებიც მთელ სიგრძეზე შეერთებული, ერთმანეთს შორდებიან და ზოგ ადგილას რჩება შეერთებული. შეერთების ადგილებს ქიაზმები ეწოდება. ქიაზმების რიცხვი დამოკიდებულია ქრომატიდების სიგრძეზე და სპირალიზაციის ხარისხზე. თვით ქიაზმების რაოდენობა უზრუნველყოფს კროსინგოვერს. რაც მეტია ქიაზმა, მით მეტი ახალი ნიშან-თვისება წარმოიქმნება.

დიაკინეზი – ბივალენტები მაქსიმალურად მოკლდება, ბირთვაკი მცირდება და ბოლოს ქრება, თანდათან ბივალენტები ლაგდება ბირთვის პერიფერიებში, სპირალიზაცია აღწევს მაქსიმუმს და იშლება ბირთვის გარსი.

მეტაფაზა I – ფორმირდება მიტოზური აპარატი, რომლის ძირითადი ელემენტი თითისტარა და ქრომოსომები ლაგდებიან თითისტარას ეკვატორზე. ჰომოლოგიური ქრომოსომები ორიენტირებულია ისე, რომ ბივალენტის ერთი ქრომოსომის ცენტრომერი მიმართულია ერთი პოლუსისაკენ, ხოლო მეორე – მეორე პოლუსისაკენ. ამასთანავე, ცენტრომერები ერთმანეთს ძლიერ უბიძგებენ, განსხვავებით მიტოზისა. მეიოზში დაყოფის ერთეულს წარმოადგენს არა ქრომატიდა, არამედ ქრომოსომა, ამიტომ დაყოფის ერთეულის ორჯერ გამსხვილება იწვევს ქრომოსომების რიცხვის ორჯერ შემცირებას.

ანაფაზა I – ჰომოლოგიური ქრომოსომისაგან შემდგარი ბივალენტები ცალკეელებიან, ერთმანეთს უბიძგებენ და სხვადასხვა პოლუსისაკენ მიემართებიან. ანაფაზურ ქრომოსომებს სხვადასხვა ფორმა აქვთ, რაც დამოკიდებულია მათი ცენტრომერების მდგომარეობაზე. ანაფაზაში განშორების შემდეგ მდებარეობით და მამრობით ქრომოსომათა შემადგენლობა გასხვავდება საწყისისაგან, რადგან გადაჯვარედინებისას ჰომოლოგიური ქრომატიდები უბნებს იცვლიან.

ტელოფაზა I – ქრომოსომები თავს იყრიან საწინააღმდეგო პოლუსებზე. ქრომოსომები გარკვეული დროით კონდენსირებულ მდგომარეობაშია და ინარჩუნებენ თავიანთ მორფოლოგიურ თვისებებს, ამის შემდეგ იწყება შემოკლებული ინტერკინეზი – ორ დაყოფას შორის მოსვენების პერიოდი. ზოგიერთ მცენარეებში ინტერკინეზი გახანგრძლივებულია და ამ დროს ხდება ქრომოსომების დესპირალიზაცია.

ტელოფაზა I –ის ბოლოს მიიღება ერთ უჯრედში ორი ბირთვი, რომელიც გამოყოფილია ტიხრით, მათ მეიოზის დიადა ეწოდება. დიადას თითოეულ უჯრედში ქრომოსომების რიცხვი განსხვავებულია (ჰაპლოიდური).

პროფაზა II. მეიოზის მეორე დაყოფა მიმდინარეობს სწრაფად. პირველი დაყოფის შემდეგ ბირთვები მომზადებულია. მოკლე პროფაზა II-ის შემდეგ სწრაფად ყალიბდება თითისტარა და იწყება მეტაფაზა II. ქრომოსომები, რომლებიც შედგებიან ორი განცალკევებული ქრომატიდისაგან და შეერთებულია ცენტრომერებით, ლაგდებიან თითისტარას ეკვატორზე. მეტაფაზა II-ის ბოლოს თითოეული ქრომოსომის ქრომატიდების შემაერთებელი ცენტრომერები ცალკევდებიან და ორი შვილეული ქრომატიდი სწრაფად განერიდება საწინააღმდეგო პოლუსებისაკენ და იწყება ანაფაზა II.

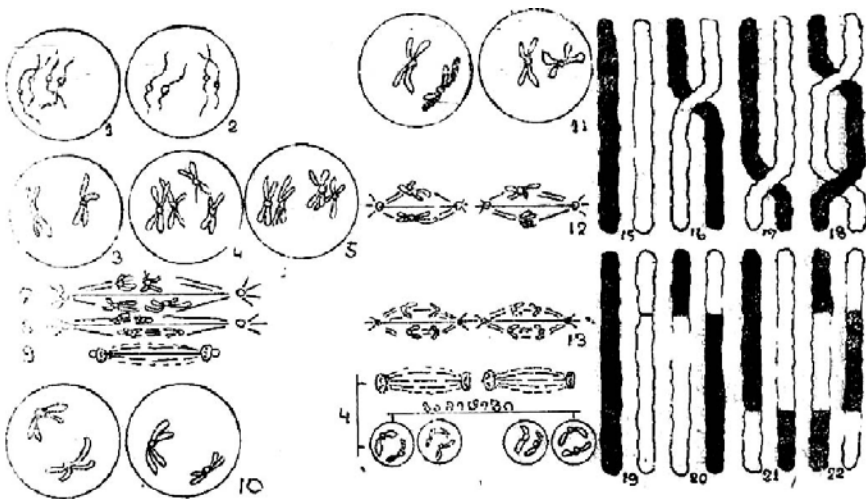
ანაფაზა II. რადგან მეიოზის მეორე დაყოფის დროს ქრომოსომების სიგრძივი ნახევრები (ქრომატიდები) განერიდებიან ერთმანეთს, ტელოფაზა II-ში წარმოქმნილი ოთხი ბირთვიდან თითოეულში ხდება საწყისი ქრომოსომის თითო ქრომატიდა, ამგვარად, თითოეული ეს ოთხი ბირთვი შეიცავს ქრომოსომების ჰაპლოიდურ რიცხვს, ამავე დროს თითოეული ქრომოსომა წარმოდგენილია ერთ ეგზემპლარად.

ტელოფაზა II –ში ქრომოსომები დესპირალიზებულია, წარმოიქმნება შვილეული ბირთვები და ჩაისახება უჯრედული ტიხარი. ეს პროცესი დიადის ყოველ უჯრედში მიმდინარეობს სინქრონულად. ამრიგად, თითოეული მიკრო ამ მეგასპორის დედისეული უჯრედი მეიოზის ორი დაყოფის შემდეგ წარმოქმნის 4 სპორას, ქრომოსომების ჰაპლოიდური რიცხვით. მას მეიოზის ტეტრადა ეწოდება.

მეიოზის ასათვისებლად ამოეხსნათ ამოცანები.

ა მ ო ც ა ნ ა 1. მე-2 ნახ.-ზე მოცემულია უჯრედების მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზაში მიმდინარეობს ქრომოსომების კონიუგაცია?
2. მეიოზის რომელ ფაზაში განლაგდებიან ბივალენტები უჯრედის ეკვატორზე?
3. მეიოზის რომელ ფაზაში მიიღება დიადა?
4. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება მეტაფაზა II?
5. ქერის საწყის არქესპორიულ უჯრედებში 42 ქრომოსომაა. რამდენი ქრომოსომა იქნება მიკროსპორაში?



ნახ. 2. მეიოზური ციკლი

ამოცანის გადაწყვეტა

1. მეიოზის ციკლი შედგება ორი თანმიმდევრული დაყოფისაგან – პირველი (I) და მეორე (II). პირველი, რედუქციული დაყოფის პროფაზა I მეტად რთულია და იგი დაყოფილია ხუთ სტადიად: ლეპტონემა, ზიგონემა, პაქინემა, დიპლონემა და დიაკინეზი. ლეპტონემა შეესაბამება მიტოზის ადრეულ ფაზას. ქრომოსომები ამ დროს წვრილი და ძნელად გასარჩევია. შემდეგში ქრომატინული ძაფების სახე თანდათან შესამჩნევი ხდება. ქრომატინული ძაფები ბირთვის მთლიან არეში უწყესრიგოდ დანაწილდება და იწყება პარალელურად განლაგების ტენდენცია. ლეპტონემასა და ზიგონემას შორის ხშირად არჩევენ შუალედურ ფაზას, რასაც სინაპსისის სტადია ეწოდება.

ზიგონემა ხასიათდება ჰომოლოგიური ქრომატინული ძაფების წყვილადი განლაგებით, ე.ი. იწყება ქრომოსომების კონიუგაცია. ამ დროს ქრომოსომები შეიძლება შეუერთდეს პოლარიზებული ბოლოებით და იწყება ბივალენტების წარმოქმნა. კონიუგაცია გამოირჩევა განსაკუთრებული სიზუსტით და სპეციფიკურობით. თითოეულ წყვილში კონიუგირდება ორი ჰომოლოგიური ქრომოსომა (მდედრობითი და მამრობითი).

აღნიშნულ კითხვას შეესაბამება ზიგონემა. მე-2 ნახაზზე ზიგონემა აღნიშნულია ციფრით 2.

2. ჩვენთვის ცნობილია, რომ ბივალენტები უჯრედის ეკვატორზე განლაგდებიან მეტაფაზაში. ამ დროს ბივალენტის ერთი ცენტრომერა მიმართულია ერთი პოლუსისაკენ, ხოლო მეორე – მეორე პოლუსისაკენ. იმის გამო, რომ მეიოზი ორი დაყოფისაგან შედგება – მეტაფაზა I და მეტაფაზა II, სრული პასუხის გასაცემად უნდა აღინიშნოს ორივე მეტაფაზა. სურათზე მეტაფაზა I-ს შეესაბამება ციფრი 7, ხოლო მეტაფაზა II-ს – ციფრი 12. მეორე კითხვის პასუხად აღინიშნება ციფრი 7 და 12.

3. რედუქციული დაყოფის ტელოფაზაში ქრომოსომები საწინააღმდეგო პოლუსებზე ნაწილდება, იმყოფებიან კონდენსირებულ მდგომარეობაში, ინარჩუნებენ თავიანთ მორფოლოგიურ თვისებებს, მცენარეებში წარმოიქმნება ორი ბირთვი, რომელიც გამოცალკევებულია უჯრედული ტიხრით. ამ დროს მიიღება დიადა (ორი ბირთვი) ქრომოსომების ჰაპლოიდური ანაწყობით. მე-2 სურათზე ამ პერიოდს შეესაბამება ციფრი 10. შემდეგში იწყება ინტერკინეზი (ორ დაყოფას შორის მოსვენების პერიოდი). ეს პერიოდი აღნიშნულია ციფრით 11, ამიტომ მესამე კითხვის პასუხი შეიძლება აღინიშნოს ციფრით 11 ან 11-თა და 10-ით.

4. მეორე კითხვა მსგავსია მეოთხისა. თუ სტუდენტს მყარი ცოდნა არა აქვს, იგი აღნიშნავს ციფრ 7-ს და 12-ს. მეტაფაზა II-ს კი შეესაბამება ციფრი 12.

5. მეიოზის არსი მდგომარეობს ქრომოსომების რიცხვის განახევრებაში. დიპლოფაზა ამ დროს გადადის ჰაპლოფაზაში. დიადის უჯრედი უკვე შეიცავს ქრომოსომების n – რიცხვს. ამის შემდეგ მცენარეებში იწყება მიკროსპორისა და მაკროსპორის განვითარება. თუკი ქერის არქესპორალურ უჯრედში ქრომოსომების რიცხვია 42, მაშინ მიკროსპორაში უნდა იყოს ქრომოსომების რიცხვის ნახევარი, ე.ი. 21. კარტოტეკაზე აღინიშნება რიცხვი 21.

ა მ ო ც ა ნ ა 2. სურათზე მოცემულია უჯრედის მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზაში შედგება ქრომოსომა ორი ქრომატიდისაგან?
2. მეიოზის რომელ ფაზაში მიმდინარეობს ქრომოსომების ინტენსიური სპირალიზაცია და ბივალენტების წარმოქმნა?
3. მეიოზის რომელ ფაზაში იწყება კროსინგოვერი?
4. კროსინგოვერის რომელ ტიპს ეწოდება “ორმაგი კროსინგოვერი ქრომატიდებს შორის”?
5. პომიდორის საწყის არქესპორალურ უჯრედში 24 ქრომოსომაა. რამდენი ქრომოსომაა მიკროსპორაში?

ა მ ო ც ა ნ ა 3. სურათზე მოცემულია უჯრედის მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ზიგონემა?
2. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ანაფაზა I?
3. მეიოზის რომელ ფაზაში იწყება ქიაზმების წარმოქმნა?
4. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების რიცხვის განახევრება?
5. სიმინდის სომატურ უჯრედებში 20 ქრომოსომაა. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ღიადის თითოეული ბირთვი?

ა მ ო ც ა ნ ა 4. სურათზე მოცემულია უჯრედის მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება დიაკინეზი?
2. რამდენი ქრომატიდი შედის ერთ ბივალენტში?
3. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება მეტაფაზა I?
4. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ტელოფაზა II?
5. სიმინდის სომატურ უჯრედებში 20 ქრომოსომაა, აქედან ნახევარი დედისეულია. მიკროსპორაში დედისეული ქრომოსომების მაქსიმალური რა რაოდენობა შეიძლება იყოს თუ კროსინგოვერი არ მომხდარა?

ა მ ო ც ა ნ ა 5. სურათზე მოცემულია უჯრედის მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

- მეიოზის რომელ ფაზაში იწყება ბივალენტში ქრომოსომების უკუბრუნება?
1. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება მეტაფაზა II?
 2. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ინტერკინეზი?
 3. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების კონიუგაცია?
 4. ხახვის სომატურ უჯრედებში 16 ქრომოსომაა. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს უჯრედი მეტაფაზა II-ში?

ა მ ო ც ა ნ ა 6. სურათზე მოცემულია უჯრედის მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ლეპტონემა?
2. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ბივალენტების განლაგება ბირთვის პერიფერიებში?
3. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ანაფაზა II?
4. რამდენი შვილეული უჯრედი მიიღება მეიოზის შედეგად?
5. მაგარი ხორბლის არქესპორალურ უჯრედში 28 ქრომოსომაა. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს უჯრედი ანაფაზა I-ში?

ა მ ო ც ა ნ ა 7. სურათზე მოცემულია უჯრედის მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების დესპირალიზაცია?

2. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ჰომოლოგიური ქრომოსომების კონიუგაცია?
3. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ტელოფაზა I?
4. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების პოლუსებზე გადანაცვლება?
5. შაქრის ჭარხლის სომატურ უჯრედებში 18 ქრომოსომაა. რამდენი ქრომოსომაა უჯრედში მეტაფაზა I-ში?

ა მ ო ც ა ნ ა 8. სურათზე მოცემულია უჯრედის მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის პროფაზის რომელ სტადიაში ხდება ქრომოსომების კონიუგაცია?
2. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ანაფაზა I?
3. კროსინგოვერის რომელ ტიპს ეწოდება “ორმაგი კროსინგოვერი ქრომატიდებს შორის”?
4. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება დაყოფის თითისტარას ჩამოყალიბება?
5. კომბოსტოს სომატურ უჯრედებში 18 ქრომოსომაა. რამდენი ქრომოსომაა მიკროსპორაში?

ა მ ო ც ა ნ ა 9. სურათზე მოცემულია უჯრედის მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზაში იწყება ქრომოსომების განრიდება პოლუსებზე?
2. მეიოზის რომელ ფაზაში მიმდინარეობს კროსინგოვერის მოვლენა?
3. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების რედუქცია?
4. კროსინგოვერის რომელ ტიპს ეწოდება “ორმაგი კროსინგოვერი ოთხ ქრომატიდს შორის”?
5. რბილი ხორბლის არქესპორალური უჯრედი შეიცავს 42 ქრომოსომას. რამდენი ბივალენტი შეიძლება წარმოიქმნას პაქინემაში?

ა მ ო ც ა ნ ა 10. სურათზე მოცემულია მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზაში მიმდინარეობს ქრომოსომების კონიუგაცია?
2. მეიოზის რომელ ფაზაში განლაგდებიან ქრომოსომები ეკვატორის სიბრტყეში?
3. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ქრომოსომების დესპირალიზაცია?
4. კროსინგოვერის რომელ ტიპს ეწოდება “ერთმაგი კროსინგოვერი ორ ქრომატიდს შორის”?
5. მარწყვის სომატურ უჯრედში 56 ქრომოსომაა. მათგან ნახევარი დედისეულია. მაქსიმალურად რამდენი დედისეული ქრომოსომა იქნება მიკროსპორაში, თუ კროსინგოვერს ადგილი არ ჰქონია?

ა მ ო ც ა ნ ა 11. სურათზე მოცემულია უჯრედების მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. მეიოზის რომელ ფაზაში აქვს ქრომოსომებს წვრილი, გრძელი ძაფის ფორმა?
2. მეიოზის რომელ ფაზაში წარმოიქმნება ქიაზმები?
3. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება ანაფაზა II?
4. მეიოზის რომელ ფაზაში იწყება დიადების წარმოქმნა?
5. გოგრის სომატურ უჯრედში 24 ქრომოსომაა. რამდენი ბივალენტი მიიღება ჰიგონემაში?

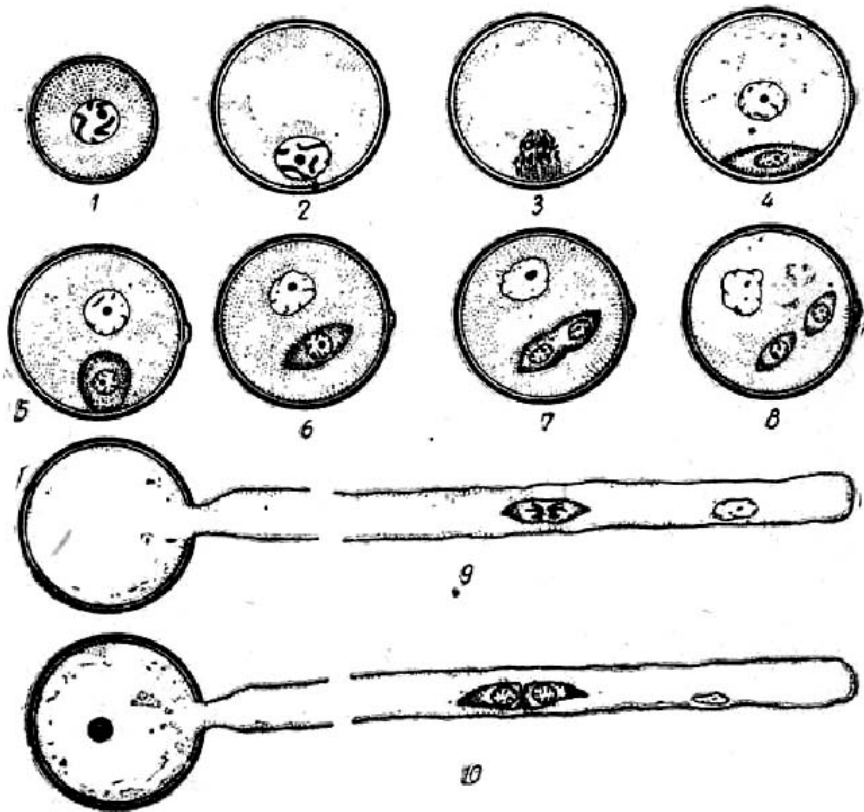
ა მ ო ც ა ნ ა 12. სურათზე მოცემულია უჯრედების მეიოზური დაყოფა. ციფრების გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რედუქციული დაყოფის რომელ ფაზაში ხდება ბირთვის გარსის დაშლა?
2. მეიოზის რომელ ფაზას ეწოდება მეტაფაზა II?

3. რამდენი ქრომოსომაა ანაფაზა II-ის ერთ პოლუსზე, თუ ნივრის სომატურ უჯრედში 16 ქრომოსომაა?
4. რამდენი ბივალენტი მიიღება ზიგონემაში, თუ ჩვეულებრივი კაკლის სასქესო უჯრედში 16 ქრომოსომაა?
5. მეიოზის რომელ ფაზაში ხდება ოთხი ჰაპლოიდური ბირთვის მიღება?

მიკროსპოროგენეზი და მამრობითი გამეტოფიტის განვითარება

მცენარეებში მამრობითი გენერატიული ორგანო – მტვრიანა წარმოიქმნება ყვავილის კვირტიდან. ტვრიანა შედგება სამტვრესაგან და მტვრიანას ძაფისაგან. განვითარებულ სამტვრეს ოთხი ფრთა აქვს. თითოეულ ფრთაში ისახება სამტვრე ბუდე, ე.წ. მიკროსპორანგიუმი. სამტვრე ბუდის შემაღგენელი უჯრედები გაძლიერებულად იყოფა და წარმოქმნიან სპოროგენულ ქსოვილს, რომელსაც უწოდებენ სამტვრეს არქესპორიუმს. ეს უჯრედები არქესპორიუმის პირველადი უჯრედის სახელწოდებას ატარებენ, განიცდიან ერთ ან რამოდენიმე დაყოფას. თითოეული უჯრედიდან წარმოიქმნება გარედან ეპიდერმისის მოსახდვრე კედლისპირა და შინაგანი მეორადი არქესპორიუმის უჯრედები, რომელიც შემდგომში გარდაიქმნება მიკროსპორას დედა უჯრედად. დედა უჯრედიდან ფორმირდება მიკროსპორა და ამ პროცესს მიკროსპოროგენეზი ეწოდება. მიკროსპოროგენეზის დროს ხორციელდება მეიოზი, რომელიც შედგება ორი დაყოფისაგან (I და II დაყოფა), რის შედეგადაც წარმოიქმნება მიკროსპორას ტეტრადები, საიდანაც შემდეგში ვითარდება მამრობითი გამეტები, რომლებსაც ახასიათებს ქრომოსომების ჰაპლოიდური რიცხვი. დედა უჯრედის გარდაქმნა მიკროსპორას ტეტრადად ფარულთესლიან მცენარეებში სხვადასხვანაირად მიმდინარეობს. ამჟამად დადგენილია მიკროსპორას ტეტრადების წარმოშობის სამი ტიპი: სუქცესიური (თანმიმდევრული), შუალედური და სიმულანტური (ერთდროული). ერთლებნიან მცენარეებში ჭარბობს სუქცესიური ტიპით ტეტრადის განვითარება, ხოლო ორლებნიანებში – სიმულანტური, მაგრამ არის გამონაკლისიც.



ნახ.3. მიკროსპოროგენეზი მცენარეებში

დედა უჯრედის გარსის გახსნამდე მიკროსპორა გარშემო წარმოქმნის საკუთარ გარსს – ეკზინას (გარეთ) და ინტინას (შიგნით). მიკროსპორა შემდეგ გადაიქცევა მტვრის მარცვლად, რომელიც დასაწყისში სქელციტოპლაზმიანია; ბირთვი უჯრედის ცენტრშია და ნათლად არაა გამოსახული ვაკუოლიზაცია (ნახ.3).

მტვრის მარცვლის შემდეგი ცვლილებები, რომლებიც იწვევენ მამრობითი გამეტების წარმოქმნას, ხორციელდება სპერმიოგენეზის პროცესში. ყვავილის გაშლამდე რამდენიმე დღით ადრე იწყება პირველადი ბირთვის დაყოფა. ჩვეულებრივი მიტოზისაგან განსხვავებით, მეტაფაზაში თითისტარას ჩასახვა სხვადასხვა პოლუსზე არაერთდროულად მიმდინარეობს. ერთი პოლუსის უჯრედის კედელთან, სადაც მცირე რაოდენობითაა ციტოპლაზმა, ნელ-ნელა ვითარდება გენერატიული ბირთვი, ხოლო მის მოპირდაპირე პოლუსზე ციტოპლაზმა მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა და ვითარდება ვეგეტატიური ბირთვი. მეტაფაზაში წარმოქმნილი თითისტარას ასიმეტრიულობა იწვევს სხვადასხვა ზომის ბირთვების მიღებას.

მტვრის მარცვალში პირველი ბირთვის დაყოფის პროცესი მთავრდება ციტოკინეზით, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება ორი უჯრედი: 1. ვეგეტატიური უჯრედი, რომელიც დიდი ფორმისაა, შედგება მსხვილი, მრგვალი, ფხვიერი ბირთვისაგან და თხევადი ვაკუოლიზებული ციტოპლაზმისაგან. მასში გვხვდება ამინოპლასტები, მიტოქონდრიები, გოლჯის კომპლექსი და დატოტვილი ენდოპლაზმური ბადე. 2. გენერატიული უჯრედი, პატარა ზომისაა მკვრივი ბირთვით, მდიდარი დნმ-ით, სქელციტოპლაზმიანი მაღალი

შემცველობის რნმ-ით. მასში სუსტად განვითარებულია ენდოპლაზმური ბადე, აქვს რიბოსომები, მიტოქონდრიები და გოლჯის კომპლექსი.

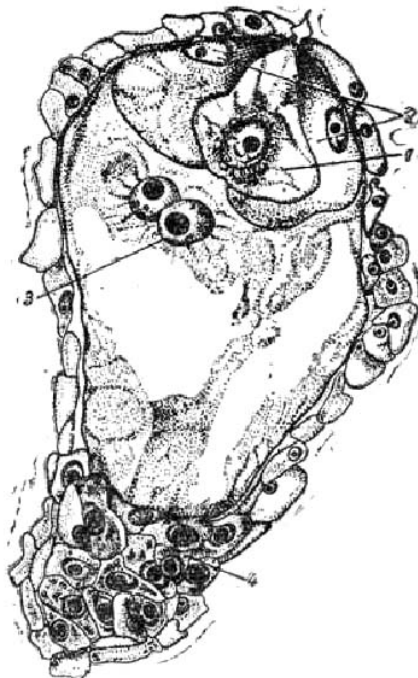
მტვრის მარცვლის განვითარების შემდგომ ეტაპზე გენერაციული უჯრედი იყოფა და წარმოიქმნება ორი სპერმა, ქრომოსომების ჰაპლოიდური ანაწყოებით. ზოგიერთ ფარულთესლოვან მცენარეთა მამრობითი გამეტოფიტის გაფორმება მთავრდება სამტვრე მილში, ზოგიერთში – მტვრის მარცვალში. უფრო ხშირად სპერმების განვითარება, ე.წ. სპერმიოგენეზი მიმდინარეობს მტვრის მარცვლის გაღივებისას სამტვრე მილში.

მტვრის მარცვლის განვითარებაზე ძლიერ მოქმედებს დაბალი ტემპერატურა, ჰაერის და ნიადაგის სიმშრალე, საკვები ნივთიერებების ნაკლებობა და ფიტოპერიოდისადმი არახელსაყრელი პირობები.

მეგასპოროგენეზი და მდედრობითი გამეტოფიტის განვითარება

ფარულთესლიანი მცენარეების მდედრობით ორგანოს წარმოადგენს ბუტკო, რომელიც შედგება: დინგის, სვეტისა და ნასკვისაგან. თესლკვირტის ჩასახვის ადგილი ატარებს ლანცეტის სახელწოდებას, შემდეგში თესლკვირტის ბორცვაკები ძლიერ იზრდება და ვითარდება. ამ ბორცვაკების წვერიდან წარმოიქმნება თესლკვირტის ცენტრალური ნაწილი – ნუცელუსის სახელწოდებით, ხოლო ქვედა ნაწილიდან – თესლსაჯდომი.

ნუცელუსის უჯრედების გვერდებზე ჩაისახება ბორცვაკები და თესლკვირტის საფარი, რომელიც ვითარდება და ეწოდება ინტერგუმენტები. ინტერგუმენტების რაოდენობის მიხედვით არჩევენ ერთსაფარიან და ორსაფარიან თესლკვირტს; ზოგჯერ ინტერგუმენტები სრულიად არ ვითარდება (ნახ.4).



ნახ.4. მეგასპოროგენეზი მცენარეებში

ფარულთესლოვან მცენარეთა უმრავლესობის თესლკვირტის წვერთან ინტერგუმენტები ერთმანეთს არ უერთდებიან და წარმოქმნიან მილს, რომელსაც თესლსაჯალი, ანუ მიკროპილე ეწოდება, საიდანაც შემდგომში თესლკ-

ვირტში და ჩანასახის პარკში ჩაიზრდება მტვრის მილი. თესლკვირტის ქვედა ნაწილი მიკრულია თესლის ყუნწზე, რომელსაც უწოდებენ ქალაძას.

ნუცელუსის ქსოვილის ერთ-ერთი ფენიდან ჩანასახება ე.წ. თესლკვირტის არქესპორალური უჯრედი, რომელიც არ იყოფა და ძლიერ იზრდება, მატულობს მოცულობაში, ბირთვი დიდია და ციტოპლაზმა – სქელი. არქესპორიუმის უჯრედი განიცდის დაყოფას და ფორმირდება მეგასპორის დედა უჯრედი, რომელიც მეიოზის ორი დაყოფის გზით გეაქლევის ოთხ მეგასპორას; ამ პროცესს მეგასპოროგენეზი ეწოდება.

მეგასპორას ოთხი უჯრედიდან სამი განიცდის დეგრადაციას, ხოლო ერთი შემდგომში განიცდის სამჯერად მიტოზურ დაყოფას, საიდანაც ჩანასახის პარკში ბირთვის დაყოფას თან სდევს მათი პოლუსებისაკენ განშორება და ცენტრალური ვაკუოლის წარმოქმნა.

ამიტომ მესამე დაყოფის შემდეგ მიკროპილარულ ნაწილში თავსდება ოთხი უჯრედი, რომლებსაც სინერგიდები ეწოდება. შემდეგში ერთი სინერგიდი გადაინაცვლებს ჩანასახის პარკის ცენტრისაკენ, ხოლო ერთი გაიზრდება, გამსხვილდება, ღებულობს მსხლისებრ ფორმას და გადაიქცევა კვერცხუჯრედად, რომელიც მოთავსებულია სინერგიდებს შორის. მიკროპილეს მხარეს მოთავსებული ორი სინერგიდი და ერთი კვერცხუჯრედი ქმნის საკვერცხე აპარატს. ქალაძალურ ნაწილში მოთავსებულ ოთხ უჯრედს ეწოდება ანტიპოდები; აქედან ერთი ანტიპოდი გადაინაცვლებს ჩანასახის პარკის ცენტრისაკენ, ხოლო დანარჩენი სამი ზოგიერთ მცენარეში განიცდის დაყოფას და მიიღება ექვსი, თორმეტი, ოცდათორმეტი ან მეტი ანტიპოდი.

პოლარული ბირთვები ერწყმიან ერთმანეთს და წარმოქმნიან მეორად, ანუ ცენტრალურ ბირთვს. ჩანასახის პარკში მეორადი, ანუ ცენტრალური ბირთვი ქრომოსომების დიპლოიდურ რიცხვს ატარებს, ხოლო ანტიპოდები, სინერგიდები და კვერცხუჯრედი ატარებს ქრომოსომების ჰაპლოიდურ რიცხვს.

ამრიგად, მომწიფებული ჩანასახის პარკში შვიდი უჯრედია: ორი სინერგიდი, ერთი კვერცხუჯრედი, სამი ანტიპოდი და ერთი ცენტრალური უჯრედი.

განაყოფიერება

მცენარეთა განაყოფიერება რთული ფიზიოლოგიური პროცესია და შედგება რიგი თანმიმდევრული ეტაპისაგან: 1. დამტვერიანება, 2. მტვრის მილის გაღივება, 3. გამეტების შერწყმა.

ტვრიანების შერწყმის შემდეგ, სამტვრე პარკი სკდება და მტვრის მარცვლები ეყრება ბუტკოს დინგს. ამ უკანასკნელზე მტვრის მარცვლების დამაგრება ხდება ეკზინას საშუალებით. დინგი დანაკეთული ან ამობურცულია, რომელზედაც გაბნეულია ჯირკვლოვანი ბეწვები, რომლებიც გამოყოფენ მტვრის დამაგრებელ მწებავ ნივთიერებას (სეკრეტორს). მტვრის მარცვალი იწყებს გაღივებას. ადრეულ ფაზაში მტვრის მილი ძირითადად იზრდება და ვითარდება. მის გაღივებაში დიდ როლს ასრულებს მტვრისა და ბუტკოს მიერ გამოყოფილი ზრდის ჰორმონები. თანდათან ინტინას საშუალებით წარმოიქმნება მტვრის მილი, რომელიც ჩაიზრდება ჩანასახის პარკში. ჩანასახის პარკში მტვრის მილის ჩაზრდის სამი ტიპი არსებობს – პოროგამია, როდესაც მტვრის მილი ჩაიზრდება კედლის გავლით, ქალაძოგამია – როდესაც მტვრის მარცვალი ჩანასახის პარკში ხვდება ქალაძის მხრიდან.

მტვრის მილში გენერაციული უჯრედი იყოფა და მიიღება ორი სპერმა, ასე რომ ნასკვში ჩანერგვის მომენტში სპერმები უკვე ფორმირებულია.

გაღივებული მტვრის მარცვლის მილი მოხვდება რა ჩანასახის პარკში, ჩაედვრება ერთ-ერთ სინერგიდში, რომლის შიგთავსი აღწევს საკვერცხე აპარატის ზონაში, ჩვეულებრივ კვერცხუჯრედისა და ცენტრალური უჯრედის

ხვრელს შორის. შემდეგ ერთი სპერმა შეიჭრება კვერცხუჯრედში და მის ბირთვს შეერწყმება, ხოლო მეორე სპერმა შეერწყმება ცენტრალური უჯრედის ბირთვს.

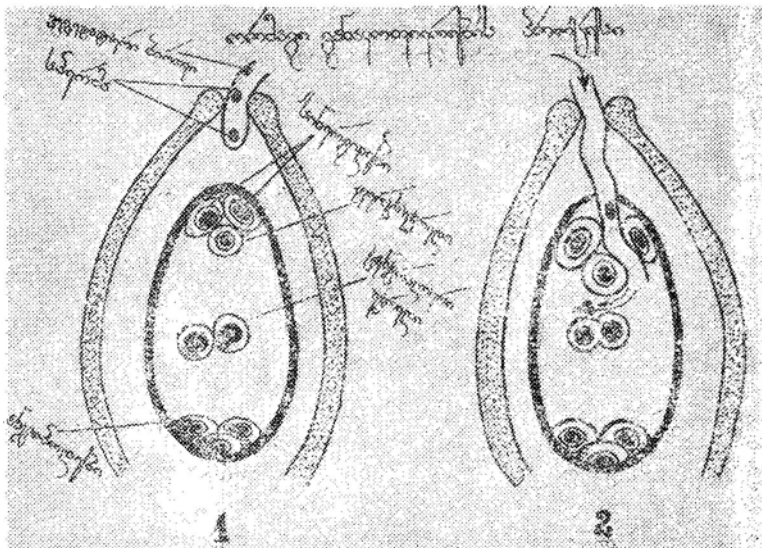
განაყოფიერებულ კვერცხუჯრედში აღდგება ქრომოსომათა დიპლოიდური რიცხვი და წარმოიქმნება ჩანასახი (კვერცხუჯრედი n X სპერმა n =ზიგოტა $2n$), ხოლო ცენტრალური უჯრედის ბირთვის განაყოფიერებით მიიღება ენდოსპერმი, სადაც ქრომოსომული ანაწყობი ტრიპლოიდურია (სინერგიდი n + ანტიპოდი n X სპერმა n = ენდოსპერმი $3n$) (ნახ.5).

ორმაგი განაყოფიერება ახასიათებს ფარულთესლოვან მცენარეთა ყველა სისტემატიკურ ჯგუფს.

განაყოფიერების ასათვისებლად ამოვხსნათ ამოცანები.

ა მ ო ც ა ნ ა 1. ჭვავის სომატური უჯრედი შეიცავს 14 ქრომოსომას; უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს: (ნახ.3).

1. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს კვერცხუჯრედი?
2. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ჩანასახის კედლის ერთი უჯრედი თესლის გაღვივებისას?
3. რამდენი ბივალენტი წარმოიქმნება მეიოზის პაქინემაში?
4. რამდენი ქრომოსომაა ზიგოტაში?
5. რამდენი ქრომოსომაა ენდოსპერმის ერთ უჯრედში?



ნახ.5. ორმაგი განაყოფიერების პროცესი ფარულთესლიანებში

ამოცანის გადაწყვეტა

1. ჩანასახის პარკში მეგასპორას დედა უჯრედი განიცდის მეიოზურ დაყოფას და მიიღება ოთხი მეგასპორის ბირთვი, აქედან უფრო ხშირად ერთი ვითარდება, ხოლო სამი განიცდის დეგრადაციას. სამჯერადი მიტოზური დაყოფის შედეგად მეგასპორის ერთი ბირთვიდან მიიღება ჯერ ორი, მერე – ოთხი, ხოლო შემდეგ – რვა ბირთვი. ისინი ხასიათდება პოლარობით და ოთხი გადაინაცვლებს მიკროპილეს (თესლსაგალი) მხარეს, ხოლო ოთხი – ქალადის (თესლის ყუნწის) მხარეს. ქალადალურ ბირთვებს – ანტიპოდები

2. ჩანასახი თესლის ის ნაწილია, რომელიც საწყისს აძლევს ახალ მცენარეს. იგი შედგება ღერაკის, ფესვაკისა და კვირტისაგან. ყველა მათგანში ქრომოსომული ანაწყოები დიპლოიდურია ან ისეთივეა, როგორც სომატური უჯრედის, ჩანასახის კედლის უჯრედში ქრომოსომების რიცხვია 14.

3. პაქინემა მეიოზური დაყოფის პროფაზა I-ის მესამე სტადიაა, როცა მთავრდება ბივალენტების წარმოქმნა. ბივალენტი არის წყვილი ქრომოსომა, რომელშიც ორი ჰომოლოგიური ქრომოსომა შედის. ქერის 14 ქრომოსომიან სახეობაში ბივალენტების რიცხვი იქნება 7.

4. კვერცხუჯრედის შეერთებით სპერმასთან მიიღება ზიგოტა. კვერცხუჯრედისათვის დამახასიათებელია ჰაპლოიდური ანაწყოები, ასეთივე ჰაპლოიდური ანაწყოებია სპერმაში. მათი შეერთების შედეგად მიიღება კიდევ დიპლოიდური ანაწყოები ($7+7=14$). ჭკავის განაყოფიერებულ კვერცხუჯრედში, ზიგოტაში ქრომოსომების რიცხვი იქნება 14.

5. ენდოსპერმის მიღება ხდება ცენტრალური უჯრედის განაყოფიერების შემდეგ, როგორც ავლნიშნეთ, ცენტრალური უჯრედი მიიღება სინერგიდისა და ანტიპოდის შეერთებით, ე.ი. $n+n=2n$. შემდეგში ცენტრალური უჯრედის დიპლოიდურ ანაწყოებს ემატება სპერმის კიდევ ერთი ჰაპლოიდური ანაწყოები. საბოლოოდ ენდოსპერმისათვის დამახასიათებელია ტრიპლოიდური ანაწყოები.

$n+n=2n+n=3n$. ჭკავის ენდოსპერმის უჯრედში ქრომოსომათა ტრიპლოიდური ანაწყოები იქნება 21 ($7+7+7$).

ა მ თ ც ა ნ ა 2. სტაფილოს სომატურ უჯრედში 18 ქრომოსომაა. უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენი ქრომოსომაა ზიგოტაში?
2. რამდენი ქრომოსომაა სპერმაში?
3. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ღებნის ერთი უჯრედი?
4. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ანტიპოდები?
5. რამდენი ქრომოსომაა ენდოსპერმის ერთ უჯრედში?

ა მ თ ც ა ნ ა 3. თაგვიანი კომბოსტოს სომატურ უჯრედში 18 ქრომოსომაა. უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენი ქრომოსომაა სპერმის ბირთვში?
2. რამდენი ქრომოსომაა ცენტრალური უჯრედის ბირთვში?
3. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ზიგოტა?
4. რამდენი ქრომოსომაა ღებნის ერთ უჯრედში?
5. რამდენი ქრომოსომაა ზიგოტაში, რომელიც მიიღება ქალწულებრივი (პართენოგენური) განაყოფიერების შედეგად?

ა მ თ ც ა ნ ა 4. მაგარი ხორბლის სომატურ უჯრედში 28 ქრომოსომაა. უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენი ქრომოსომაა ერთ სინერგიდში?

2. რამდენი ქრომოსომაა ზიგოტაში?
3. რამდენი ქრომოსომაა კვერცხუჯრედში?
4. რამდენი ქრომოსომა იქნება ზიგოტაში, თუ მეიოზის დროს არ მიიღება რედუცირებული გამეტა?
5. რამდენი ქრომოსომაა ენდოსპერმის ერთ უჯრედში?
 ა მ ო ც ა ნ ა 5. სიმინდის სომატურ უჯრედში 20 ქრომოსომაა.

უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენი ქრომოსომაა კვერცხუჯრედში?
2. რამდენი ქრომოსომა იქნება ანტიპოდებში, რომლებიც იყოფა ენდომიტოზით?
3. რამდენი ქრომოსომა აქვს სინერგიდს?
4. რამდენი ქრომოსომა იქნება ნუცელუსის უჯრედში?
5. რამდენი ქრომოსომა იქნება განაყოფიერებულ კვერცხუჯრედში?
 ა მ ო ც ა ნ ა 6. შაქრის ჭარხლის სომატურ უჯრედში 18 ქრომოსომაა.

უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს სპერმა?
2. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ენდოსპერმის ბირთვი?
3. რამდენი ქრომოსომაა კვერცხუჯრედში, რომელიც მიღებულია ნორმალური განვითარების კვერცხუჯრედისა და ნუცელუსის უჯრედის შეერთების შედეგად?
4. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ორმაგი (ცენტრალური) უჯრედი?
5. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს კვერცხუჯრედი?
 ა მ ო ც ა ნ ა 7. პომიდორის სომატურ უჯრედში 24 ქრომოსომაა.

უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენი ქრომოსომაა პომიდორის უჯრედის სინერგიდში?
2. რამდენი უჯრედია მომწიფებული ჩანასახის პარკში?
3. რამდენი ქრომოსომაა ცენტრალურ უჯრედში?
4. რამდენი ქრომოსომაა გაუნაყოფიერებელ კვერცხუჯრედში?
5. რამდენი ქრომოსომაა ენდოსპერმის უჯრედში?
 ა მ ო ც ა ნ ა 8. ვაშლის სომატურ უჯრედში 34 ქრომოსომაა. უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს სპერმა?
2. რამდენი ქრომოსომაა ზიგოტაში, რომელიც მიღებულია ანდროგენეზით?
3. რამდენი ქრომოსომაა ვაშლის დამწიფებული ნაყოფის უჯრედში?
4. რამდენი უჯრედი მიიღება ანტიპოდების ერთჯერადი მიტოზური დაყოფით?
5. რამდენი ქრომოსომაა ზიგოტაში?
 ა მ ო ც ა ნ ა 9. ერთმარცვალა ხორბლის სომატურ უჯრედში 14 ქრომოსომაა. უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ვეგეტატიური ბირთვი?
2. რამდენი ქრომოსომა იქნება ზიგოტაში, თუ დამტკვერვა მოხდა 28 ქრომოსომიანი მაგარი ხორბლით?
3. რამდენი ქრომოსომა იქნება სინერგიდში?
4. რამდენი ქრომოსომაა ენდოსპერმის უჯრედში?
5. რამდენი ქრომოსომაა განაყოფიერებულ კვერცხუჯრედში?
 ა მ ო ც ა ნ ა 10. მარწყვის გამეტაში 7 ქრომოსომაა. უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:

1. რამდენი ქრომოსომაა განაყოფიერებულ კვერცხუჯრედში?
2. რამდენი ქრომოსომა იქნება ზიგოტაში, თუ განაყოფიერება მოხდა 56 ქრომოსომიანი მარწყვის მტვრის მარცვლებით?

3. რამდენი ქრომოსომაა სინერგიდში?
4. რამდენი უჯრედისაგან შედგება საკვერცხე აპარატი?
5. რამდენი ქრომოსომა იქნება ფოთლის უჯრედში?
 ა მ ო ც ა ნ ა 11. ფორთოხლის სომატურ უჯრედში 18 ქრომოსომაა.
 უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:
 1. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ერთი ანტიპოდი?
 2. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს ცენტრალური უჯრედი სპერმის შერწყმამდე?
 3. რამდენი ქრომოსომა იქნება ზიგოტაში?
 4. რამდენი ქრომოსომა იქნება ზიგოტაში, რომელიც მიღებულია არარედუცი-
 რებული გამეტების შერწყმით?
 5. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს მიკროსპორა?
 ა მ ო ც ა ნ ა 12. ტრიტიკალეს სომატურ უჯრედში 42 ქრომოსომაა.
 უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს:
 1. რამდენ ქრომოსომას შეიცავს სპერმა?
 2. რამდენი ქრომოსომაა ზიგოტაში?
 3. რამდენი ქრომოსომა იქნება ზიგოტაში, თუ განაყოფიერება მოხდა 42 ქრო-
 მოსომიანი რბილი ხორბლის მტვრის მარცვლებით?
 4. რამდენი ქრომოსომაა ენდოსპერმის უჯრედებში?
 5. რამდენი ქრომოსომა იქნება არარედუციურებულ კვერცხუჯრედში?

მემკვიდრული კანონზომიერებანი შიდასახეობრივი შეჯვარების დროს

აღამიანებს უხსოვარი დროიდან აინტერესებდათ მემკვიდრული კანონ-
ზომიერებანი.

ყოველი ცოცხალი ორგანიზმი ხასიათდება თვისებით – გადასცეს მომ-
დევნო თაობას წინაპრებისაგან მიღებული ნიშან-თვისებები და განვითარების
სპეციფიკური თავისებურებანი. ჩ. დარვინი მემკვიდრეობას ბუნების
საოცრებას უწოდებდა.

მემკვიდრეობის ძირითად კანონზომიერებათა შესწავლის პირველი
ცდები დაკავშირებულია გრეგორ მენდელთან. მეცნიერმა გ. მენდელმა
კვლევის ობიექტად აირჩია ბარდა და 1856 წლიდან 1863 წლამდე აწარმოებდა
ცალკეული ნიშნების მემკვიდრეობის შესწავლას.

გენეტიკური ანალიზის მეთოდი

გენეტიკური ანალიზი ნიშნავს მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის კა-
ნონზომიერებათა დადგენას ისეთ ჰიბრიდებში, რომლებიც მიღებულია მკვეთ-
რად განსხვავებული მემკვიდრეობითი ნიშნების მქონე მშობლების შეჯვარე-
ბით. მცენარეთა და ცხოველთა მემკვიდრეობით განსხვავებული ორგანიზმე-
ბის შეჯვარებით ვღებულობთ ჰიბრიდულ ორგანიზმს, ანუ ჰიბრიდს (ჰიბრიდი
ნიშნავს ნარეკს). გენეტიკური ანალიზი, რომელიც მენდელმა შეაფასო
მემკვიდრულ კანონზომიერებათა შესწავლის შედეგად, თანამედროვე გენეტი-
კის ერთ-ერთი ძირითადი სპეციფიკური მეთოდია.

მენდელი ჰიბრიდოლოგიური ანალიზის (გენეტიკური ანალიზის)
ჩასატარებლად მოითხოვდა შემდეგი პირობების დაცვას:

1. შესაჯვარებელი მშობელი ფორმები უნდა ხასიათდებოდეს მკვეთრად
განსხვავებული (ალტერნატიული) ნიშნებით, მაგ.: წითელი და თეთრი

2. მშობელ ფორმებში ყურადღება უნდა მივაქციოთ მხოლოდ იმ ნიშნებს, რომელსაც ვსწავლობთ, სხვა ნიშნებს ყურადღება არ ექცევა.

3. ყოველი მომდევნო თაობა უნდა აღიზარდოს თვითდამტვერვით (იზოლირებულად).

4. აუცილებელია მიღებული ექსპერიმენტული მასალის ზუსტი მათემატიკური გაანგარიშება. გარდა აღნიშნულისა, მენდელი თვლიდა, რომ ორისამი წლის მანძილზე საჭიროა მშობელ ფორმებში შევისწავლოთ საანალიზო ნიშნები. ნიშანი, რომელიც გარემოს ზემოქმედებით იცვლება, საანალიზოდ არ გამოდგება. მშობელი ფორმები უნდა ხასიათდებოდეს კონსტანტური ნიშნებით.

გენეტიკური ანალიზის მეთოდით მენდელმა დაადგინა მემკვიდრეობის რიგი კანონზომიერებანი შიდასახეობრივი შეჯვარების დროს, რომელიც თანამედროვე გენეტიკის საფუძველი გახდა.

გენეტიკური ანალიზის ჩასატარებლად შემოღებულია აღნიშვნები, მშობელ ფორმებს აღნიშნავენ ასოთი – P (parents – მშობელი), მდედრობით ფორმებს ნიშნით – ♀ (ვენერას სარკე), მამრობით ფორმას – ♂ (მარსისი ფარი და შუბი), შეჯვარებას X. ჰიბრიდულ თაობას – ასოთი F (fialis – შვილეული), თაობათა მორიგეობას – ციფრ-ინდექსით მაგ.: F₁ – პირველი, F₂ – მეორე და ა.შ.

მონოჰიბრიდული შეჯვარება

მონიჰიბრიდული ისეთი შეჯვარებაა, როდესაც შესაჯვარებელ მშობელ ფორმებში საანალიზოდ ვიღებთ ერთ განსხვავებულ ნიშანს. მენდელი საანალიზოდ იღებდა ბარდას, რომელსაც ჰქონდა ყვავილის წითელი და თეთრი შეფერვა. წითელყვავილიანი და თეთრყვავილიანი ბარდას შეჯვარებით პირველ თაობაში მიიღო მცენარეები მხოლოდ წითელი ფერის ყვავილებით. ცდის რამდენჯერმე განმეორების შემდეგ მან ჩამოაყალიბა ძირითადი კანონზომიერება – პირველი თაობის მცენარეთა ერთგვაროვნების წესი.

მენდელი სწავლობდა რა აღნიშნულ მოვლენას, შენიშნა, რომ ყვავილის წითელი ფერი პირველ თაობაში გამოვლინდა, ხოლო თეთრი – არა. ნიშანს, რომელიც გამოვლინდა, გაბატონებული ანუ დომინანტური უწოდა, ხოლო რომელიც ჩაიხშო – რეცესიული. დომინანტურ ნიშანს ავლნიშნავთ დიდი ასოთი (A), ხოლო რეცესიულს – პატარათი (a).

მენდელმა პირველი თაობის მცენარეთა თვითდამტვერვით მეორე თაობაში მიიღო მცენარეები, რომელთაც ჰქონდათ როგორც წითელი, ისე თეთრი შეფერვის ყვავილები. გამოიანგარიშა - რა ფერთა გამოქმდევნების გენეტიკური ძალა, აღმოჩნდა, რომ ყოველ სამ წითელ ყვავილზე მოდიოდა ერთი წილი თეთრი ყვავილებისა; ყოველივე ზემოთ აღნიშნული შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

$$\begin{array}{c} \text{♀ } \underline{AA} \text{ X } \text{♂ } \underline{aa} \text{ Aa F1} \\ \text{A} \qquad \qquad \text{a} \end{array}$$

მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მიიღება AaX^hAa, გამეტები იქნება A და a. მივმართოთ პენეტის ცხრილს (ცხრ.2). პენეტის ცხრილში ერთ მხარეს იწერება დედის გამეტები, მეორე მხარეს – მამის გამეტები.

ცხრილი 2

♀	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa
		♂

ცხრილიდან ჩანს, რომ სამი წილი მცენარეებისა (AA, Aa, aA) შეიცავს დომინანტურ ნიშანს და ამიტომ წითელყვავილიანია, ხოლო ერთი წილი (aa) წარმოდგენილია რეცესივებით და თეთრყვავილიანია. მენდელმა ასეთივე შედეგები მიიღო ყველა სხვა შემთხვევაშიც, მაგ. მარცვლის ყვითელი და მწვანე შეფერვისას, მარცვლის გლუვი და დანაოჭებული ზედაპირისა და სხვ. შეჯვარებებისას. მენდელმა დომინანტური და რეცესიული ნიშნის ასეთ კანონზომიერებას ჰიბრიდულ მცენარეთა მეორე თაობაში დათიშვის კანონი უწოდა.

პირველი თაობის მცენარეების ერთგვაროვნების წესის და მეორე თაობის დათიშვის კანონის ასახსნელად გ. მენდელმა შემოიღო ე.წ. გამეტათა სიწმინდის ჰიპოთეზა. ამის მიხედვით, თითოეული ნიშნის განვითარება განისაზღვრება ფაქტორით (დღეს მას გენებს ვუწოდებთ), წითელი – დომინანტური ნიშნით (A), ხოლო თეთრი – რეცესიულით (a). ჰიბრიდში გამეტები ერთმანეთს კი არ შეერევიან, არამედ შეერწყმიან და თაობებში გამოვლინდებიან. პირველი თაობის მცენარეებში თეთრი შეფერვა კი არ დაიკარგა, არამედ შეინახა და მეორე თაობაში გამოვლინდა ისეთივე სახით, როგორც იყო მშობელ ფორმაში.

ექსპერიმენტული მონაცემებით დადგენილია, რომ ჰიბრიდულ თაობაში გაცილებით რთული პროცესები მიმდინარეობს და რომელიმე მშობლისადმი მსგავსება არ მიიღება.

გ. მენდელმა გამოიანგარიშა რა მეორე თაობაში ჰიბრიდულ მცენარეთა ფერის გამომჟღავნების ძალა, დააფიქსირა, რომ ყოველ სამ წილ წითელყვავილიან მცენარეზე მოდიოდა ერთი წილი თეთრყვავილიანი მცენარე, ე.ი. დათიშვა შეესაბამება 3 : 1-ს. აღნიშნული დათიშვა ჩატარებულია გარეგნული შეხედულების მიხედვით, მაგრამ ცხრილიდან ჩანს, რომ წითელყვავილიან მცენარეთა შორის არის განსხვავებაც (Aa ან AA), ე.ი. შინაგანი ბუნებით ეს ორგანიზმები განსხვავებულია. იმისათვის, რომ განვასხვაოთ მცენარეთა გარეგანი და შინაგანი ბუნება, შემოღებულია ტერმინები – გენოტიპი და ფენოტიპი.

გენოტიპი ორგანიზმის შინაგან ნიშან-თვისებათა (ქრომოსომათა) ერთობლიობაა, რომელიც მას განსაზღვრავს.

ფენოტიპი ეს არის ორგანიზმის გარეგნული შეხედულება ამ მომენტში, რომელიც განპირობებულია გენოტიპით და გარემო პირობების ურთიერთგავ-

ლენით (ტერმინები: გენოტიპი, ფენოტიპი შემოიღო დანიელმა გენეტიკოსმა იოჰანსენმა).

თუ ფენოტიპური დათიშვა არის 3 : 1 (1AA + 2Aa : 1aa), გენოტიპური დათიშვა იქნება 1 : 2 : 1 (1AA + 2Aa : 1aa). მენდელმა დაამტკიცა, რომ მეორე თაობის მცენარეთა მესამე თაობაში აღზრდით, ნაწილი მცენარეებისა ისეთივე თაობას იძლევა, როგორც თვითონაა, ხოლო ნაწილი ისევე ითიშება, როგორც პირველი თაობის მცენარე. ე.ი. ნაწილი მცენარეებისა ჰიბრიდული ბუნებით ხასიათდება, ნაწილი კი – არა. მცენარეთა ბუნების განსასხვავებლად შემოღებულია ტერმინი ჰეტეროზიგოტა, ჰომოზიგოტა.

ჰეტეროზიგოტული ისეთი ორგანიზმია, რომელიც განსხვავებული ქრომოსომული ანაწყობით ხასიათდება და თაობაში დაითიშება (მაგ. Aa).

ჰომოზიგოტური ისეთი ორგანიზმია, რომელიც ერთნაირი ქრომოსომული ანაწყობით ხასიათდება და თაობაში არ დაითიშება (მაგ. AA ან aa).

გ. მენდელმა მონოჰიბრიდული შეჯვარების დროს მოგვცა ორი ძირითადი დებულება: 1. ნიშნები განისაზღვრება სამეკვიდრეო ფაქტორებით (გენებით) და გადაეცემა თაობას სასქესო უჯრედების მეშვეობით. 2. ნიშნები კი არ იკარგება, არამედ ინახება და შემდგომ თაობებში გამოვლინდება ისეთივე სახით, როგორც იყო მშობელ ფორმებში.

რეციპროკული, მანალიზებული და აღმავალი შეჯვარება

მონოჰიბრიდული შეჯვარების დროს თუ წითელყვავილიან ორგანიზმს ვიღებთ მდედრად, ხოლო თეთრყვავილიანს – მამრად, ასეთ შეჯვარებას ეწოდება პირდაპირი, თუ მშობლებს შევუცვლით ადგილს და თეთრყვავილიანს ავიღებთ მდედრად, ხოლო წითელყვავილიანს – მამრად, მივიღებთ შებრუნებულ შეჯვარებას. ორივე შეჯვარებას ერთად ეწოდება რეციპროკული ნაჯვარი.

♀AA+♂aa პირდაპირი (რეციპროკული)
 ♀aa+♂AA შებრუნებული

თანამედროვე გენეტიკურ-სელექციურ მუშაობაში დადგენილია, რომ პირდაპირი და შებრუნებული შეჯვარებით მიიღება მკვეთრად განსხვავებული შედეგები. ეს მოვლენა გამოწვეულია იმით, რომ განაყოფიერების დროს მონაწილეობს მდედრობითი ფორმის როგორც ციტოპლაზმა, ისე ბირთვი, მამრობითი ფორმის – მხოლოდ ბირთვი.

თუ პირველი თაობის ჰიბრიდულ ფორმას შევუჯვარებთ რეცესიული ნიშნის მატარებელ მშობელს, მივიღებთ მანალიზებულ (ან ანალიზურ) შეჯვარებას (Aa X aa მანალიზებული შეჯვარება) (ცხრ.3).

ცხრილი 3

	A	a	
a	Aa	aa	2 : 2
a	Aa	aa	

ცხრილიდან ჩანს, რომ ყოველ ორ წილ წითელყვავილიან მცენარეებზე მოდის ორი წილი თეთრყვავილიანი მცენარეებისა, ე.ი. დათიშვა 2 : 2, ანუ 1 : 1. როცა მანანალიზებული შეჯვარების დროს მივიღებთ დათიშვას 1 : 1-თან ან მასთან ახლოს, ვამბობთ, რომ შეჯვარებაში მონაწილეობს ჰეტეროზიგოტური ორგანიზმი. მაშასადამე, გავარკვიეთ ჰიბრიდების გენეტიკური სტრუქტურა, ამიტომ მანანალიზებული შეჯვარება გამოიყენება გენეტიკურ კვლევაში.

თუ პირველი თაობის ჰიბრიდულ მცენარეს შევუჯვარებთ დომინანტური ნიშნის მატარებელ მშობელს, მივიღებთ აღმავალ, ანუ ბეკროსულ შეჯვარებას (Aa X AA ბეკროსი) (ცხრ.4).

ცხრილი 4

	A	a	
A	AA	Aa	4 : 0
A	AA	Aa	

ცხრილიდან ჩანს, რომ ბეკროსული შეჯვარების დროს ყველა მცენარე ერთნაირი შეფერვისაა და დათიშვას ადგილი არა აქვს. აღმავალი შეჯვარება ჰიბრიდის გენეტიკური სტრუქტურის გასარკვევად არ გამოგადგება. აღმავალ ბეკროსულ შეჯვარებას გამოიყენებენ სელექციურ კვლევაში, როცა უნდათ დომინანტური ნიშნის გაძლიერება, ან მისი ჰომოზიგოტურ მდგომარეობაში გადაყვანა.

მონოჰიბრიდული შეჯვარების ასათვისებლად ამოვხსნათ ამოცანები:

ა მ ო ც ა ნ ა 1. ბარდაში მაღალმოზარდობა დომინირებს დაბალმოზარდობაზე. ჰეტეროზიგოტური მაღალმოზარდი მცენარე დაიმტვერა დაბალმოზარდი მცენარის მტვერით. ანალიზური შეჯვარებით მიღებულია 96 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის ჰეტეროზიგოტური მცენარე?
2. რამდენი ტიპის გამეტა შეიძლება წარმოქმნას დაბალმოზარდმა მცენარემ?
3. რამდენი გენოტიპი მიიღება ანალიზური შეჯვარებით?
4. რამდენი მცენარე მიიღება დაბალმოზარდი?
5. რამდენი ფენოტიპი მიიღება ანალიზური შეჯვარებით?

ამოცანის გადაწყვეტა

1. პირველ რიგში უნდა განისაზღვროს დომინანტური და რეცესიული ნიშანი. პირობაში ნათქვამია, რომ მაღალმოზარდობა დომინირებს და იგი ავლნიშნოთ A-თი. დაბალმოზარდი, რეცესიული – a-თი. მშობლები ჩაიწერება AA და aa. ჰეტეროზიგოტური მაღალმოზარდი მცენარის გენოტიპი იქნება Aa (ჰეტეროზიგოტური ისეთი ორგანიზმია, რომლის სომატურ უჯრედშიც აღეღური წყვილის სხვადასხვა გენია). გამეტა ეს არის სასქესო უჯრედი ან ქრომოსომების განახევრებული ანაწყობი. ჩვენს შემთხვევაში ჰეტეროზიგოტურმა ორგანიზმმა (Aa) შეიძლება წარმოქმნას ორი ტიპის გამეტა A ან a, ე.ი. კარტოტეკაზე უნდა აღინიშნოს ციფრი 2.

2. დაბალმოსარდი მცენარის გენოტიპი არის aa. ასეთ ორგანიზმს შეუძლია მოგვცეს მხოლოდ ერთი ტიპის გამეტა a. ამიტომ აღვნიშნავთ ციფრს 1.

3. ჩვენ ვიცით, რომ გენოტიპი ეს არის ორგანიზმის შინაგან მემკვიდრულ ნიშან-თვისებათა (გენების) ერთობლიობა. პირობაში ნათქვამია, ჰეტეროზიგოტური Aa მცენარე შეაჯვარეს ჰომოზიგოტურ დაბალმოსარდ მცენარეს aa. ე.ი. გვაქვს მანანალიზებელი შეჯვარება Aa X aa. მივმართოთ პენეტის ცხრილს (ცხრ.5).

ცხრილი 5

♀	A	a	
	Aa	aa	a
	Aa	aa	a
♂			

ცხრილიდან ჩანს, რომ მცენარეებს აქვთ ორი გენოტიპი: ერთი –Aa და მეორე – aa. ამიტომ უნდა აღვნიშნოთ ციფრი 2.

4. მცენარეთა რაოდენობა სულ 96-ია. ცხრილის მიხედვით დათიშვა არის 2 : 2 ან 1 : 1 (Aa : laa). ნახევარი დაბალმოსარდია, ნახევარი მაღალმოსარდი, - 96 : 2 = 48, ე.ი. 48 მცენარე დაბალმოსარდია, ხოლო 48 – მაღალმოსარდი.

5. ფენოტიპი ეს არის ორგანიზმის გარეგნული შეხედულება, რომელიც განპირობებულია გენოტიპით და გარემო პირობების ურთიერთმოქმედებით. ჩვენს შეჯვარებაში ფენოტიპურად გვაქვს დაბალმოსარდი (ერთი ტიპი) და მაღალმოსარდი (მეორე ტიპი) მცენარეები, ე.ი. სულ ორი ტიპი. ამიტომ აღვნიშნავთ ციფრით 2.

ა მ ო ც ა ნ ა 2. ბარდაში მარცვლის სიგლუვე დომინირებს დანაოჭებულ ზედაპირზე, შეაჯვარეს ჰომოზიგოტური გლუვთესლიანი მცენარეები, დანაოჭებულმარცვლიან მცენარეებს. პირველ თაობაში მიიღეს 8 მცენარე, რომელთა თვითდამტვერვით მეორე თაობაში მიიღეს 240 მარცვალი.

1. რამდენი მცენარე შეიძლება იყოს პირველ თაობაში ჰეტეროზიგოტური?
2. რამდენი ფენოტიპი მიიღება პირველ თაობაში?
3. რამდენ მარცვალს შეუძლია მეორე თაობაში მოგვცეს დაუთიშავი თაობა დომინანტური ნიშნებით?
4. რამდენი მარცვალია ჰეტეროზიგოტური მეორე თაობაში?
5. რამდენი დანაოჭებული მარცვალია მეორე თაობაში?

ა მ ო ც ა ნ ა 3. სტაფილოს ძირხვენის ყვითელი შეფერვა დომინირებს წითელ შეფერვაზე. წითელძირხვენიანი ჰომოზიგოტური მცენარეები შეაჯვარეს ყვითელძირხვენიან სტაფილოს მცენარეებს და მიიღეს 5 მცენარე პირველ თაობაში, ხოლო მეორე თაობაში 112 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
2. რამდენი მცენარე იქნება რეცესიული ნიშნით მეორე თაობაში?
3. რამდენი მცენარე იქნება ჰეტეროზიგოტური მეორე თაობაში?
4. რამდენი დომინანტური ჰომოზიგოტური მცენარეა მეორე თაობაში?
5. რამდენ მცენარეს აქვს წითელი ძირხვენა მეორე თაობაში?

ამოცანა 4. ყვითელძირხვენიანი სტაფილოს მცენარეები შეაჯვარეს წითელძირხვენიან სტაფილოს და პირველ თაობაში მიიღეს 5 მცენარე ყვითელი ძირხვენით, ხოლო მეორე თაობაში – 80 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის ჰეტეროზიგოტური მცენარე?
2. რამდენი მცენარე იქნება მეორე თაობაში რეცესიური ნიშნით?
3. რამდენი მცენარე იქნება ჰეტეროზიგოტური მეორე თაობაში?
4. რამდენი იქნება დომინანტური ჰომოზიგოტური მცენარე მეორე თაობაში?
5. რამდენ მცენარეს ექნება წითელი ფერის ძირხვენები მეორე თაობაში?

ამოცანა 5. ხორბალში თავთავის წითელი შეფერვა დომინანტურია თეთრთან, ჰეტეროზიგოტური წითელთავთავიანი მცენარეები შეაჯვარეს თეთრთავთავიან მცენარეებს. ანალიზური შეჯვარებით მიიღეს 28 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის წითელთავთავიანი მცენარეები?
2. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის თეთრთავთავიანი მცენარეები?
3. რამდენი მცენარეა ჰეტეროზიგოტური მანალიზებული შეჯვარებისას?
4. რამდენი წითელთავთავიანი მცენარე მიიღება მანალიზებული შეჯვარებით?
5. რამდენი გენოტიპის მცენარეებია მანალიზებული შეჯვარებისას?

ამოცანა 6. შეაჯვარეს ორი ჯიშის ხორბალი. ერთი იმუნური ყვითელი ჟანგასადმი, მეორე კი – ავადდება. პირველ თაობაში მიღებულია 20 დაავადებული მცენარე, მეორე თაობაში – 96.

1. რამდენი ფენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?
2. რამდენი მცენარე იყო ჰეტეროზიგოტური პირველ თაობაში?
3. რამდენი მცენარე იყო ჰეტეროზიგოტური მეორე თაობაში?
4. რამდენი მცენარე იყო მეორე თაობაში იმუნური და იძლეოდა დაუთიშავ თაობას?
5. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის ჰეტეროზიგოტური მცენარეები?

ამოცანა 7. პომიდორის წითელი ნაყოფის შეფერვა დომინანტურია ყვითელზე. ჰეტეროზიგოტური მცენარეები დაიმტვერა ყვითელნაყოფიანი მცენარეებით და მანალიზებული შეჯვარებით მიიღეს 60 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის მდედრობითი ფორმა?
2. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის მამრობითი ფორმა?
3. რამდენი ტიპის გამეტა მიიღება ანალიზური შეჯვარებისას?
4. რამდენი ყვითელნაყოფიანი მცენარე მიიღება ანალიზური შეჯვარებისას?
5. რამდენი მცენარეა ჰეტეროზიგოტური მანალიზებული შეჯვარებისას?

ამოცანა 8. პომიდორის ნაყოფის მრგვალი ფორმა დომინირებს ოვალურზე. ჰომოზიგოტური მრგვალნაყოფა პომიდორი შეაჯვარეს ოვალურნაყოფიანს. პირველ თაობაში მიიღეს 24 მცენარე, ხოლო მეორე თაობაში – 124 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის ოვალურნაყოფიანი მცენარეები?
2. რამდენი მცენარეა პირველ თაობაში მრგვალნაყოფიანი?
3. მეორე თაობის რამდენი მრგვალნაყოფიანი მცენარე მოგვცემს მესამე თაობაში დაუთიშავ მცენარეებს?
4. რამდენი მრგვალნაყოფიანი მცენარეა მეორე თაობაში?
5. რამდენი გენოტიპია მეორე თაობაში?

ამოცანა 9. წითელ და თეთრკენკრიანი მარწყვის შეჯვარებით პირველ თაობაში მიღებულია 12 მცენარე. ყველა ისინი ვარდისფერია. მეორე თაობაში მივიღეთ 144 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის ვარდისფერკენკრიანი მარწყვი?
2. რამდენი ფენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?

3. რამდენ მცენარეს ექნება თეთრი კენკრა მეორე თაობაში?
4. მეორე თაობის რამდენ წითელკენკრიან მცენარეს შეუძლია მოგვცეს მესამე თაობაში დაუთიშავი მცენარეები?
5. რამდენი მცენარეა ჰეტეროზიგოტური მეორე თაობაში?

ა მ ო ც ა ნ ა 10. ფიგურული გოგრის ნაყოფის თეთრი შეფერვა დომინირებს ყვითელზე. ჰომოზიგოტური თეთრნაყოფიანი მცენარეები შეუჯვარეს ყვითელნაყოფიანს და მიიღეს 12 მცენარე. ბეკროსული შეჯვარებით მიიღეს 120 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის მცენარეები პირველ თაობაში?
2. რამდენ მცენარეს ექნება თეთრი ფერის ნაყოფი პირველ თაობაში?
3. რამდენ მცენარეს ექნება თეთრი ნაყოფი ბეკროსულ ნაჯვარში?
4. რამდენ მცენარეს ექნება ჰომოზიგოტური გენოტიპი მეორე თაობაში?
5. რამდენ მცენარეს ექნება ყვითელი ფერის ნაყოფი ბეკროსში?

ა მ ო ც ა ნ ა 11. ქერში ადრეულობა დომინირებს საგვიანლობაზე? პირველი თაობის მცენარეები დაიმტვერა საგვიანლობის მატარებელი ნიშნის მცენარეებით. ანალიზური შეჯვარებით მიღებულია 74 მცენარე.

1. რამდენი ფენოტიპია მიღებული ანალიზური შეჯვარებისას?
2. რამდენი გენოტიპია მიღებული ანალიზური შეჯვარებისას?
3. რამდენი მცენარე მიიღება ადრეული ანალიზური შეჯვარებისას?
4. რამდენია ჰომოზიგოტური მცენარე ანალიზური შეჯვარებისას?
5. რამდენ ფენოტიპს იძლევა ჰომოზიგოტური მცენარეები?

ა მ ო ც ა ნ ა 12. სიმინდის ჟანგას მიმართ მიმღებიანი ჯიშის შეჯვარებით იმუნურ ჯიშთან პირველ თაობაში მიიღეს 20 მცენარე, რომლებიც ხასიათდებოდნენ იმუნიტეტით. მეორე თაობაში მიიღეს 120 მცენარე.

1. რამდენი გენოტიპის მცენარეა მიღებული პირველ თაობაში?
2. რამდენი მცენარე იყო მეორე თაობაში იმუნური ჟანგას მიმართ და იძლეოდა დაუთიშავ თაობას?
3. რამდენი მცენარე იყო ჟანგას მიმღებიანი მეორე თაობაში?
2. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
5. რამდენი მცენარე იყო ჰეტეროზიგოტური მეორე თაობაში?

დიჰიბრიდული შეჯვარება

დიჰიბრიდული ისეთი შეჯვარებაა, როცა შესაჯვარებელ მშობელ ფორმებში საანალიზოდ ვიღებთ ორ განსხვავებულ ნიშანს, მაგ. მარცვლის ფერი და ფორმა (ბარდაში), თავთავის ფერი და ფხიანობა (ხორბალში), მცენარის სიმაღლე და ყვავილის შეფერვა (ბარდაში) და სხვ.

გ. მენდელმა საანალიზოდ აიღო ბარდა, რომელსაც ჰქონდა მარცვლის ყვითელი და მწვანე ფერი და გლუვი და დანაოჭებული ფორმა. ყვითელი ფერი დომინანტურია (A), ხოლო მწვანე რეცესიული (a). ასევე მარცვლის გლუვი ზედაპირი დომინანტურია (B), ხოლო დანაოჭებული – რეცესიული (b). მშობელი ფორმები შეიძლება ჩავწეროთ: AABB და aabb. შეჯვარებით ყოველ თაობაში მივიღებთ:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{AABB} & \text{aabb} & \\
 \text{-----} & \text{X} & \text{-----} \rightarrow \text{AaBb} \text{ ყვითელი და გლუვი} \\
 \text{AB} & & \text{ab}
 \end{array}$$

მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მივიღებთ AaBbXAaBb.

გამოვწეროთ გამეტები; გამეტა ისე უნდა გამოიწეროს, რომ ყველა ნიშანი შედიოდეს ქრომოსომების ჰაპლოიდური ანაწყოებით; მაშინ დედის გამეტები იქნება AB; Ab; aB; ab, მამის გამეტები იგივეა, რადგან გვაქვს თვითდამტვერვა. ვნახოთ პენეტის ცხრილი (ცხრ.6).

ცხრილი 6

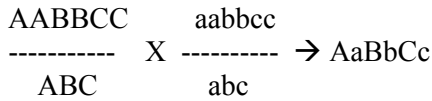
	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB ყვითელი გლუვი	AABb ყვითელი გლუვი	AaBB ყვითელი გლუვი	AaBb ყვითელი გლუვი
Ab	AABb ყვითელი გლუვი	AAbb ყვითელი დანაოჭებული	AaBb ყვითელი გლუვი	Aabb ყვითელი დანაოჭებული
aB	AaBB ყვითელი გლუვი	AaBb ყვითელი გლუვი	aaBB მწვანე გლუვი	aaBb მწვანე გლუვი
ab	AaBb ყვითელი გლუვი	Aabb ყვითელი დანაოჭებული	aaBb მწვანე გლუვი	aabb მწვანე დანაოჭებული

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ 9 ნაწილი მცენარეებისა წარმოდგენილია ორივე დომინანტური ნიშნით (A და B) და ყვითელი და გლუვია. 3 ნაწილი იქნება A დომინანტური ნიშნით და b რეცესიული ნიშნით და ყვითელი და დანაოჭებულია. სამი ნაწილი B დომინანტური ნიშნით და a რეცესიული ნიშნით და მცენარეები მწვანე და გლუვია. ერთი ნაწილი მცენარეებისა წარმოდგენილია ორივე რეცესიული ნიშნით (a და b) და მცენარეები მწვანე და დანაოჭებულია. დიჰიბრიდული დათიშვის დროს მივიღეთ ფენოტიპური დათიშვა 9 : 3 : 3 : 1. გენოტიპური დათიშვა გაცილებით რთულია, მივიღებთ 9 კლასს შეფარდებით 1 : 2 : 2 : 1 : 4 : 1 : 2 : 2 : 1.

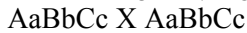
თუ ცხრილის მიხედვით მოვახდენთ დათიშვას, თითოეული ნიშნის მიხედვით ვნახავთ, რომ ყოველ 12 წილ ყვითელ მარცვალზე მოდის ოთხი წილი მწვანე შეფერვის მარცვალი, 12 წილ გლუვ მარცვალზე — 4 წილი დანაოჭებულზედაპირიანი მარცვალი, დათიშვა 12 : 4, იგივეა რაც 3 : 1. ამით გ. მენდელმა დაადგინა გენების დამოუკიდებლად განაწილების კანონი (ცხრ. 4).

ტრიჰიბრიდული და პოლიჰიბრიდული შეჯვარება

ტრიჰიბრიდული ისეთი შეჯვარებაა, როცა მშობელ ფორმებში საანალოიდ ვიდებთ სამ ნიშანს (A, B, C და a, b, c). მშობელ ფორმებში ჩაიწერება AABBCc და aabbcc. შეჯვარებით მივიღებთ



მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მივიღებთ



ტრიჰიბრიდული შეჯვარების დროს გამეტების რაოდენობა შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით 2^n , n – ნიშნების რაოდენობაა, ჩვენს შემთხვევაში იგი უდრის 3-ს, ე.ი. $2^3=8$. გამეტების გამოწერის მარტივი წესი ასეთია: ერთ ნიშანს ვიღებთ ($8:2=4$) ყოველი ოთხის მორიგეობით, მეორეს – ($4:2=2$) ყოველი ორის მორიგეობით, მესამეს – ყოველი ($2:2=1$) ერთის მორიგეობით. ვნახოთ პენეტის ცხრილი (7).

ცხრილი 7

	ABC	ABc	AbC	Abc	aBC	aBc	abC	abc	
ABC	AABBCC	AABBCc	AABbCC	AABbCc	AaBBCC	AaBBcC	AaBbCC	AaBbCc	ABC
ABc	AABBCc	AABBcc	AABbCc	AABbcc	AaBBcC	AaBBcc	AaBbCc	Aabbcc	ABc
AbC	AABbCC	AABbCc	AAbbCC	AAbbCc	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc	AbC
Abc	AABbCc	AABbcc	AAbbCc	AAbbcc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	Aabbcc	Abc
aBC	AaBBCC	AaBBCc	AaBbCC	AaBbCc	aaBBCC	aaBBcC	aaBbCC	aaBbCc	aBC
aBc	AaBBCc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc	aaBBcC	aaBBcc	aaBbCc	aaBbcc	aBc
abC	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc	aaBbCC	aaBbCc	aabbCC	aabbCc	abC
abc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	AabbCc	aaBbcc	aabbCc	aabbCc	aabbcc	abc

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მეორე თაობაში ფენოტიპის მიხედვით შეიძლება განვასხვაოთ მცენარეების დომინანტური ნიშნით: 27 – A, B, C; 9 – A, B, c; 9 – a, B, C; 3 – A, b, c; 3 – a, B, c; 3 – a, b, C; 1 – a, b, c; ტრიჰიბრიდული შეჯვარების დროს ფენოტიპური დათიშვა იქნება: 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1 საერთო ფორმულით (3 : 1) X (3 : 1) X (3 : 1).

თითოეული ალელური წყვილისათვის გენოტიპური დათიშვა იქნება (1 : 2 : 1) X (1 : 2 : 1) X (1 : 2 : 1). დათიშვა შეესაბამება 1 : 2 : 1 : 1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1 : 1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1 : 1, ე.ი. სულ ვღებულობთ 27 კლასს.

პოლიჰიბრიდული ისეთი შეჯვარებაა, როცა შესაჯვარებელი მშობელი ფორმები განსხვავდება რამდენიმე ნიშნით. პოლიჰიბრიდული შეჯვარების დროს თუკი დავიცავთ ჰიბრიდოლოგიური ანალიზის ყველა პირობას, ვღებულობთ შესაბამის დათიშვებს.

დიჰიბრიდული და პოლიჰიბრიდული შეჯვარების ასათვისებლად ამოვხსნათ ამოცანები:

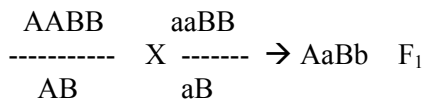
ა მ ო ც ა ნ ა 1. ბარდაში ორი წყვილი ნიშანი მაღალი და დაბალი მოზარდი, წითელი და თეთრი ფერის ყვავილი მემკვიდრეობს დამოუკიდებლად. ჰომოზიგოტური მაღალმოზარდი თეთრყვავილიანი მცენარეები შეაჯვარეს ჰომოზიგოტურ დაბალმოზარდ წითელყვავილიან მცენარეებს. პირველ

თაობაში მივიღეთ 20 მაღალმოზარდი წითელყვავილიანი მცენარე. მეორე თაობაში აღიზარდა 320 მცენარე.

1. რამდენი გენოტიპის მცენარეები მიიღება პირველ თაობაში?
2. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
3. რამდენი მცენარე იქნება მაღალმოზარდი და წითელყვავილიანი მეორე თაობაში?
4. რამდენი მცენარე იქნება დაბალმოზარდი და წითელყვავილიანი მეორე თაობაში?
5. რამდენი გენოტიპის მცენარეებია მეორე თაობაში?

ამოცანის გადაწყვეტა

დიჰიბრიდული შეჯვარების დროს მთავარია სწორად განისაზღვროს მშობელი ფორმების გენოტიპი. ჩვენს ამოცანაში დომინანტური ნიშანია მაღალმოზარდი (A) და წითელი ყვავილი (B), ხოლო რეცესიული – დაბალმოზარდი (a) და თეთრი ყვავილი (b). პირობიდან ჩანს, რომ ჰომოზიგოტური ერთი მშობლის გენოტიპში არის მაღალმოზარდობის (A) და თეთრი ყვავილის (b) განმაპირობებელი გენი. გენოტიპი იქნება AAbb, შესაბამისად მეორე მშობლის იქნება aaBB. მაშასადამე, საკმე გვაქვს არაალელურ გენებთან (ალელური ისეთი გენებია, რომლებიც ჰომოლოგიური ქრომოსომის ერთსა და იმავე წერტილებში იმყოფებიან), რაკი ვიცით მშობლების გენოტიპი, შეჯვარება შეიძლება ჩავწეროთ



ჰომოზიგოტური მშობლები წარმოქმნის ერთი ტიპის გამეტას (Ab და aB) და პირველი თაობის ყველა მცენარეს ექნება ერთნაირი გენოტიპი; ამიტომ კარტოტეკაზე უნდა აღინიშნოს ციფრი 1.

2. დიჰიბრიდული შეჯვარებისას გამეტის გამოწერის დროს აუცილებელია გვახსოვდეს, რომ ყოველ გამეტაში უნდა შედიოდეს ორივე ნიშანი. პირველი თაობის მცენარის გენოტიპია AaBb. გამეტა (ქრომოსომათა განახევრებული ანაწილები ან სასქესო უჯრედი) უნდა იყოს AB ან ab, Ab ან aB, ე.ი. პირველი თაობის მცენარეებში შეიძლება მოგვცეს ოთხი ტიპის გამეტა. კარტოტეკაზე აღინიშნება ციფრი 4.

3. მაღალმოზარდი და წითელყვავილიანი მცენარეების რაოდენობის განსაზღვრისათვის მეორე თაობაში საჭიროა ავაგოთ პენეტის ცხრილი. თვითდამტკვერვა მეორე თაობაში შეიძლება ჩავწეროთ ასე: AaBb X AaBb.

დედის გამეტები AB, Ab, aB, ab; მამის გამეტები იგივეა, რადგან გვაქვს თვითდამტკვერვა.

ჩვენთვის საინტერესო მცენარე უნდა შეიცავდეს A და B გენს. მე-8 ცხრილიდან ჩანს, რომ ასეთი 9 წილია. ჩვენს შემთხვევაში სულ 720 მცენარეა. თუ 720-ს გავყოფთ 16-ზე, მივიღებთ 1 წილს – $720 : 16 = 45$, ე.ი. ერთი წილი 45 მცენარეა. მაშინ 9 წილი იქნება ცხრაჯერ მეტი $45 \times 9 = 405$. 405 მცენარეს ექნება მაღალმოზარდი ღერო და წითელი ყვავილი.

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

4. დაბალმოზარდი და წითელყვავილიანი მცენარის გენოტიპში უნდა იყოს a და B. ცხრილიდან ჩანს, რომ ასეთი მცენარეების რაოდენობა 3 წილია. $45 \times 3 = 135$.

5. გენოტიპური დათიშვა დიჰიბრიდული შეჯვარების დროს ასეთია 1 : 2 : 2 : 1 : 4 : 1 : 2 : 2 : 1, ე.ი. მიიღება 9 კლასი. მიტომ კარტოტეკაზე უნდა აღინიშნოს ციფრი 9.

ა მ ო ც ა ნ ა 2. ქერში ორი წყვილი ნიშანი: ორრიგიანი და მრავალრიგიანი თავთავი, მკვრივ და მენხერთავთავიანობა მემკვიდრეობს დამოუკიდებლად. ორრიგიანი, მენხერთავთავიანი ჯიშის შეჯვარებით მრავალრიგიან მკვრივთავთავიან მცენარესთან პირველ თაობაში მიღებულია 20 მცენარე, რომელთაც ჰქონდათ ორრიგიანი მენხერი თავთავი. მეორე თაობაში მიიღეს 144 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარე?
2. რამდენ მცენარეს ექნება მრავალრიგიანი, მენხერი თავთავი მეორე თაობაში?
3. რამდენი გენოტიპია მეორე თაობაში?
4. რამდენი ფენოტიპია მეორე თაობაში?
5. რამდენი მცენარე იქნება მრავალრიგიანი და მკვრივთავთავიანი მეორე თაობაში?

ა მ ო ც ა ნ ა 3. საზამთროში ნაყოფის ფორმა და შეფერილობა მემკვიდრეობს დამოუკიდებლად. ჰომოზიგოტური გრძელნაყოფა, მწვანე შეფერვის მცენარეები შეაჯვარეს ჰომოზიგოტურ მრგვალ, ზოლებიან საზამთროს მცენარეებს. პირველ თაობაში მიიღეს 20 მცენარე, რომელთაც ყველას ჰქონდა მრგვალი, მწვანე შეფერვის ნაყოფი. მეორე თაობაში მიიღეს 260 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარე?
2. რამდენი მცენარე იქნება პირველ თაობაში ჰეტეროზიგოტური?
3. რამდენი ტიპის ფენოტიპია მეორე თაობაში?
4. რამდენი ტიპის გენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?
5. რამდენ მცენარეს ექნება მრგვალი და ზოლიანი ნაყოფი მეორე თაობაში?

ა მ ო ც ა ნ ა 4. თამბაქოში ნაცრის დაავადება და ფესვის სიდამპლე მემკვიდრეობს დამოუკიდებლად. ნაცრისადმი გამძლე, ფესვის სიდამპლის მიმღებიანი ჯიშის შეჯვარებით ფესვის სიდამპლისადმი გამძლე, მაგრამ ნაცრის დაავადებისადმი მიმღებიანი ჯიშთან, პირველ თაობაში მიიღეს ორივე დაავადებისადმი გამძლე 12 მცენარე, ხოლო მეორე თაობაში – 112.

1. რამდენი მცენარე იქნება ნაცრისა და ფესვის სიღამპლისადმი გამძლე პირველ თაობაში?
2. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
3. რამდენი მცენარე იქნება ნაცრისა და ფესვის სიღამპლისადმი გამძლე მეორე თაობაში, რომელიც მოგვცემს დაუთიშავ თაობას?
4. რამდენი ტიპის გენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?
5. რამდენი მცენარე იქნება მეორე თაობაში ნაცრისადმი გამძლე და ფესვის სიღამპლისადმი მიმღებიანი?

ა მ ო ც ა ნ ა 5. სიმინდში ჰელმიოსპოროზისა და ჟანგასადმი გამძლეობა დომინირებს მიმღებიანობაზე. ორივე ნიშანი მემკვიდრეობს დამოუკიდებლად, ჰომოზიგოტური ჰელმიოსპოროზისა და ჟანგასადმი გამძლე ხაზის შეჯვარებით მიმღებიან ხაზთან. პირველ თაობაში მიიღეს 16 მცენარე, ხოლო მეორე თაობაში – 280.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
2. რამდენი მცენარე იქნება პირველ თაობაში გამძლე ჰელმიოსპოროზისა და ჟანგასადმი?
3. რამდენი მცენარე იქნებოდა მეორე თაობაში ჰელმიოსპოროზისა და ჟანგასადმი გამძლე, რომელიც იძლევა დაუთიშავ თაობას?
4. რამდენი გენოტიპის მცენარე მიიღება მეორე თაობაში?
5. რამდენი მცენარე იქნება მეორე თაობაში მიმღებიანი ჰელმიოსპოროზისა და ჟანგასი?

ა მ ო ც ა ნ ა 6. ღობიოს ყვითელპარკიანი და შავთესლიანი მცენარეები შეაჯვარეს მწვანეპარკიან და თეთრმარცვლიან მცენარეებთან. პირველ თაობაში მიიღეს 20 მცენარე. ყველა მათგანს ჰქონდა ყვითელი პარკი და შავი თესლი. მეორე თაობაში მიიღეს 180 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
2. რამდენი მცენარე იქნება ჰეტეროზიგოტური პირველ თაობაში?
3. რამდენ მცენარეს ექნება ისეთივე გენოტიპი მეორე თაობაში, როგორიც ჰქონდა პირველ თაობაში?
4. რამდენი ტიპის გენოტიპია მეორე თაობაში?
5. რამდენ მცენარეს ექნება მეორე თაობაში მწვანე პარკი და თეთრი მარცვალი?

ა მ ო ც ა ნ ა 7. მარწყვში უღვაშიანობა და ნაყოფის შეფერვა მემკვიდრეობს დამოუკიდებლად. მცენარეები, რომელთაც ჰქონდათ ნაყოფის თეთრი შეფერვა და არ ივითარებდა უღვაშს, შეაჯვარეს წითელნაყოფიან და უღვაშგანვითარებულ მცენარეებს. პირველ თაობაში მიიღეს 12 მცენარე, ყველა მათგანს განუვითარდა უღვაში და ვარდისფერი ნაყოფი. პირველი თაობის მცენარეების შეჯვარებით თეთრნაყოფიან და უღვაშგანუვითარებელ მცენარეებთან მაანალიზებელი შეჯვარებით მიიღეს 160 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
2. რამდენი ტიპის გენოტიპი მიიღება ანალიზურ შეჯვარებაში?
3. რამდენი ტიპის ფენოტიპი მიიღება ანალიზურ შეჯვარებაში?
4. რამდენ მცენარეს ექნება ვარდისფერი ნაყოფი და განუვითარებელი უღვაში ანალიზურ შეჯვარებაში?
5. რამდენ მცენარეს ექნება თეთრი ნაყოფი და უღვაში ანალიზურ შეჯვარებაში?

ა მ ო ც ა ნ ა 8. პომიდორში მაღალმოზარდობა დომინირებს დაბალზე, ნაყოფის წითელი შეფერვა – ყვითელზე, ხოლო ნაყოფის მრგვალი ფორმა –

მსხლისებრზე. პირველი თაობის მცენარეები შეაჯვარეს ისეთ ფორმას, რომელიც ატარებდა ყველა დომინანტურ ნიშანს. ბეკროსში მიიღეს 120 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
2. რამდენი ტიპის გენოტიპი მიიღება ბეკროსულ ნაჯვარში?
3. რამდენი ტიპის ფენოტიპი მიიღება ბეკროსულ ნაჯვარში?
4. რამდენი მცენარე იქნება ბეკროსში ჰომოზიგოტური სამივე დომინანტური ნიშნით?
5. რამდენ მცენარეს ექნება ბეკროსში ისეთივე გენოტიპი, როგორიც ჰქონდა პირველი თაობის მცენარეს?

ა მ თ ც ა ნ ა 9. პომიდორში მაღალმოზარდობა დომინირებს დაბალზე, ნაყოფის წითელი შეფერვა – ყვითელზე, ნაყოფის მრგვალი ფორმა – მსხლისებრზე. პირველი თაობის მცენარეები შეაჯვარეს რეცესიული ნიშნის მატარებელ მშობლებს. მაანალიზებელ შეჯვარებაში მიიღეს 128 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარეები?
2. რამდენი ტიპის გენოტიპი მიიღება ანალიზურ შეჯვარებაში?
3. რამდენი ტიპის ფენოტიპი მიიღება ანალიზურ შეჯვარებაში?
4. რამდენი მცენარე იქნება მაღალმოზარდი, წითელი ფერის და მსხლისებრი ფორმის ნაყოფით?
5. რამდენი მცენარე იქნება დაბალმოზარდი, წითელი ფერის და მსხლისებრი ფორმის ნაყოფით?

ა მ თ ც ა ნ ა 10. სურნელოვან ბარდაში ყვავილის წითელი შეფერვა დომინანტურია თეთრის მიმართ. მარცვლის ყვითელი შეფერვა – მწვანის მიმართ, ხოლო პარკის მწვანე შეფერვა – ყვითელის მიმართ. პირველი თაობის ჰეტეროზიგოტური მცენარეების თვითდამტკერვით მეორე თაობაში მიღებულია 256 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარე?
2. რამდენი ტიპის ფენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?
3. რამდენი ტიპის გენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?
4. მეორე თაობის რამდენ მცენარეს ექნება ყვავილის თეთრი შეფერვა, მარცვლის ყვითელი შეფერვა და მწვანე პარკი?
5. მეორე თაობის რამდენ მცენარეს ექნება ყველა დომინანტური ნიშანი, რომელიც მოგვცემს დაუთიშავ თაობას?

ა მ თ ც ა ნ ა 11. ბარდაში პარკის მწვანე შეფერვა დომინანტურია ყვითელზე, ხოლო მარცვლის გლუვი ფორმა – დანაოჭებულზე. პირველ თაობაში მიიღეს 18 მცენარე, რომელთაც ჰქონდათ მწვანე პარკი და გლუვი მარცვალი. მეორე თაობაში მიიღეს 160 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარე?
2. მეორე თაობის რამდენი მცენარე იქნება მწვანეპარკიანი და გლუმარცვლიანი?
3. რამდენი მცენარე იქნება მეორე თაობაში მწვანეპარკიანი და გლუმარცვლიანი, რომელიც მოგვცემს დაუთიშავ თაობას?
4. მეორე თაობის რამდენ მცენარეს ექნება ყვითელი პარკი და დანაოჭებული მარცვალი?
5. რამდენი ტიპის ფენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?

ა მ თ ც ა ნ ა 12. ხორბალში თავთავის წითელი შეფერვა დომინანტურია თეთრის მიმართ, ხოლო უფხოობა – ფხიანობის მიმართ. უფხო, წითელთავიანი ჰომოზიგოტური მცენარის შეჯვარებით თეთრფხიან ხორბალთან პირველ თაობაში მიიღეს 10, ხოლო მეორე თაობაში 164 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარე?

2. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის მეორე თაობის ჰომოზიგოტური მცენარე?
3. რამდენ მცენარეს ექნება უფხო, წითელი თავთავი?
4. რამდენ მცენარეს ექნება ფხიანი, თეთრი თავთავი?
5. რამდენი ტიპის გენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?

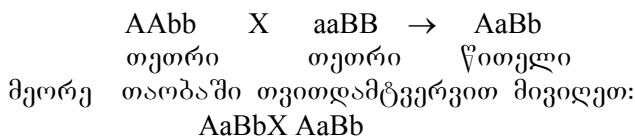
გენტა ურთიერთქმედება

ტიპური მონო-, დი- და სხვა დათიშვების გარდა, აღმოჩენილი იქნა შემთხვევები, რომლებიც განპირობებულია არასრული დომინირებით ან გენების ურთიერთქმედებით.

გენტა ურთიერთქმედების შემთხვევებს უფრო ხშირად ადგილი აქვს არაალელურ გენებს შორის. ყველაზე მეტად გავრცელებულია კომპლემენტარობა, ეპისტაზი, პოლიმერია.

გენტა კომპლემენტარული ურთიერთქმედება

გენების კომპლემენტარული ურთიერთქმედების დროს ორი არაალელური დომინანტური გენის ერთად მოხვედრა იწვევს ახალი ნიშნის განვითარებას. ეს მოვლენა ყველაზე უკეთესად შესწავლილია სურნელოვან ბარდაში. ბეტსონი და პენეტი როდესაც აჯვარებდნენ ორ თეთრყვავილიან სურნელოვან ბარდას, პირველ თაობაში დებულობდნენ ყვავილის მეწამულ შეფერვას. მათ დაუშვეს, რომ თითოეული მშობელი ატარებს ერთ დომინანტურ არაალელურ გენს, მაშინ მშობლები შეიძლება ჩაიწეროს AAbb და aaBB. პირველ თაობაში მივიღებთ:



მიემართოთ პენეტის ცხრილს (ცხრ. 9).

ცხრილი 9

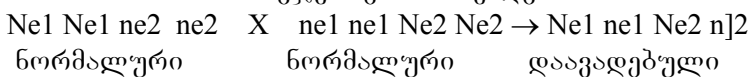
	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB წითელი	AABb წითელი	AaBB წითელი	AaBb წითელი
Ab	AABb წითელი	AAbb თეთრი	AaBb წითელი	Aabb თეთრი
aB	AaBB წითელი	AaBb წითელი	aaBB თეთრი	aaBb თეთრი
ab	AaBb წითელი	Aabb თეთრი	aaBb თეთრი	aabb თეთრი

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ 9 წილი მცენარეებისა ატარებს ორივე დომინანტურ (A და B) ნიშანს და ამიტომ წითელი შეფერვისაა, ხოლო 7 ნაწილი წარმოდგენილია თითო დომინანტური ნიშნით ან ორმაგი რეცესივებით და ამიტომ თეთრყვავილიანია. გენების კომპლემენტარული ურთიერთქმედების დროს ფენოტიპური დათიშვა იქნება 9:7-თან. მენდელის კანონების ამ მოვლენის ახსნა არ შეიძლება. აღნიშნული შემთხვევა გამოთიშავს გენების დამოუკიდებელ განაწილებას და მიუთითებს გენების ერთდროულ მოქმედებაზე, რომელზედაც საუბარი იქნება შემდეგ თავში.

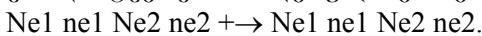
ასეთივე დათიშვა შეინიშნება ორი სფერული ფორმის გოგრის შეჯვარებით. პირველ თაობაში მიიღება დისკოსებრი გოგრა, ხოლო მეორე თაობაში 9/16 იქნება დისკოსებრი (A, B), 6/16 სფერული (A და B) და 1/16 ველური ფორმის მსგავსი, წაგრძელებული (a,b). კომპლემენტარული ურთიერთმოქმედების დროს ველური ფორმისათვის დამახასიათებელი ნიშნების გამოვლენას, რვეერსია ეწოდება.

გენების კომპლემენტარული ურთიერთქმედება კულტურულ მცენარეებში იწვევს სხვადასხვა დაავადებებს, როგორიცაა ჰიბრიდული ნეკროზი და ჰიბრიდული ქლოროზი. ხორბლის სხვადასხვა ჯიშების და სახეობების შეჯვარების დროს პირველი თაობის მცენარეები ხშირად იღუპებოდა. პირველად მსოფლიოში ეს მოვლენა აღწერა და შეისწავლა პროფ. ლ. დეკაპრელევიჩმა (1929), შემდეგში მრავალი გენეტიკური, ციტოლოგიური და სელექციური გამოკვლევებით დადგინდა, რომ აღნიშნულ მოვლენას იწვევს ჰიბრიდული ნეკროზის (Ne1+Ne2) და ჰიბრიდული ქლოროზის (Ch1+Ch2) კომპლემენტარული გენები.

ცნობილია, რომ ხორბალი მახა ატარებს ჰიბრიდული ნეკროზის დომინანტურ არაალელურ Ne1 გენს, მისი შეჯვარებით რბილი ხორბლის ჯიშ თბილისურ 5-თან პირველ თაობაში მიიღება დაავადებული მცენარეები, მშობელი ფორმები ჩაიწერება შემდეგნაირად: მახას – Ne1 Ne1 ne2 ne2, თბილისურ 5-თან – ne1 ne1 Ne2 Ne2 შეჯვარებით მივიღებთ:



თვითდამტვერვით მიღებულ მეორე თაობაში ადგილი აქვს დათიშვას



გამოვწეროთ გემეტები: Ne1 Ne2; Ne1 ne2 ; ne1Ne2; ne1ne2 მიემართოთ პენეტის ცხრილს (ცხრ. 10).

ცხრილი 10

	Ne1Ne2	Ne1 ne2	ne1Ne2	ne1ne2
Ne1Ne2	Ne1 Ne1 Ne2 Ne2 დაავადებული	Ne1 Ne1 Ne2 ne2 დაავადებული	Ne1 ne1 Ne2 Ne2 დაავადებული	Ne1 ne1 Ne2 ne2 დაავადებული
Ne1Ne2	Ne1Ne1 Ne2 ne2 დაავადებული	Ne1 Ne1ne2 ne2 ნორმალური	Ne1 ne1 Ne2 ne2 დაავადებული	ne1 ne1 Ne2 ne2 ნორმალური
Ne1 ne2	Ne1 ne1 Ne2 Ne2 დაავადებული	Ne1 ne1 Ne2 ne2 დაავადებული	ne1 ne1 Ne2 Ne2 ნორმალური	Ne1 ne1 ne2 ne2 ნორმალური
ne1Ne2	Ne1 ne1 Ne2 ne2 დაავადებული	Ne1 ne1 ne2 ne2 ნორმალური	ne1 ne1 Ne2 ne2 ნორმალური	ne1 ne1 ne2 ne2 ნორმალური

ცხრილიდან ჩანს, რომ 9 ნაწილი მცენარეებისა წარმოდგენილია Ne1+Ne2 დომინანტური გენით და დაავადებულია, ხოლო 7 ნაწილი ატარებს ერთ დომინანტურ გენს (Ne1ან Ne2) ან ორმაგ რეცესივს (ne1+ ne2) და ნორმალურია. დათიშვა შეესაბამება 9:7.

ჰიბრიდული ნეკროზის და ქლოროზის გენების ურთიერთმოქმედების დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ რამდენი დომინანტური გენია ზიგოტაში. თუ ზიგოტაში 4 დომინანტური გენია (Ne1 Ne1 Ne2 Ne2), მაშინ მცენარეებში დაავადება ძლიერად ვლინდება და ეწოდება ოთხდოზიანი. 3 დომინანტური გენის მატარებელი (Ne Ne1Ne ne2 ან Ne1 ne1 Ne2 Ne2) სამდოზიანია და დაავადებაც ნაკლები ხარისხით ვლინდება. 2 დომინანტური ნიშნით (Ne1 ne1 Ne2 ne2) წარმოდგენილი ორგანიზმი ორდოზიანია და დაავადება კიდევ უფრო ნაკლებად ვლინდება. დოზების მიხედვით დათიშვა იქნება: ოთხდოზიანი – 1, სამდოზიანი – 4, ორდოზიანი – 4.

ასეთივე დათიშვას ადგილი აქვს ჰიბრიდული ქლოროზის დროს. ჰიბრიდული ქლოროზის და ჰიბრიდული ნეკროზის მოვლენის შესწავლას აქვს დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა. ხორბლის სახეობებში და ჯიშებში ამ გენების შესწავლა საშუალებას გვაძლევს უფრო ეფექტურად გამოვიყენოთ ჰიბრიდიზაცია ახალი ჯიშებისა და ფორმების მისაღებად.

ეპისტაზის მოვლენა

ეპისტაზი გენების ისეთი ურთიერთქმედებაა, როდესაც ერთი გენი ახშობს მეორე გენის გამოვლენას. ქერში თავთუნის კილის შეფერვას განსაზღვრავს ორი დომინანტური გენი A (შავი) და B (ნაცრისფერი). კილის შავი შეფერვა ეპისტაზურია ნაცრისფერის მიმართ. მშობელი ფორმები შეიძლება ჩაიწეროს AAbb (შავი) და aabb (ნაცრისფერი). პირველ თაობაში მივიღებთ AAbb X aaBB →AaBb. მეორე თაობაში თვითდამტკვრვით მივიღებთ (AaBb X AaBb) (ცხრ.11).

ცხრილიდან ჩანს, რომ 12 წილი მცენარეებისა შეიცავს A დომინანტურ გენს და ამიტომ შავი შეფერვის კილი აქვს, ხოლო 3 ნაწილი წარმოდგენილია B დომინანტური გენით და ნაცრისფერკილიანია. ორივე რეცესივი თეთრი შეფერვისაა და 1 ნაწილი თეთრკილიანია (aabb). გენთა ეპისტაზური ზემოქმედების დროს დათიშვა არის 12 : 3 : 1.

ცხრილი 11

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB შავი	AABb შავი	AaBB შავი	AaBb შავი
Ab	AABb შავი	AAbb შავი	AaBb შავი	Aabb შავი
aB	AaBB შავი	AaBb შავი	aaBB ნაცრისფერი	aaBb ნაცრისფერი
ab	AaBb შავი	Aabb შავი	aaBb ნაცრისფერი	aabb თეთრი

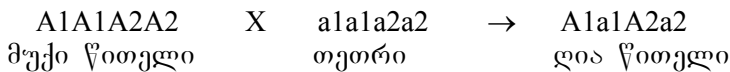
ხშირია ისეთი შემთხვევები, როცა ადგილი აქვს მზავრელი ფაქტორების, ანუ სუპრესორების მოქმედებას. ასეთ დროს დომინანტური გენები თავისთავად არ მოქმედებს გარეგან ნიშანზე, მაგრამ ახშობს სხვა გენის მოქმედებას და დათიშვა მიიღება 13 : 3; მაგ. ხორბალში არის გენი ინგიბიტორები J, რომლებიც მეორე თაობაში ახშობენ მოკლედროიანობის გენების მოქმედებას და ორი დომინანტური გენის ურთიერთქმედების დროს მიიღება დათიშვა 13 : 3.

ზოგიერთ მცენარეში აღმოჩნდა ისეთი რეცესიული გენები, რომლებიც ახშობენ დომინანტურ გენს, ეს მოვლენა ცნობილია კრიპტომერიის სახელწოდებით. ამ შემთხვევაშიც დათიშვის ხასიათი განსხვავებულია და ფენოტიპის მიხედვით შეესაბამება – 9 : 3 : 4.

პოლიმერია

ხშირია შემთხვევები, როდესაც ნიშნის განვითარებას ემსახურება ორი ან მეტი გენი. არააღელურ ან აღელურ გენტა ისეთ მოქმედებას, როდესაც ერთი ნიშნის განვითარებას ემსახურება ორი ან მეტი გენი, ეწოდება გენტა მრავლობითი მოქმედება, ანუ პოლიმერია.

შვედი მეცნიერი ნილსონ-ელე, რომელიც აჯვარებდა წითელ და თეთრ-მარცვლიან ხორბალს, მეორე თაობაში დებულობდა დათიშვას 15 : 1, შეფერვაზე მოქმედი გენი აღვნიშნოთ A ასოთი, ხოლო მათი რაოდენობა ინდექსით A1 და A2, მაშინ წითელმარცვლიანი მშობლის გენოტიპი იქნება A1 A1 A2 A2, თეთრმარცვლიანისა – a1a1a2a2. შეჯვარებით მივიღებთ:



მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მიიღება A1a1A2a2 X A1a1A2a2 (ცხრ. 12).

ცხრილი 12

	A1 A1	A1 a2	a1 A2	a1 a2
A1 A1	A1A1A2A2 წითელი	A1A1A2a2 წითელი	A1a1A2A2 წითელი	A1a1A2a2 წითელი
A1 a2	A1A1A2a2 წითელი	A1A1a2a2 წითელი	A1a1A2a2 წითელი	A1a1a2a2 წითელი
a1 A2	A1a1A2A2 წითელი	A1a1A2a2 წითელი	A1a1A2a2 წითელი	a1a1A2a2 წითელი
a1 a2	A1a1A2a2 წითელი	A1a1a2a2 წითელი	a1a1A2a2 წითელი	a1a1a2a2 წითელი

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ 15 ზიგოტა შეიცავს დომინანტურ გენს და ამიტომ წითელი შეფერვის მარცვალი ვითარდება. ერთი ნაწილი $AlA1A2a2$ ატარებს ყველა რეცესიულ გენს და თეთრმარცვლიანია.

თუ ნიშნის განვითარებას ემსახურება სამი დომინანტური ნიშანი, მაშინ მეორე თაობაში დათიშვა იქნება 63 : 1.

პოლიმერული გენები ხშირად ხასიათდება დაგროვების უნარით. გენებს, რომელთა ერთად მოხვედრა იწვევს ნიშნის გაძლიერებას, ეწოდება გენი-კუმულატორები. ამის გამო, ის ორგანიზმი, რომელიც ოთხივე დომინანტურ გენს შეიცავს ($A1A1A2A2$) მუქი წითელი შეფერვისაა; რომელიც სამს – ($A1A1A2a2$ ან $A1a1A2A2$) წითელია; რომელიც ორს ($A1a1A2a2$) – ღია წითელი, ხოლო ერთგენიანი ($A1a1a2a2$ ან $a1a1A2a2$) – გარდამავალი წითელი.

გენებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ სხვა ნიშნების განვითარებაზე, ეწოდება ოლიგენები, მათგან, რომლებიც აქვეითებენ გენის გამოვლენას, ეწოდებათ სუპრესორები ან ინგიბიტორები, ხოლო გენებს, რომლებიც აძლიერებენ ნიშნის გამოვლენას, ეწოდებათ გენი-გამაძლიერებლები.

გარემო პირობების გავლენით ფერის სიძლიერე ხშირად იცვლება და ამიტომ პოლიმერიის მოვლენის შესწავლა მეტად გაძნელებულია. პოლიმერიის ტიპით მემკვიდრეობს ისეთი ნიშან-თვისებები, როგორცაა: მცენარის სიმაღლე, სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა, ცილის ხარისხი, ბიოქიმიური რეაქციების სისწრაფე და სხვ.

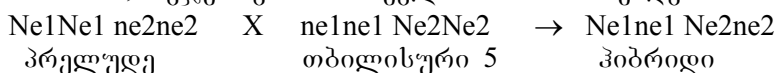
გენთა ურთიერთქმედების ასათვისებლად ამოვხსნათ ამოცანები:

ამოცანა 1. ხორბალში დაავადება ნეკროზი გამოწვეულია ორი დომინანტური გენის ($Ne1$ და $Ne2$) კომპლემენტარული ურთიერთქმედებით, რბილი ხორბლის აბორიგენული ჯიში თბილისური 5 ($Ne2$) შეაჯვარეს ამერიკულ ჯიშ პრელუდეს ($Ne1$). პირველ თაობაში მიიღეს 16, ხოლო მეორე თაობაში 120 მცენარე.

1. რამდენი მცენარეა დაავადებული პირველ თაობაში?
2. რამდენი მცენარეა დაავადებული მეორე თაობაში?
3. რამდენი მცენარეა მეორე თაობაში ნორმალური განვითარების?
4. რამდენი მცენარეა ოთხივე დომინანტური ნიშნით წარმოდგენილი?
5. რამდენი გენოტიპის მცენარე მიიღება მეორე თაობაში?

ამოცანის გადაწყვეტა

1. არაალელური გენების ჩაწერის დროს აუცილებელია მშობლების ჩაწერა მოხდეს თითო დომინანტური და რეცესიული ნიშნით, მაგალითად: თბილისური – 5-ის გენოტიპი იქნება $ne1ne1 Ne2Ne2$, ხოლო ჯიშ პრელუდესი $Ne1Ne1 ne2ne2$, შეჯვარებით პირველ თაობაში მივიღებთ:



პრელუდეს ერთი გამეტა ($Ne1ne2$) აქვს, თბილისურსაც ერთი ($ne1 Ne2$). ყველა ჰიბრიდს ექნება ერთნაირი გენოტიპი (პირველი თაობის ერთგვაროვნების წესის თანახმად). რადგან პირობაში ნათქვამია, რომ ნეკროზის გენი $Ne1$ და $Ne2$ ხასიათდება კომპლემენტარული ურთიერთმოქმედებით, ამიტომ ჰიბრიდში ორივე გენის ერთად თავმოყრა გამოიწვევს ახალი ნიშნის განვითარებას, კერძოდ, დაავადება ნეკროზს. ე.ი. თორმეტივე მცენარე იქნება დაავადებული. კარტოტეკაზე აღვნიშნავთ ციფრს 12.

2. ჩვენ ვიცით, რომ მეორე თაობაში, როცა გვაქვს გენთა კომპლემენტარული ურთიერთქმედება, დათიშვა არის 9:7-თან. აქედან 9 წილი შეიცავს ორივე დომინანტურ გენს და დაავადებულია. სულ მცენარეთა რაოდენობა არის 80. ერთი წილი იქნება 5 ($80:16=5$). სულ ცხრა წილი იქნება 45 ($9 \times 5=45$).

3. ნორმალური განვითარების მცენარეთა რაოდენობა 7 ნაწილია, რადგან მათ გენოტიპში მხოლოდ ერთი დომინანტური ნიშანი ან რეცესივებია. ჩვენს შემთხვევაში 7 წილი იქნება 35 ($7 \times 5=35$) (ცხრ.13).

ცხრილი
13

	Ne ₁ Ne ₂	Ne ₁ ne ₂	ne ₁ Ne ₂	ne ₁ ne ₂
Ne ₁ Ne ₂	Ne ₁ Ne ₁ Ne ₂ Ne ₂	Ne ₁ Ne ₁ Ne ₂ ne ₂	Ne ₁ ne ₁ Ne ₂ Ne ₂	Ne ₁ ne ₁ Ne ₂ ne ₂
Ne ₁ ne ₂	Ne ₁ Ne ₁ Ne ₂ ne ₂	Ne ₁ Ne ₁ ne ₂ ne ₂	Ne ₁ ne ₁ Ne ₂ ne ₂	Ne ₁ ne ₁ ne ₂ ne ₂
ne ₁ Ne ₂	Ne ₁ ne ₁ Ne ₂ Ne ₂	Ne ₁ Ne ₂ ne ₁ ne ₂	ne ₁ ne ₁ Ne ₂ Ne ₂	ne ₁ ne ₁ Ne ₂ ne ₂
ne ₁ ne ₂	Ne ₁ ne ₁ Ne ₂ ne ₂	Ne ₁ ne ₁ ne ₂ ne ₂	ne ₁ ne ₁ Ne ₂ ne ₂	ne ₁ ne ₁ ne ₂ ne ₂

4. პენეტის ცხრილის, მიხედვით ოთხივე დომინანტური ნიშნით წარმოდგენილია მცენარეები გენოტიპით Ne₁ Ne₁ Ne₂ Ne₂ ე.ი. ერთი წილი. 80 მცენარიდან ერთი წილი არის 5 მცენარე. კარტოტეკაზე უნდა აღინიშნოს ციფრი 5.

5. გენოტიპური დათიშვა ალელურ და არაალელურ გენტა ურთიერთქმედების დროს ყოველთვის ერთნაირია და იგი შეესაბამება 1 : 2 : 2 : 1 : 4 : 1 : 2 : 2 : 1, ე.ი. მიიღება 9 კლასი. კარტოტეკაზე უნდა აღინიშნოს ციფრი 9.

ა მ ო ც ა ნ ა 2. ხორბალში ჰიბრიდული ქლოროზი გამოწვეულია ორი დომინანტური გენის კომპლემენტარული ურთიერთქმედებით. ხორბალ მახას (Ch1) შეჯვარებით კორბოულის დოლის პურთან (Ch2) პირველ თაობაში მიიღეს 20 მცენარე, რომელიც დაავადებული იყო ჰიბრიდული ქლოროზით. მეორე თაობაში აღიზარდა 194 მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის პირველი თაობის მცენარე?
2. რამდენი მცენარეა დაავადებული მეორე თაობაში?
3. რამდენი ტიპის ფენოტიპია მეორე თაობაში?
4. რამდენი ტიპის გენოტიპია მეორე თაობაში?
5. რამდენი მცენარე იქნება სამი დომინანტური ნიშნით წარმოდგენილი?

ა მ ო ც ა ნ ა 3. ქერში ქლოროფილის მწვანე შეფერვას განსაზღვრავს ორი (A და B) კომპლემენტარული გენი. თუ გენოტიპში თითო დომინანტური გენია ან ორივე გენი რეცესიულ მდგომარეობაშია, მაშინ მცენარე თეთრი შეფერვისაა. ორი თეთრი შეფერვის ჰომოზიგოტური მცენარის შეჯვარებით მიიღეს 16, ხოლო მეორე თაობაში 120 მცენარე.

1. რამდენ მცენარეს ექნება მწვანე შეფერვა პირველ თაობაში?
2. რამდენ მცენარეს ექნება თეთრი შეფერვა მეორე თაობაში?
3. რამდენი გენოტიპი იქნება მეორე თაობაში?

4. რამდენი ტიპის ფენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?

5. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის მეორე თაობის მშობელი ფორმა?

ა მ ო ც ა ნ ა 4. სიმინდში მარცვლის ალელონის შეფერვას განსაზღვრავს ორი დომინანტური გენის კომპლემენტარული ურთიერთქმედება. დომინანტურ მდგომარეობაში ისინი იძლევა შეფერილ ალელონს, ხოლო რეცესიულ მდგომარეობაში – შეუფერავს.

ორი შეუფერავი ალელონის მქონე ხაზის შეჯვარებით მიიღეს პირველ თაობაში 20 მცენარე შეფერილი ალელონით, ხოლო მეორე თაობაში – 180 მცენარე.

1. რამდენ მცენარეს ჰქონდა მეორე თაობაში შეფერილი ალელონი?

2. რამდენი ფენოტიპი იქნება მეორე თაობაში?

3. რამდენი გენოტიპი იქნება მეორე თაობაში?

4. რამდენ ჰომოზიგოტურ მცენარეს ექნება შეუფერავი ალელონი?

5. რამდენ ჰომოზიგოტურ მცენარეს ექნება შეფერილი ალელონი?

ა მ ო ც ა ნ ა 5. ხორბალში მუქ წითელ შეფერვას განსაზღვრავს ორი წყვილი დომინანტური პოლიმერული გენი, თეთრს – ორი წყვილი რეცესიული გენი. თუ გენოტიპში სამი დომინანტური გენია, მარცვალი წითელია, თუ ორი – ღია წითელი, თუ ერთი – მაშინ გარდამავალი წითელი.

შეაჯვარეს ჰეტეროზიგოტური ღია წითელმარცვლიანი მცენარეები თეთრმარცვლიან მშობელ ფორმასთან. მიიღეს 180 მცენარე ბეკროსულ ნაჯვარში.

1. რამდენი გენოტიპის მცენარე მიიღება ასეთი შეჯვარებისას?

2. რამდენ მცენარეს ექნება ღია წითელი შეფერვის მარცვალი?

3. რამდენ მცენარეს ექნება თეთრი შეფერვის მარცვალი?

4. რამდენი ფენოტიპი მიიღება ბეკროსში?

5. რამდენ მცენარეს ექნება გარდამავალი წითელი შეფერვის მარცვალი?

ა მ ო ც ა ნ ა 6. ხორბალში მცენარის სიმაღლეს განსაზღვრავს მოკლელერიანობის 3 წყვილი რეცესიული პოლიმერული გენი. ვთქვათ, ყველა ისინი ერთნაირი მოქმედებით ხასიათდება და აქვთ კუმულატორული ეფექტი. მოკლელერიანობის 3 წყვილი გენის მქონე მცენარეებს ჰქონდა 18 სმ, ხოლო ყველა დომინანტური გენის მქონე მცენარეებს – 120 სმ სიმაღლე.

შეაჯვარეს მაქსიმალური და მინიმალური სიმაღლის მცენარეები.

პირველ თაობაში მიიღეს 18 მცენარე, მეორე თაობაში – 164 მცენარე.

1. რა სიმაღლისაა პირველი თაობის მცენარეები?

2. რამდენი ფენოტიპი იქნება მეორე თაობაში?

3. რა სიმაღლის იქნება მცენარეები, რომელთა გენოტიპში ოთხი დომინანტური და ორი რეცესიული გენია?

4. რამდენ მცენარეს ექნება 60 სმ-ზე ნაკლები სიმაღლე?

5. რამდენი მცენარე მოგვცემს დაუთიშავ თაობას?

ა მ ო ც ა ნ ა 7. ხორბალში მცენარის სიმაღლეს განსაზღვრავს ქონდარობის 3 წყვილი რეცესიული პოლიმერული გენი. ვთქვათ, ყველა ისინი ერთნაირი მოქმედებით ხასიათდება და აქვს კუმულატორული ეფექტი. სამივე წყვილი რეცესიული გენის მქონე მცენარეები 18 სმ სიმაღლისაა, ხოლო სამივე წყვილი დომინანტურგენიანი მცენარეები – 120 სმ. წარმოებისათვის მნიშვნელოვანია 60-70 სმ სიმაღლის მცენარეები. მცენარეები გენოტიპით ოთხი დომინანტური და ორი რეცესიული გენით დაამტკიცებინეს ოთხი რეცესიული და ორი დომინანტური გენის მქონე მცენარეებით. პირველ თაობაში მიიღეს 18 მცენარე, ხოლო მეორე თაობაში 94.

1. რა სიმაღლისაა მდებარეობითი ფორმა?

2. რა სიმაღლისაა მამრობითი ფორმა?
3. რა სიმაღლისაა პირველი თაობის მცენარე?
4. რამდენ მცენარეს ექნება 60–80 სმ სიმაღლე მეორე თაობაში?
5. რამდენი მათგანი მოგვცემს დაუთიშავ თაობას?

ა მ ო ც ა ნ ა 8. სიმინდში ტაროს მარცვლის რიგების რიცხვს განსაზღვრავს ოთხი წყვილი პოლიმერული გენი, რომელთაც აქვს კუმულატორული ეფექტი. ისინი ყველა ერთნაირი გავლენით ხასიათდება.

თუ გენოტიპში ოთხივე წყვილი რეცესიული გენია, ტაროში მარცვლის რიგების რიცხვი 8-ს უდრის, ხოლო თუ ოთხივე წყვილი დომინანტურია, მაშინ 24 რიგია.

სიმინდის ხაზი, რომელშიც ორი წყვილი დომინანტური და ორი წყვილი რეცესიული გენია, დაამტვერიანეს მცენარეებით, რომელშიც სამი წყვილი დომინანტური და ერთი წყვილი რეცესიული გენია. პირველ თაობაში მიიღეს 12 მცენარე, მეორე თაობაში – 120.

1. რამდენი რიგია მდედრობითი ფორმის ტაროში?
2. რამდენი რიგია მამრობითი ფორმის ტაროში?
3. რამდენ მცენარეს ექნებოდა მეორე თაობაში 24 რიგი?
4. რამდენ მცენარეს ექნებოდა მეორე თაობაში 8 რიგი?
5. რამდენი მცენარე მოგვცემს მეორე თაობაში დაუთიშავ თაობას?

ა მ ო ც ა ნ ა 9. შერიაში ყვავილის კილის შეფერვა მემკვიდრეობს ეპისტაზის ტიპით. დომინანტური A გენი განსაზღვრავს შავ შეფერვას, B გენი – ნაცრისფერს. რეცესიულ მდგომარეობაში ორივე გენი თეთრ შეფერვას იძლევა. შეაჯვარეს მცენარეები გენოტიპით Aabb X aaBb. პირველ თაობაში მიიღეს 94 მცენარე.

1. რამდენი ფენოტიპი მიიღება ასეთი შეჯვარებისას?
2. რამდენი გენოტიპი მიიღება ასეთი შეჯვარებისას?
3. რამდენ მცენარეს შეუძლია დაუთიშავი თაობის მოცემა?
4. რამდენ მცენარეს აქვს შავი შეფერვა?
5. რამდენ მცენარეს აქვს კილის ნაცრისფერი შეფერვა?

ა მ ო ც ა ნ ა 10. შერიაში ყვავილის კილის შეფერვა მემკვიდრეობს ეპისტაზის ტიპით: დომინანტური A გენი განსაზღვრავს შავ შეფერვას, B გენი – ნაცრისფერს. რეცესიულ მდგომარეობაში ორივე გენი თეთრ შეფერვას იძლევა. მცენარე გენოტიპით Aabb შეაჯვარეს კომპლიმენტურ დომინანტურ ნიშნების მქონე მცენარეებს. ბეკროსში მიიღეს 120 მცენარე.

1. რამდენი ფენოტიპი მიიღება ბეკროსში?
2. რამდენი გენოტიპი მიიღება ბეკროსში?
3. რამდენ მცენარეს ექნება კილის შავი შეფერვა ბეკროსში?
4. რამდენი მცენარე მოგვცემს მეორე თაობაში დაუთიშავ თაობას?
5. რამდენ მცენარეს ექნება ნაცრისფერი შეფერვის კილები?

ა მ ო ც ა ნ ა 11. გოგრაში ნაყოფის ფერი მემკვიდრეობს ეპისტაზის ტიპით. A გენი განაპირობებს ნაყოფის ყვითელ ფერს, ხოლო a – მწვანეს. ეპისტაზური გენი J დომინანტურ მდგომარეობაში – ფერს ახშობს და იწვევს ნაყოფის თეთრ შეფერვას. რეცესიული i გენი შეფერვაზე გავლენას არ ახდენს.

თეთრნაყოფიანი მცენარე გენოტიპით Jiaa, შეაჯვარეს ყვითელნაყოფიან მცენარეებს გენოტიპით iiAa. მიიღეს 112 ჰიბრიდული მცენარე.

1. რამდენი ტიპის გამეტას წარმოქმნის მდედრობითი ფორმა?
2. რამდენი გენოტიპი მიიღება ასეთი შეჯვარებისას?
3. რამდენი ფენოტიპი ექნება ჰიბრიდულ მცენარეებს?

4. რამდენ მცენარეს ექნება მწვანე ფერის ნაყოფი?

5. რამდენ მცენარეს ექნება ყვითელი ფერის ნაყოფი?

ა მ ო ც ა ნ ა 12. სიმინდში მარცვლის შეფერვა მემკვიდრეობს ეპისტაზის ტიპით. გენი A განაპირობებს წითელ შეფერვას, რეცესიული a – თეთრს. გენი ინგიბიტორი J აქვეითებს წითელ შეფერვას, გენი i არ ახდენს გავლენას.

საზის შეჯვარებით გენოტიპით JJAA საზთან გენოტიპით iiaa პირველ თაობაში მიიღეს 20, ხოლო მეორე თაობაში – 144 მცენარე.

1. რამდენ მცენარეს ჰქონდა პირველ თაობაში მარცვლის თეთრი შეფერვა?

2. რამდენი ფენოტიპი მიიღება მეორე თაობაში?

3. რამდენ მცენარეს ჰქონდა მეორე თაობაში მარცვლის წითელი შეფერვა?

4. რამდენ მცენარეს ჰქონდა მეორე თაობაში თეთრი მარცვალი და იდუაღი დაუთიშავ თაობას?

5. რამდენ მცენარეს ჰქონდა მეორე თაობაში თეთრი მარცვალი?

დათიშვის სტატისტიკური ხასიათის შეფასება

ჰიბრიდულ თაობებში ნიშნების მიხედვით დათიშვის სტატისტიკური ხასიათის შესწავლა მეტად რთულია. ხშირ შემთხვევაში დათიშვა 9 : 3 : 3 : 1 ზუსტად არ მიიღება. ჰიბრიდულ მცენარეთა დათიშვა ბიოლოგიური მოვლენაა, რის შედეგადაც მეიოზის პროცესში და განაყოფიერების დროს მიღებულ მცენარეთა გაცილებით ნაკლები რაოდენობა მიიღება, ვიდრე თეორიულადაა მოსალოდნელი. შინაგანი და გარეგანი ფაქტორების ზემოქმედებით შესაძლებელია ზოგიერთი ნიშანი არ გამოვლინდეს ან ზოგიერთი ზიგოტა ადრეულ სტადიაში დაიღუპოს.

თეორიულად მოსალოდნელი და ექსპერიმენტულად მიღებული მონაცემების სტატისტიკური შეფასებისათვის იყენებენ X^2 (ხი-კვადრატი)-ის მნიშვნელობას, რომელიც პირველად გამოიყენა ინგლისელმა სტატისტიკოსმა კ. ფირსონმა. X^2 -ით ადგენენ შეესაბამება თუ არა მიღებული დათიშვა თეორიულად მოსალოდნელ შეფარდებას, მას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$X^2 = \sum \frac{d^2}{q}$$

სადაც d^2 არის გადახრის კვადრატი თეორიულად მოსალოდნელი დათიშვიდან ცალკეული ფენოტიპის მიხედვით; q – თეორიულად მოსალოდნელი დათიშვის რიცხვი; Σ – შეჯამების ნიშანი.

X^2 -ის გამოსაანგარიშებლად ვისარგებლოთ ცხრ. 14-ით;

1. ყოველი ფენოტიპის მიხედვით დავადგინოთ განსხვავება თეორიულ და მიღებულ მაჩვენებლებს შორის ($P - q$) და გამოვიანგარიშოთ სიხშირე d .

2. განსხვავება – d ავიყვანეთ კვადრატში ყველა ფენოტიპური კლასის მიხედვით.

3. შეფარდებები შევაჯამეთ.

მეორე თაობის მცენარეთა დათიშვის ანალიზი მონოჰიბრიდული შეჯვარების დროს

ცხრილი 14

მონაცემები	მცენარეები უფხო თავთავეებით	მცენარეები ფხიანი თავთავეებით	ჯამი
1.ექსპერიმენტულად მიღებული			
2.თეორიულად მოსალოდნელი	385	125	520
(q)			
3.თეორიულიდან ექსპერიმენტულურად	390	130	520
მიღებული მონაცემების გადახრა (d)	+5	-5	0
4.გადახრის კვადრატი (d ²)			
5. გადახრის კვადრატის შეფარდება თეორიულად მოსალოდნელ	25	25	-
დათიშვასთან ($\frac{d^2}{q}$)	$\frac{25}{395} = 0,063$	$\frac{25}{125} = 0,2$	0,263

ცხრილიდან ჩანს, რომ $X^2 = \sum \frac{d^2}{q} = 0,063 + 0,2 = 0,263$ თუ $\Sigma(p-q) = 0$, მაშინ $X^2 = 0$.

ეს იმას ნიშნავს, რომ თეორიული და ექსპერიმენტულად მიღებული მონაცემები ერთმანეთს ემთხვევა. თუ X^2 არ არის ნული, მაშინ მისი შეფასება ხდება მიღებული რ. ფიშერის ცხრილის მიხედვით (ცხრ.15).

ცხრილი 15

dt	დ ა მ ა ჯ ე რ ე ბ ლ ო ბ ა (p)		
	0,05	0,01	0,01
1	3,84	6,63	10,83
2	5,99	9,21	13,82
3	7,81	11,4	16,27
4	9,49	13,28	18,47
5	11,67	15,09	20,50
6	12,59	16,81	22,50
7	14,07	18,48	24,30
8	15,51	20,09	26,0
9	16,92	21,67	27,90
10	18,81	23,31	29,60

ჩვენს მიერ მიღებული $X^2 = 0,264$, როცა df ტოლია 1-ის შეადგენს 3,84-ს, $P = 0,01$. აქედან გამომდინარე, რაკი $X^2 = 0,264$ ნაკლებია სტანდარტულ მაჩვენებელზე, მიღებული დათიშვა შესაბამება 3 : 1-ს.

სახელმძღვანელოში მოტანილი ყველა ამოცანის მიხედვით ვიანგარიშით X^2 -ის მნიშვნელობა.

მემკვიდრეობის მოლეკულარული საფუძვლები

გენეტიკური კვლევის უზარმაზარ მიღწევას წარმოადგენდა ქრომოსომების, როგორც მემკვიდრული ორგანიზაციის შესწავლა. მენდელისა და მორგანის თეორიებმა, რომელთაც ახსნეს მემკვიდრეობის და ცვალებადობის კანონზომიერებანი, საშუალებას არ იძლეოდა პასუხი გაეცა ნიშან-თვისებათა მემკვიდრეობის ცალკეულ შემთხვევებზე. ნ. კოლცოვის იდეა, რომ ქრომოსომა ეს არის გიგანტური ბიოქიმიური მოლეკულა, რომელსაც შესწევს თვითგაორმაგების უნარი, სადაც ცილის შემადგენლობა და მისი მოლეკულების ურთიეთქმედება განაპირობებს ორგანიზმის ნიშან-თვისებებს, მოითხოვდა უფრო ღრმა შესწავლას მოლეკულარულ დონეზე. ბიოქიმიის პროცესების შესწავლა უმაღლესი ორგანიზმების უჯრედებში მეტად გაძნელებულია, მიკროორგანიზმებსა და ბაქტერიებში კი თითოეული უჯრედი წარმოადგენს დამოუკიდებელ ორგანიზმს, რის გამოც ისინი გენეტიკური კვლევის ძირითადი ობიექტები გახდნენ.

დნმ – მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებელი

ყველა ორგანიზმის დნმ-ს (დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა) აგებულების ინდივიდუალობამ დააყენა ჰიპოთეზა – მისი, როგორც მემკვიდრეობის ძირითადი მატარებლის შესახებ. თანდათანობით დაგროვდა ფაქტები, რომ ერთტიპობრიობას თან ახლავს ორგანიზმთა სპეციფიკური განსხვავებულობა, რასაც მოსდევს პურინული და პირიმიდანული ფუძეების გადანაწილება დნმ-ს მოლეკულაში. შემდეგში დნმ-ს გენეტიკური მნიშვნელობა მრავალი ფაქტით დასაბუთდა. მაგალითად, 1. ერთი ორგანიზმის ფუნქციის უჯრედებისათვის დნმ-ის რაოდენობა კონსტანტურია. 2. უჯრედის დაყოფის დროს დნმ-ს რაოდენობა ზუსტად ნაწილდება სასქესო უჯრედებში, გამეტების წარმოქმნის დროს მისი რაოდენობა ნახევრდება, ხოლო ზიგოტაში, განაყოფიერების შემდეგ ზუსტად აღდგება საწყისი რაოდენობა. ე.ი. დნმ-ს რეგულირება ხდება მეიოზით და განაყოფიერებით. 3. დნმ ძირითადად მოთავსებულია ქრომოსომებში – ბირთვის სტრუქტურაში, რომელთანაც დაკავშირებულია ორგანიზმის ძირითადი მემკვიდრეობა. 4. სხვადასხვა ორგანიზმი სხვადასხვა რაოდენობით შეიცავს დნმ-ს. 5. ორგანიზმზე ყოველგვარი მუტაციური ცვალებადობა პირველ რიგში იწვევს დნმ-ს შეცვლას. დადგენილია, რომ მუტაგენები ცილის სტრუქტურაზე უფრო ნაკლებ გავლენას ახდენენ, ვიდრე დნმ-ზე. 6. ყველაზე მნიშვნელოვანი თვისება უჯრედისა – თვითგაორმაგება მთლიანად დაკავშირებულია დნმ-თან, რამდენადაც დნმ უჯრედის ერთადერთი კომპონენტია, რომლებსაც შესწევთ გაორმაგების უნარი.

ნუკლეინმჟავების სტრუქტურა და ფუნქცია

მას შემდეგ, რაც დადგინდა დნმ-ის როლი მემკვიდრეობაში, დადგა ნუკლეინმჟავების ქიმიური ორგანიზაციის შესწავლის საკითხი. ნუკლეინის მჟავას სახელწოდება წარმოდგება ლათინური სიტყვისგან “ნუკლეუს”, რაც ქართულად ნიშნავს ბირთვს. არსებობს ნუკლეინმჟავების ორი ძირითადი ტიპი: 1. დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა (დნმ) და 2. რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ).

დნმ თავისი ბუნებით ბიოლოგიური პოლიმერია, გამოირჩევა რთული ხაზოვანი სტრუქტურით. დნმ-ს მოლეკულის წონა უდრის 4–8 მლნ-ს, მაგრამ შეიძლება მიაღწიოს 10–15 მლნ-ს.

დნმ-ის მაკრომოლეკულა გრძელ დაუტოტავ ჯაჭვს წარმოადგენს, რომლის ჩონჩხი შედგება მონომერული ერთეულებისაგან – დეზოქსირიბონუკლეოტიდების მორიგეობით. ნუკლეოტიდები აგებულია სამი კომპონენტისაგან: პურინული ან პირიმიდინული ფუძეებისაგან, პენტოზური შაქრისა (დეზოქსირიბოზა) და ფოსფატური ჯგუფისაგან. უნივერსალურად გავრცელებულია აზოტოვანი ფუძეები, რომლებიც ჩვეულებრივ დნმ-ის მოლეკულაში ოთხია: ადენინი და გუანინი (პურინის წარმოებულნი) ციტოზინი და თიმინი (პირიმიდინის წარმოებულნი). გამოსახვის გასამარტივებლად მათ შემოკლებით აღნიშნავენ ასოებით: ა. გ. ც. თ.

დნმ-ს აგებულება ძირითადად მსგავსია დნმ-სა. ამიტომ მიუხედავად განსხვავებისა, შეიძლება მათი აგებულება გამოვსახოთ საერთო ფორმულით:

აზოტოვანი ფუძეები → შაქრები (დეზოქსირი- → ფოსფორის მჟავა
(პურინული და პირი- ბოზა და რიბოზა)
მიდინული)

აზოტოვანი ფუძეების მიხედვით (პურინული და პირიმიდინული) დნმ და რნმ წარმოდგენილია შემდეგნაირად:

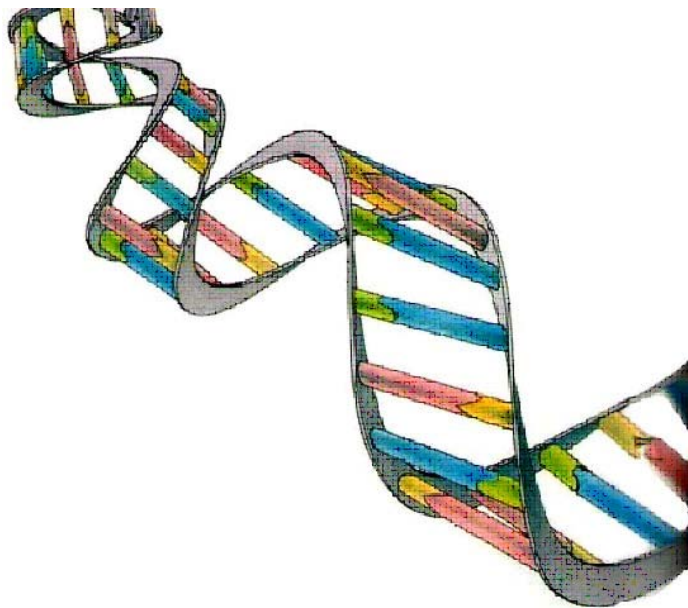
პირიმიდინული	ციტოზინი	ციტოზინი
ფუძეები	თიმინი	ურაცილინი
პურინული	ადენინი	ადენინი
ფუძეები	გუანინი	გუანინი

უოტსონის და კრიკის (1953) შრომების თანახმად ახლა დადგენილია, რომ დნმ-ს მოლეკულა შედგება დიდი რაოდენობის ნუკლეოტიდების ურთიერთშორის შეერთებით წარმოქმნილი ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისაგან. მათ შორის კავშირი დნმ-ს ჯაჭვში ხორციელდება მეზობელ დეზოქსირიბოზულ ნარჩენებსა და ჰიდროქსილს შორის ფოსფატური ბოგირების წარმოქმნის შედეგად, რომელშიც განაპირა რადიკალებით შეერთებულია აზოტოვანი ფუძეები. შაქრის ნარჩენები და ფოსფატური ჯგუფები ყველა ნუკლეინმჟავაში ერთნაირია, მაშინ როდესაც წყალბადური კავშირებით შეერთებული ფუძეები იცვლება. ამასთანავე, ადენინი ყოველთვის თიმინთანაა შეერთებული, ხოლო გუანინი – ციტოზინთან, მიუხედავად იმისა, რომ დნმ-ს მოლეკულაში აზოტოვანი ფუძე მხოლოდ ოთხია, შესაძლებელ კომბინაციათა რიცხვი დიდია. ასე მაგალითად: განსახდვრული იქნა, რომ ფაგურ დნმ-ს ნაწილაკის უბნის ძაფები დაახლოებით 200 000 ნუკლეოტიდს შეიცავს, უმაღლეს ორგანიზმებში კი ეს რიცხვი უფრო მეტი უნდა იყოს.

დნმ-ს მოლეკულა წარმოქმნილია არა ერთი, არამედ ორი ნუკლეოტიდური ჯაჭვით და შეერთებულია ორმაგ სპირალად. ისინი ერთმანეთთან ისეთნაირადაა შეერთებული, რომ თითოეული ნუკლეოტიდი ერთი ჯაჭვით უერთდება პურინულ ფუძეს, ხოლო მეორეთი – პირიმიდინულ ფუძეს. მისი მეოხეობით დნმ-ს ორივე ძაფი ერთიმეორის შემავსებელია, ე.ი. კომპლემენტარებია. მაშასადამე, თუ დაუშვებთ, რომ ამა თუ იმ ჯაჭვის რომელიმე ერთ სეგმენტს, აქვს აგებულება შესაბამისი აღნიშვნებით – გვატცთთაცათ, მაშინ ამ სეგმენტებს ორმაგ ჯაჭვში ექნება შემცველობა:

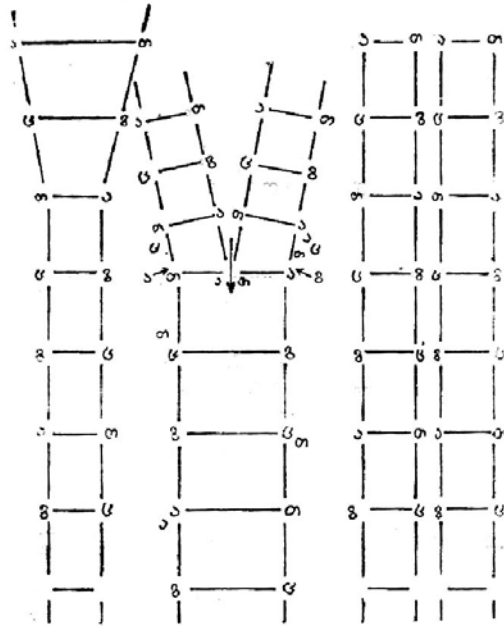
გ გ ა თ ც თ თ ა ც ა თ
ც ც თ ა გ ა ა თ გ თ ა

უოტსონისა და კრიკის მოდელზე (სურ. 2) არის ორი სპირალი – ფოსფატურ დეზოქსი რიბოზული ჯაჭვი. ჰორიზონტალური ხაზი – აზოტოვანი ფუძეების წყვილია, რომლებიც აერთებენ ორივე ჯაჭვს, შემდგომში ამ ორი ძაფის კომპლემენტარული აგებულება უზრუნველყოფს ზუსტ რე-დუპლიკაციას. ქრომოსომების წარმოქმნის სქემაზე შეიძლება დავინახოთ, რომ ორმაგი ჯაჭვის თითოეულად დაშლის შემდეგ (სპირალის გაშლის შედეგად) უკანასკნელი ივსება თავისუფალი ფუძეების ხარჯზე. ამასთანავე, თითოეული ჯგუფი გ – იერთებს ც ჯგუფს, ხოლო თითოეული ჯგუფი ა – ჯგუფი თ-ს და ა.შ.



სურ.2. უოტსონისა და კრიკის დნმ-ის მოდელი

დნმ მოლეკულის რედუპლიკაცია დაკავშირებულია პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვებს შორის წყალბადური კავშირების შეწყვეტასთან და პურინული და პირიმიდინული ფუძეების განთავისუფლებასთან, ამასთანავე მიმდინარეობს ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვის გაშლა, ირგვლივ მყოფი გარემოდან თავისუფალი ფუძეების მიზიდვა და უკვე არსებული ტიპის მიხედვით ახალი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვის წარმოქმნა (სურ.2).



ნახ. 6. დნმ-ის გაორმაგების სქემა

ა-თ	თ-თ	ა-თ
ც-ბ	ც-ბ	ც-ბ
თ-ა	ა-თ	თ-ა
თ-ა	ა	თ
ც-ბ	ც	ბ
გ-ს	ბ	ც

აღმოჩნდა, რომ სხვადასხვა ბიოლოგიური წარმოშობის ნუკლეინმჟავები თავიანთი ნუკლეოტიდების სხვადასხვა ოდენობითი თანაფარდობებით ხასიათდებიან. მონაცემებით უმაღლესი მცენარეებისა და ცხოველების დნმ-ს შედგენილობა უფრო ნაკლებად მერყევია სახეობიდან სახეობამდე, ვიდრე დაბალი ორგანიზმების შედგენილობა. მცენარეული დნმ ხასიათდება 5 – მეთილზიტოზინის უფრო მაღალი შემცველობით, ვიდრე ცხოველური წარმოშობის დნმ.

დნმ-ს ერთ-ერთი ბიოქიმიური ფუნქციაა მონაწილეობა ცილის სინთეზში, რომელიც შეიძლება მოხდეს როგორც ბირთვში, ისე ციტოპლაზმაში. ბირთვში დნმ-ის საშუალო შემცველობა მუდმივად იცვლება, თუ ქრომოსომების გაორმაგება არ ხდება და მიღებული შეხედულების თანახმად არ იცვლება უჯრედში დნმ-ის შემცველობა ფიზიოლოგიური ცვლილებების შემთხვევაშიც. აღნიშნული შეხედულება რასაკვირველია, არ არის ყოველთვის სწორი. დნმ-ის საკმარ რაოდენობა აღმოჩენილია ციტოპლაზმაშიც.

პოლინუკლეოტიდების ბიოსინთეზი შედგება სამი მთავარი ფაზისაგან: 1. ნუკლეოზი – მონოფოსფატის ბიოსინთეზი, 2. მისი დაფოსფორება ტრიფოსფატის სტადიამდე, 3. ნუკლეოტიდური ერთეულების პოლიმერიზაცია (მაღალი მოლეკულური წონის მქონე ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნა დაბალ-მოლეკულურ ნივთიერებათაგან).

გრიუნბერგ-მონაგომ და ოჩოიამ (1955) აღმოაჩინეს ფერმენტი პოლინუკლეოტიდ-ფოსფორილაზა, რომელიც ნუკლეოტიდ-დიფოსფატებს გარდაქმნის პოლირიბონუკლეოტიდებად. სინთეზურად მიღებული პოლიმერები ბუნებრივ რნმ-ის მსგავსია.

პოლინუკლეოტიდ ფოსფორილაზა, როგორც ჩანს ახორციელებს რნმ-ს შიდაუჯრედულ სინთეზს მიკროორგანიზმებში. ეს ფერმენტი გავრცელებული აღმოჩნდა სხვადასხვა ბაქტერიებში და აგრეთვე ზოგიერთ მცენარეულ და ცხოველურ ქსოვილში. ოჩოიას შემდგომი გამოკვლევებით რნმ აღმოჩენილია ყველა პურინული და პირიმიდინული ფუძეებიდან. მიღებული რნმ-ს ბუნება მნიშვნელოვნად ექვემდებარება მცირე რაოდენობით სარეაქციო ნარევიში შეტანილ ბუნებრივ რნმ-ს.

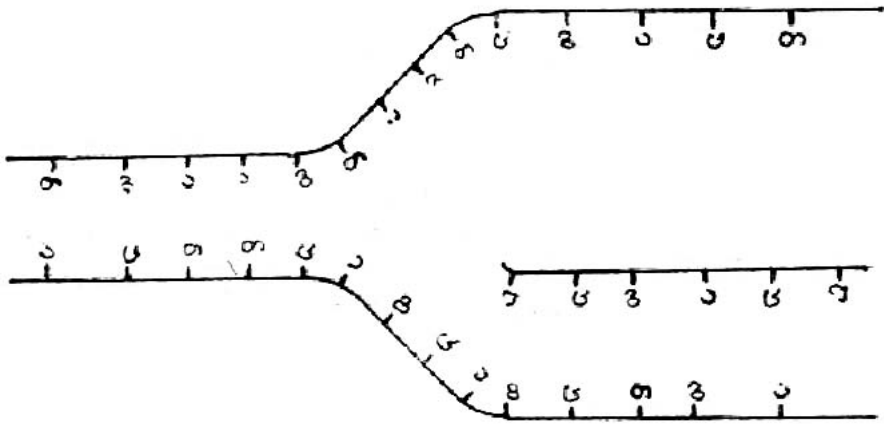
1957 წელს ა. კორბერგმა გამოყო დნმ-ს ტიპის პოლინუკლეოტიდის სინთეზირების უნარის მქონე ფერმენტი პოლიმერაზა, რომელიც იწვევდა მხოლოდ დეზოქსირიბოზული ბუნების ნუკლეოტიდური ერთეულების პოლიმერიზაციას, რისთვისაც დეზოქსირიბონუკლეოტიდური მონომერები უნდა ყოფილიყვნენ წარმოდგენილი 5 ტრიფოსფატების სახით. ცალკეული ნუკლეოტიდების შეერთებას ნუკლეინმჟავების მოლეკულად, ეწოდება პოლიმერიზაცია.

რნმ უხვადაა აღმოჩენილი ციტოპლაზმის ფრაქციებსა და ბირთვაკში. ბირთვში დნმ-ს და რნმ-ს ფარდობა ცვალებადობს, მაგ. თიშუსის ქრომოსომებში შეფარდებაა 40 : 1, ხოლო ღვიძლში – 10 : 1. ადრე ითვლებოდა, რომ რნმ-ს რაოდენობა ბირთვში ისე მცირეა, რომ მისი აღმოჩენა შესაძლებელია მხოლოდ დნმ-ს ბირთვიდან ენზიმური გამოყოფის შემდეგ. სავიციამ და სტენდიმ აღმოაჩინეს, რომ რნმ-ს მნიშვნელოვანი რაოდენობა არის ბირთვში, ე.ი. უფრო მეტი, ვიდრე აქამდე მიაჩნდათ (ერთ პროცენტზე მეტი).

ქიმიური თვისებებით რნმ ძლიერ ემსგავსება დნმ-ს და მოლეკულური კონფიგურაციით მისგან არცთუ ისე განსხვავებულია. რნმ-ს მოლეკულები ძლიერ დახვეულია. სათანადო შესწავლის საფუძველზე დადგენილია, რომ რნმ-ს ჯაჭვს შეუძლია მიიღოს დნმ-ს ცნობილი კონფიგურაციის მსგავსი კონფიგურაცია, რნმ მოლეკულა ერთტიმიანი პოლინუკლეოტიდია. ამჟამად, მეტად თუ ნაკლებად გადაჭრილია საკითხი, რომ რნმ-ს მოლეკულა სპირალისებრია.

რნმ-ს სამი სახეა ცნობილი: ინფორმაციული (ი-რნმ), ე.წ. მატრიცული ანუ შუალედური რნმ, სატრასპორტო (ს-რნმ) და რიბოსომული (რ-რნმ). საინფორმაციო რნმ შედგება 100-მდე ნუკლეოტიდისაგან, იგი სიგრძით ათასიდან რამდენიმე ათასამდე ნანომეტრის ტოლია. მას გადააქვს ინფორმაცია ბირთვიდან ციტოპლაზმაში. ტრანსპორტული რნმ წარმოდგენილია ოცივე ამინომჟავას ფორმაში. სიგრძით – 260 ნანომეტრი, შედგება 70-მდე ნუკლეოტიდისაგან. მათი დახმარებით ამინომჟავები მიდის ცილის სინთეზის ადგილამდე. რიბოსომული რნმ შედის რიბოსომის შემადგენლობაში, 1,5–2 მლნ მოლეკულიარული მასით, რომელიც შედგება 4000–6000 ნუკლეოტიდისაგან.

უკანასკნელი გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ დნმ-ს ჯაჭვი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს არა ორმაგი სპირალით, არამედ ერთმაგი სპირალით, ზუსტად ისე, როგორც რნმ-ს ჯაჭვი. განსხვავება მხოლოდ ისაა, რომ რნმ-ს ჯაჭვი ურაცილინითაა წარმოდგენილი, ხოლო დნმ-ის – თიმი-ნით.



ნახ.7. დნმ-ს მატრიცაზე რნმ-ს სინთეზი

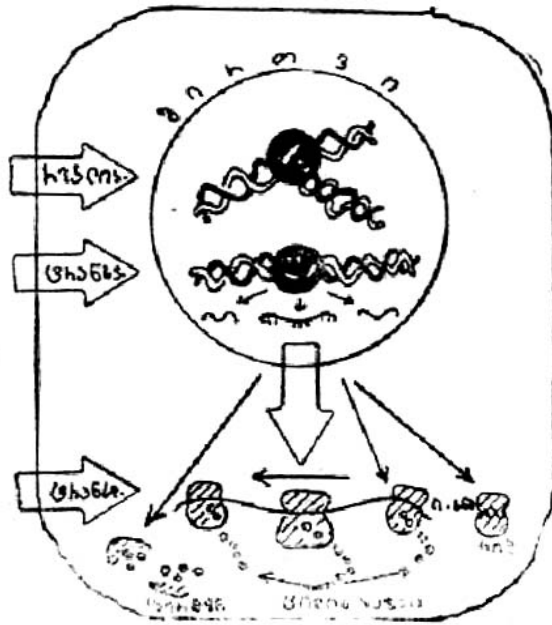
ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ დნმ მონაწილეობს ყველა სახის ცილის სინთეზში. დნმ ძირითადად მოთავსებულია ბირთვის სტრუქტურებში – ქრომოსომებში. ცილის სინთეზი მიმდინარეობს ციტოპლაზმაში, კერძოდ – რიბოსომებში. საგარაუდოდ, უნდა არსებობდეს შუამავალი, რომელიც დნმ-ს ინფორმაციას მიიტანს რიბოსომამდე.

ე. ვოლკინმა და ლ. ასტრახანმა პირველად ქრომოსომებზე აღმოაჩინეს, რომ დნმ-ს და ცილის შუამავალი იყო რნმ. ბაქტერიებში დნმ-ს და ნიშანდობლივი (წინასწარ შერჩეული) ატომების შეყვანით დადგინდა, რომ დნმ-ს ფაგის ფორმა წარმოდგენილი იყო ჩვეულებრივი კომპლემენტარობის პრინციპით: ა-თ და გ-ც, ხოლო რნმ ხელახლა წარმოიქმნა ზუსტად მისი შესატყვისი კომპლემენტარობით: ა-უ და გ-ც. რადიოაგტოგრაფიის საშუალებით ზუსტად იქნა დადგენილი, რომ დნმ-სა და ცილას შორის შუამავლის როლს ასრულებს რნმ (ნახ. 7). ზუსტი ცდებით დადგენილია, რომ რნმ-ს რაოდენობა ზუსტად შეესაბამება სინთეზირებული ცილების რაოდენობას. უჯრედები თუ მდიდარია რნმ-ით, წარმოიქმნება მეტი ცილა, ხოლო თუ ღარიბია – სინთეზირდება ნაკლები.

მემკვიდრეობის მატრიცული თეორია სქემატურად შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

(რეპლიკაცია) დნმ → (ტრანსკრიპცია) რნმ → (ტრანსლაცია) ცილა

რეპლიკაცია – ეს არის დნმ-ს თვითგაორმაგება, სადაც მატრიცაა თვით დნმ (დნმ-ს გაორმაგება ხდება თვითწარმოქმნით). ტრანსკრიპცია – გადაწერაა (ინფორმაციისა დნმ-დან რნმ-ზე, რნმ-ს წარმოქმნა ხდება დნმ-ს მატრიცაზე). ტრანსლაცია – ეს არის პროცესი, როდესაც ცილის ბიოსინთეზში მატრიცას წარმოადგენს რნმ. იგი განსაზღვრავს ამინომჟავების თანმიმდევრობას ცილის მოლეკულაში. დნმ-ს მატრიცაზე მემკვიდრულ ინფორმაციას ღებულობს ი-რნმ, რომელიც ს-რნმ-ს საშუალებით მიემართება ციტოპლაზმაში რიბოსომაზე (ნახ.8). ამის შესაბამისად იწყება ცილების სინთეზი. ცილის სინთეზამდე გავვეცნოთ გენეტიკურ კოდს.



ნახ. 8. მემკვიდრული ინფორმაციის შესაბამისი ცილების სინთეზირების სქემა

გენეტიკური კოდი

ყოველი ორგანიზმი ერთმანეთისაგან განსხვავდება ცილების სტრუქტურითა და რაოდენობით, ამიტომ მთავარია გავერკვეთ თუ როგორ ხდება გენეტიკური ინფორმაციის ჩაწერა დნმ-ს ქიმიურ სტრუქტურითა და რაოდენობით. ცილის მაკრომოლეკულები შედგება 20 მონომერის ამინომჟავისაგან. ამინომჟავების თანმიმდევრობა, რაოდენობა და განლაგება განსაზღვრავს ცილის სპეციფიკურობას. რამაც შეიძლება მოგვცეს 10^{24} კომბინაცია. ამდენად, ცილის მილეკულის ნიშან-თვისებათა განსხვავება, პრაქტიკულად დაუსრულებელია. შესაძლებლობა არსებობს დედამიწაზე სიცოცხლის ევოლუცია გაგრძელდეს 10 მლრდ წელს, რადგან ერთი ამინომჟავის შეცვლაც კი იწვევს ცილის თვისების შეცვლას.

დნმ ბიოპოლიმერია, რომელიც შედგება მონომერისაგან, მაგრამ აქ ნაცვლად 20 ამინომჟავისა, გვაქვს ოთხი ნუკლეოტიდი: ა, თ, გ, ც; შაქრები და ყველგან ერთნაირი ფოსფორის მჟავა. დნმ-ს განსხვავება მხოლოდ აზოტოვანი ფუძეებით განისაზღვრება. დნმ-ს მოლეკულაში აზოტოვანი ფუძეების მორიგეობა განსაზღვრავს ცილის მოლეკულაში ამინომჟავების მორიგეობას. აქედან გამომდინარე ყველა ორგანიზმის ფორმა და ფუნქცია, მათი მსგავსება და განსხვავება განპირობებულია დნმ-ს მოლეკულაში ოთხი აზოტოვანი ფუძით. აზოტოვანი ფუძეების განლაგებას დნმ-ში, რომელიც განსაზღვრავს ამინომჟავების მორიგეობას ცილის მოლეკულაში, ეწოდება გენეტიკური კოდი ან მემკვიდრეობის კოდი. ყველა მემკვიდრული ინფორმაცია "ჩაწერილია" ოთხი ნიშნით. საჭირო გახდა გენეტიკური კოდის გაშიფვრა, რომელიც გენეტიკოსების, ფიზიკოსების, ქიმიკოსებისა და მათემატიკოსების ერთდროული მონაწილეობით მოხდა. ამ პრობლემის გადაწყვე-

ტაში დიდი როლი შეასრულა გ. გამოვამ და ფ. კრიკმა. გენეტიკური კოდის გასაშიფრად მთავარია დადგინდეს ნუკლეოტიდების მინიმალური რაოდენობა, რომელიც განსაზღვრავს ამინომჟავას. რა თქმა უნდა, ორი აზოტოვანი ფუძე მოგვცემს მხოლოდ 16 კომბინაციას, ამინომჟავა კი ოცია. სამ აზოტოვან ფუძეს შეუძლია მოგვცეს 64 სხვადასხვა კომბინაცია ($4^3=64$). სამი ნუკლეოტიდის ასეთ შეთანწევობას ეწოდება ტრიპლეტური კოდი. ამინომჟავები დნმ-ს მოლეკულაში მოცემულია სამი ნუკლეოტიდით, მაგ. ააა, ცცც და ა.შ.

1961-62 წლებში მ. ნირენბერგმა და გ. მატეიმ მოახდინეს ყველა ამინომჟავას ტრიპლეტის გაშიფვრა. შემდგომში დადგინდა, რომ ერთი და იმავე ამინომჟავას შეიძლება განსაზღვრავდეს რამდენიმე ტრიპლეტი (ცხრ 16).

ცხრილი 16

ამინომჟავების ტრიპლეტში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა

პირველი ნუკლეოტიდი	მეორე ნუკლეოტიდი				მესამე ნუკლეოტიდი	
	უ	ც	ა	გ		
უ	უუუ	უცუ	უაუ	უგუ	უ	
	ფენილალანი		ტიროზანი	შბშ		
	უუც	უცს ნერინიმ	უაც*	ციტეინი		ც
	უუა ლეიცინი	უცა	უაა*	უბც*		ა
ც	უცბ	ცბ	უაგ*	უბა	ბ	
				უბგ		
				ტრიფტოპანი		
ა	ცუუ	ცცუ	ცაუ	ცგუ	უ	
	ცუც	ცცც	პისტიდინი	ცბუ		
	ლეიცინი	პროლანი	ცაც	ცბც		
			ცაა	არგონინი		
ა	ცუა	ცცა	გლიცინი	ცბა	ბ	
	ცუბ	ცცბ	ცოგ	ცბგ		
ბ	აუუ	აცუ	ააუ	აგუ	უ	
	იზოლეიცინი	აცც	ასპარაგინი	სერინი		
	აუც	თრეონინი	ააც	აგც		
	აუა	აცა	ააა	აგა		
გ	აუბ	აცბ	ლიზინი	არგონინი	ც	
გ	ბუუ	ბცუ	ბაბ	ბგბ	ბ	
	ბუც	ბცც				
	ვალინი	ალანინი	ბაუ	ბბუ		
			ასპარაგინი	ბბც		
გ	ბაუ	ბცა	გაუ	გბუ	ბ	
	ბუბ	ბცბ	გაც	გბც		
			გაა	გლიცინი		
			გლუტამინი	გბა		
		გაბ	გბბ			

შენიშვნა: აღნიშნული კოდონები ტრანსლაციის შეწყვეტა ან დასასრულია. მათი დანიშნულება განისაზღვრება შესაბამისი მუტანტით.

ცილების სინთეზირება

ცილის სინთეზირება რთული ბიოლოგიური პროცესია. მისი სინთეზირება მოწმობს უჯრედის ყველა კომპონენტის ერთიანობას. განსაკუთრებით საინტერესოა დნმ-სა და რნმ-ს ურთიერთწარმოქმნა და ბირთვისა და ციტოპლაზმის აუცილებლობა.

როგორც წინა საკითხში იყო აღნიშნული დნმ-ს მატრიცაზე მიმდინარეობს რნმ-ს სინთეზი, მაგრამ 1960 წელს ს. გერშეზონის მიერ აღმოჩენილი

იქნა რნმ-ს მატრიცაზე დნმ-ს სინთეზი. ფერმენტ რევერტაზას დახმარებით ხდება შებრუნებითი ტრანსკრიფცია. მაშასადამე, ცილების ფორმულირება შეიძლება გამოვსახოთ: დნმ \rightleftharpoons რნმ \rightleftharpoons ცილა.

ორივე შემთხვევაში ჯერ ინფორმაცია გადაიწერება რნმ-ზე, ხოლო შემდეგ გადადის ცილაში ამინომჟავების თანმიმდევრობაზე. ყოველი ცილის სინთეზირება ხდება განსაკუთრებულ მატრიცაზე, თავის ი-რნმ-ის საშუალებით, ამიტომ ცილის სინთეზი მიმდინარეობს რამდენიმე საფეხურად.

პირველ ეტაპზე ხდება ამინომჟავების გააქტიურება. ისინი ადვილად ურთიერთქმედებენ ერთმანეთზე, ქმნიან აქტიურ გრძელ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვს. გააქტიურება ხდება ადენოზინტრიფოსფორმჟავას (ატფ) შეერთებით, რომელსაც ემსახურება ფერმენტი ამინოაცილ – რნმ – სინთეტაზა.

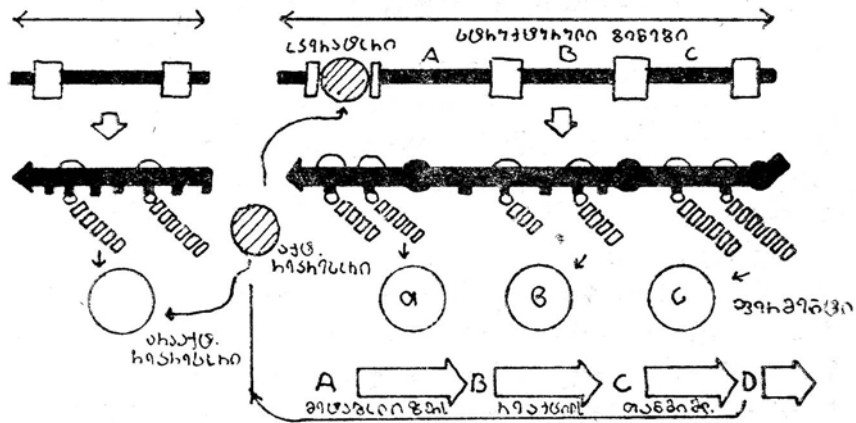
მეორე ეტაპზე ინფორმაციული რნმ-ს მიღებული კოდი საჭიროა გადაეცეს ს-რნმ-ს, რომელიც ბირთვიდან რიბოსომამდე მიიტანს საჭირო ნუკლეოტიდს. როგორც ვიცით, ს – რნმ გაცილებით პატარაა, ვიდრე ი-რნმ. მის ერთ მხარეს მოთავსებულია საჭირო ნუკლეოტიდი, ხოლო მეორე ბოლოზე – განსაზღვრული ამინომჟავა, რომელსაც შესწევს უნარი შეიცნოს საჭირო ნუკლეოტიდი. ყველა ს-რნმ-ს შეესაბამება განსაზღვრული ამინომჟავა. აქედან გამომდინარე, ს – რნმ უნდა იყოს ოცი სხვადასხვა სახის.

მესამე ეტაპზე იწყება ამინომჟავების აწყობა განსაზღვრული თანმიმდევრობით. პოლირიბოსომაში პეპტიდპოლიმერაზის დახმარებით ხდება ი-რნმ-ს მატრიცაზე ცილის მოლეკულის სინთეზი. აწყობაში მონაწილეობას უნდა იღებდეს რ-რნმ, თუმცა ეს საკითხი ბოლომდე გარკვეული არ არის. მოიტანს რა ს-რნმ ი-რნმ-ს ანუ აქტიურ ამინომჟავას, იწყება პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სინთეზი. ა. სპირინის მიხედვით რ-რნმ კონვეიერული სისტემით ახდენს ცილის მოლეკულის აწყობას.

მეოთხე ეტაპზე ცილის მოლეკულა, როგორც სწორხაზოვანი სტრუქტურა, იგრძნობს სპირალად და იღებს ბიოლოგიურად აქტიურ კონფიგურაციას.

აღნიშნულიდან ნათლად ჩანს, რომ მთლიანი მემკვიდრული ინფორმაცია ინახება დნმ-ის მოლეკულის სტრუქტურაში, ხოლო მემკვიდრეობის რეალიზაცია ხდება ცილის მოლეკულის სინთეზის პროცესში.

ცილების სინთეზირებაში დიდ როლს ასრულებს ნივთიერებები, რომლებიც არეგულირებენ ამ პროცესს. ასეთ ნივთიერებებს ეწოდებათ ინდუქტორები. ცალკეული ცილის სინთეზისათვის საჭიროა განსაზღვრული ფერმენტი და გარემო. ინდუქტორების მოქმედებით ხდება ცალკეული ცილების სინთეზის დაჩქარება, მაგრამ უჯრედში შეიძლება გამოიშუშავდეს უჯრედული ნივთიერება, რომელიც ახშობს ამინომჟავების აქტიურობას, მათ რეპრესორები ეწოდებათ. უჯრედის მეტაბოლიზმის პროცესში ცილების სინთეზის ინდუქცია და რეპრესია იმყოფება გენების კონტროლში. ფერმენტის სინთეზის გენეტიკური კონტროლის მექანიზმის სქემა მოგვცა კ. ჟაკობომ და ჟ. მონომ (1961) (ნახ.9).



ნახ.9 ცილის სინთეზირების სქემა

ყველა გენები იმყოფებიან დნმ-ს თვითგაორმაგებად სტრუქტურაში, მაგრამ ისინი თავისი ფუნქციებით ერთმანეთისგან განსხვავებულია. ერთი განსაზღვრავენ ამინომჟავების მორიგეობას ცილის მოლეკულაში და ეწოდებათ სტრუქტურული გენები, ხოლო მეორენი აწარმოებენ ამინომჟავების გააქტიურებას და ეწოდებათ რეგულატორები. დნმ-ს სტრუქტურაში არის ისეთი ნაწილიც, რომელიც არ მონაწილეობს ცილების სინთეზში, მათ ინტროგენები ეწოდებათ. სტრუქტურულ გენთა შესაბამისი მორიგეობის კავშირს აწარმოებენ გენი-ოპერატორები, ხოლო მათთან ცილის ბუნებისათვის დამახასიათებელ გენებს შორის მანძილს კონტროლს უწევენ გენი-რეგულატორები.

ამრიგად, ცილის სინთეზი და მისი მექანიზმის რეგულაცია არის თვითმარეგულირებელი კიბერნეტიკული სისტემა, რომელსაც აქვს შექცევადი ხასიათი.

მემკვიდრეობის მოლეკულური საფუძვლების ასათვისებლად ამოცანათა ამოცანები.

ამოცანა 1. დნმ-ს ერთ ჯაჭვში ნუკლეოტიდების მორიგეობა ასეთია:

თ-ა-ა-თ-ც-ც-თ-გ-ც-გ-ა-თ-ა-გ-ც-თ-ც-გ-თ-ა

1. ააგეთ დნმ-ის მოლეკულის კომპლემენტარული ჯაჭვი;
2. ააგეთ რნმ-ს ჯაჭვი;
3. რამდენი მოლეკულა ტრიფტოფანია დნმ-ს ჯაჭვში?

ამოცანა 2. დნმ-ს ერთ ჯაჭვში ნუკლეოტიდების მორიგეობა ასეთია:

ა-ც-ა-თ-ა-ა-ც-ც-ა-ც-თ-ა-თ-თ-თ-ც-თ-თ-გ-თ-თ-ც-თ-ა-ა-ა

1. რამდენ ამინომჟავას შეიცავს დნმ-ის მოლეკულა?
2. ააგეთ რნმ-ის ჯაჭვი?
3. რამდენი მოლეკულა ლიზინია დნმ-ს ჯაჭვში?

ამოცანა 3. დნმ-ს ერთ ჯაჭვში ნუკლეოტიდების მორიგეობა ასეთია:

ა-გ-ა-ა-ც-ც-ც-თ-თ-თ-თ-ც-თ-ა-ც-გ-ა-ც-თ-ა-ა-თ-ა-ა-ც-ა-ა-თ-ა-ა-თ-თ

1. რამდენი ს-რნმ მონაწილეობს ცილის სინთეზის დროს?
2. რამდენი მოლეკულა ასპარაგინს შეიცავს დნმ-ის მოლეკულა?
3. ააგეთ დნმ-ის კომპლემენტარული ჯაჭვი;

ა მ ო ც ა ნ ა 4. დნმ-ის მოლეკულაში ამინომჟავების მორიგეობა ასეთია:

გლუტამინი - გლიცინი - ასპარაგინის მჟავა - ვალინი - ტიროზინი - ვალინი - პროლინი - ალანინი - ასპარაგინი.

1. ავადგოთ დნმ-ის შესაბამისი ჯაჭვი;
2. ავადგოთ ი-რნმ-ის მოლეკულა;
3. რამდენი ს-რნმ მონაწილეობს დნმ-ის ჯაჭვში?

ა მ ო ც ა ნ ა 5. დნმ-ის მოლეკულაში ამინომჟავების მორიგეობა ასეთია:

ვალინი - ჰისტიდინი - ლეიცინი - ტრეონინი - პროლინი - გლუტამინის მჟავა - ლიზინი - ტრიფტოფანი - ვალინი.

1. ააგეთ ამინომჟავების მიხედვით დნმ-ის მოლეკულის ყველა შესაძლებელი ჯაჭვი;
2. განსაზღვრეთ დნმ-ის მოლეკულის კომპლემენტარული ჯაჭვი;
3. რამდენი კოდონი განსაზღვრავს არსებულ ჯაჭვში ვალისს?

ა მ ო ც ა ნ ა 6. დნმ-ის მოლეკულაში ამინომჟავების მორიგეობა ასეთია:

იზოლეიცინი - ვალინი - გლუტამინი - გლუტამინი - ცისტეინი - ცისტეინი - ტრეონინი - ლიზინი - ტრიფტოფანი - ცისტეინი.

1. ააგეთ ამინომჟავების მიხედვით დნმ-ის მოლეკულის ჯაჭვი;
2. ააგეთ ი-რნმ-ის შესაბამისი ჯაჭვი;
3. რამდენ ს-რნმ შეიცავს დნმ-ის ჯაჭვი?

ა მ ო ც ა ნ ა 7. დნმ-ის ერთ ჯაჭვში ნუკლეოტიდების მორიგეობა ასეთია:

ა-ა-ა-თ-გ-ც-თ-თ-თ-გ-გ-ა-ც-ა-ა-ც-ც-ც-თ-თ-ა-ა

1. ავადგოთ დნმ-ის მოლეკულის კომპლემენტარული ჯაჭვი;
2. განსაზღვროთ დნმ-ის ჯაჭვში $\frac{a + t}{g + c}$ შეფარდების რიცხვი;
3. რამდენი ამინომჟავაა დნმ-ის მოლეკულის ჯაჭვში?

ა მ ო ც ა ნ ა 8. ი-რნმ-ის ერთ ჯაჭვში ნუკლეოტიდების მორიგეობა ასეთია:

უ-ა-ც-ც-ა-ა-გ-უ-ა-გ-გ-ა-ა-უ-ა-გ-გ-ა-ც-უ-უ-გ-გ-ა-ც-ა-ა

1. ავადგოთ დნმ-ის მოლეკულის ჯაჭვი;
2. განსაზღვროთ ამინომჟავების რაოდენობა;
3. დნმ-ის მოლეკულაში როგორია $\frac{a + t}{g + c}$ შეფარდების რიცხვი;

ა მ ო ც ა ნ ა 9. ი-რნმ-ის ჯაჭვში ნუკლეოტიდების მორიგეობა ასეთია:

ც-უ-გ-ა-უ-უ-უ-ა-უ-ა-უ-ა-უ-ც-ც-ა-ა-უ-ა-ა-ც-კ-გ-გ-ც-უ-ა

1. რამდენი მოლეკულა ციტოზინია დნმ-ის მოლეკულაზე?
2. ააგეთ დნმ-ის მოლეკულის ჯაჭვი;
3. რამდენი ს-რნმ მონაწილეობს დნმ-ის ჯაჭვში?

ა მ ო ც ა ნ ა 10. დნმ-ის ჯაჭვში ნუკლეოტიდების მორიგეობა ასეთია:

თ-თ-თ-ა-თ-თ-ა-თ-ც-ა-თ-ა-ა-თ-გ-გ-თ-თ-გ-თ-ც-გ-თ-ა-ც-ა-თ

1. მოძებნეთ მეთიონინის კოდონი?
2. რამდენი კოდონი განსაზღვრავს ვალინს?
3. რამდენი ს-რნმ მონაწილეობს დნმ-ის ჯაჭვში?

ჰეტეროზისი და ჰეტეროზისის ტიპები

ჰიბრიდული ძალა ანუ ჰეტეროზისი ზოგადბიოლოგიური მოვლენაა, რომელიც იწვევს პირველი თაობის მცენარეთა სიმძლავრეს, სიცოცხლისუნარიანობას და პროდუქტიულობას. ჰეტეროზისის ცნება მეცნიერებაში პირველად შემოღებულია ამერიკელი გენეტიკოსის შელის მიერ (1914). ჰეტეროზისი უძველესი მოვლენაა, რომელიც დაკავშირებულია ევოლუციის პროცესში ჯვარედინმტვერია მცენარეთა წარმოშობასთან. ჯერ კიდევ დარვინი აღნიშნავდა, რომ თვითდამტვერვასთან შედარებით ჯვარედინი დამტვერვა ევოლუციის მაღალი საფეხურია. ამ დროს იზრდება ჰეტეროზიოტურობა, რაც უზრუნველყოფს ორგანიზმთა ცვალებადობას და მათ ცხოველმყოფელობას. ი. კერლეიტერის მიერ თამბაქოს ორი სახეობის (ვირჯინიის ჩეუულებრივი თამბაქო X პერუს თამბაქო) შეჯვარებით პირველ თაობაში აღინიშნა მცენარეთა ძლიერი ზრდა, ადრეულობა და მეტი ნამსრევების განვითარება. მემკვიდრულად განსხვავებული სხვადასხვა ფორმის შეჯვარებით მიღებული ჰიბრიდული ორგანიზმების ჰეტეროზიოტურობის შედეგია ჰეტეროზისის მოვლენა. ჰიბრიდს მშობლებთან შედარებით აქვს გენების მეტი რაოდენობა, რომლებიც ავსებენ ერთმანეთს. ჰიბრიდებში ჰეტეროზისი გამოიხატება: ზრდის გაძლიერებით, მწვანე მასის მაღალი მოსავლიანობით, ნივთიერებათა ცვლის უფრო ინტენსივობით, ადრეულობით.

დ. შელმა, რომელმაც ასხნა ჰეტეროზისის ბუნება დაასაბუთა, რომ იგი შეიძლება განვიხილოთ როგორც გენეტიკური, ციტოპლაზმური, ბიოქიმიური და ფიზიოლოგიური ფაქტორების კომპლექსური მოქმედების შედეგი. ამიტომ შევდმა გენეტიკოსმა ა. გუსტაფსონმა ჰეტეროზისის მოვლენა დაყო სამ ძირითად ტიპად: რეპროდუქციული, სომატური, ადაპტური. რეპროდუქციული ჰეტეროზისის დროს ხდება გასამრავლებელი ორგანოების უკეთ განვითარება, გადიდებული ფერტილობა და ნაყოფიერება, თესლის გაზრდილი მოსავლიანობა. სომატური ჰეტეროზისის დროს იზრდება ვეგეტატიური ნაწილების—ღეროს, ფოთლების, ძირხვენების გაძლიერებული განვითარება. ადაპტური ანუ შემგუებლობითი ჰეტეროზისი იწვევს ცხოველმყოფელობის გაძლიერებას, მათ უკეთ შეგუებულობას გარემო პირობებთან, ამას კი დიდი მნიშვნელობა აქვს არსებობისათვის ბრძოლაში.

ჰეტეროზისის გამოვლენის დონის მიხედვით ჰეტეროზისი შეიძლება იყოს ჭეშმარიტი და ჰიპოთეტური. ჭეშმარიტი ჰეტეროზისია, როცა პირველი თაობის ჰიბრიდი გარკვეული ნიშნებით აღემატება უმჯობეს მშობელ ფორმას, ხოლო ჰიპოთეტურია, როცა აღემატება ორივე მშობლის საშუალო მაჩვენებელს. წინასწარ განსაზღვრული ნიშან-თვისებების მიხედვით ჰეტეროზისი შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი.

ჰეტეროზისის ყველაზე დამახასიათებელი თვისებაა ძლიერი გამოვლენა პირველი თაობის ჰიბრიდებში, ხოლო მეორე თაობაში მკვეთრად დაცემა, შემდგომში კი მთლიანად გაქრობა. ეს მოვლენა დაკავშირებულია მცენარეთა ჰეტეროზიოტების შემცირებასთან. მეორე თაობაში მოსავლიანობა შეიძლება შემცირდეს 35%-ით, ხოლო მომდევნოში 50%-ით (შელი). მეორე

თაობაში მოსავლიანობის შემცირების სიდიდის გამოსაანგარიშებლად ს. რაიტის მიერ შემოთავაზებულია ფორმულა:

$$F_2 = F_1 - \frac{F_1 - P}{n}$$

სადაც F_2 – მეორე თაობის ჰიბრიდების მოსავალია, F_1 – პირველი თაობის ჰიბრიდების ფაქტიური მოსავალია, P – შესაჯვარებელი ხაზების საშუალო მოსავალი, n – ხაზების რაოდენობა. ამიტომ ჰეტეროზისული ჰიბრიდები წარმოებაში გამოიყენება მხოლოდ პირველ თაობაში, ხოლო ერთწლიან კულტურებში მათი გამოყვანა საჭიროა ყოველ წელს.

მუტაციების ძირითადი ტიპები და მათი კლასიფიკაციის პრინციპები

მუტაციები ბუნებაში მიმდინარეობს სხვადასხვა მიმართულებით, რომელთა გამოვლენა შემთხვევითი მოვლენაა. ამასთანვე მუტაციური პროცესი მთლიანად ემორჩილება გარკვეულ კანონზომიერებებს, რომ ნებისმიერი ორგანიზმის შესაძლო მუტაციების ბუნება განსაზღვრულია სახეობის (გვარის) გენეტიკური სისტემით. აქედან გამომდინარე მუტაციების კლასიფიკაცია მეტად რთულია და დამოკიდებულია ორგანიზმის მორფოლოგიურ, ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ აგებულებაზე.

მუტაციების კლასიფიკაცია მემკვიდრეობით სტრუქტურაზე მათი მოქმედების მიხედვით. უჯრედის ბირთვის მემკვიდრეობით სტრუქტურაზე მოქმედების მიხედვით, მუტაციის სამ ტიპს განასხვავებენ: 1. ქრომოსომა რიცხვის შეცვლით: ა) ქრომოსომების რიცხვის ჯერადი გადიდება-პოლიპლოიდია; ბ) ერთი ან რამდენიმე ქრომოსომის დაკარგვა ან დამატება-ანეუპლოიდია; გ) ქრომოსომების რიცხვის ჯერადი შემცირება – ჰაპლოიდია; 2. ქრომოსომა სტრუქტურის შეცვლა (ქრომოსომული აბერაციები). იგი ვლინდება: ა) ქრომოსომის რომელიმე უბნის დაკარგვით (დელეცია); ბ) ქრომოსომების რომელიმე უბნის გაორმაგებით (დუპლიკაცია); გ) ქრომოსომის რომელიმე უბნის 180⁰-ით შემობრუნებით (ინვერსია); დ) ორ არაჰომოლოგიურ ქრომოსომას შორის უბნების გაცვლით (ტრანსლოკაცია). 3. გენის სტრუქტურის შეცვლა (გენური მუტაცია). მისი გამომწვევი მიზეზებია ნუკლეოტიდის დაკარგვა, გაორმაგება, ჩართვა ან თანმიმდევრობის შეცვლა. მუტაგენები უჯრედის სტრუქტურაზე ერთნაირად არ მოქმედებენ და ამიტომ წარმოიქმნება განსხვავებული მუტაციები.

მუტაციების კლასიფიკაცია ორგანიზმზე მათი მოქმედების და გავლენის მიხედვით. ორგანიზმზე მოქმედების მიხედვით მუტაცია შეიძლება იყოს: მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური. მუტაგენების მოქმედებით იცვლება ორგანიზმის გარეგნული ნიშნის გამოვლენა, იცვლება ორგანოთა ფუნქციები, ზრდა-განვითარება, უჯრედის და ქსოვილის ქიმიური შემადგენლობა. ისინი ხშირად ხასიათდებიან ურთიერთშენაცვლებით. ფოთლის ზომების ზრდა იწვევს ფიზიოლოგიური პროცესების გააქტიურებას, ხოლო ეს უკანასკნელი აძლიერებს ბიოქიმიურ პროცესებს. გამოვლენის მიხედვით მუტაციები შეიძლება იყოს დომინანტური და რეცესიული. უფრო ხშირია რეცესიული მუტაციები, ვიდრე დომინანტური.

ორგანიზმების სიცოცხლისუნარიანობასა და ნაყოფიერებაზე მოქმედების მიხედვით მუტაციები შეიძლება იყოს: სასარგებლო, ნეიტრალური და მავნე. სასარგებლო მუტაციები აძლიერებს ორგანიზმის ცხოველმყოფელობას და

ზრდას. ნეიტრალური – არავითარ გავლენას არ ახდენს, ხოლო მავნე მუტაციები – ამუხრუჭებენ და ამცირებენ ორგანიზმში განვითარებას. ხშირ შემთხვევაში ისინი იწვევენ სიკვდილს, ამიტომ მათ ლეტალურ მუტაციებს უწოდებენ. მუტაციების ერთობლიობას, რომელიც ორგანიზმში წარმოიქმნება გარკვეული მუტაგენების ზემოქმედებით, ეწოდება მუტაციის სპექტრი.

გენერატიული და სომატური მუტაციები. განსაკუთრებით მგრძობიარეა ორგანიზმი მუტაგენების მიმართ გამრავლების პროცესში. მუტაციებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან გამეტასა და უჯრედებში, რომლებისგანაც ისინი ვითარდებიან – ეწოდება გენერატიული მუტაციები, ხოლო სომატურ უჯრედებში წარმოქმნილ მუტაციებს კი ეწოდება სომატური მუტაციები. ორივე სახის მუტაცია ერთმანეთისაგან არაფრით არ განსხვავდებიან, მაგრამ გამოვლენის ხასიათით და ევოლუციური და სელექციური მნიშვნელობით განსხვავება ძალიან არსებითია.

მცენარეთა უმეტესობა მრავლდება ვეგეტატიურად. ნებისმიერი სომატური მუტაცია წარმოქმნილი იმ მცენარეთა ქსოვილში, საიდანაც ახალი მცენარე ვითარდება, გადაეცემა მომდევნო თაობას. კარგადაა შესწავლილი ხეხილოვანი მცენარეების მუტაციები, რომლებიც ზრდის წერტილის უჯრედებში წარმოიქმნება და უწოდებენ კვირტის მუტაციას ანუ სპორტებს.

პირდაპირი და შებრუნებული მუტაციები. მუტაცია არის ახალი მემკვიდრული ცვალებადობის ერთადერთი პირველადი წყარო. მუტაცია სასარგებლოა და საზიანოც. ბევრი ორგანიზმი მავნე რეცესიული მუტაციების მატარებელია. ამიტომ ბუნებრივი გადარჩევით განუწყვეტლივ უნდა ხდებოდეს მავნე მუტაციების მოცილება. ველური ტიპის გენის მუტაციის დროს და ამის შემდგომ წარმოქმნილი ცვალებადობის თავდაპირველ მდგომარეობაში გადასვლას, შეიძლება ვუწოდოთ პირდაპირი და შებრუნებული მუტაციები. სქემატურად შეიძლება გამოვხატოთ ასე: პირდაპირი მუტაციები რეცესიულია, ხოლო შებრუნებული დომინანტური. ამიტომ გენების უმეტესობისათვის პირდაპირი მუტაციების სიხშირე უფრო მაღალია, ვიდრე შებრუნებულის.

მსხვილი და მცირე მუტაციები. მსხვილ მუტაციებს მიეკუთვნება დეფინიციის მიერ აღწერილი ენოთერას მუტაცია. მსხვილი მუტაციები დაკავშირებულია მთელი ორგანოს განვითარების სახეცვლილებასთან, სხვადასხვა სახის სიმახინჯეების წარმოშობასთან და სხვ. ისინი ადვილად შესამჩნევია ცალკეულ მუტაციურ ინდივიდებში. ხშირია ისეთი მუტაციებიც, რომელთაც შეუძლიათ უმნიშვნელოდ შეცვალონ ორგანიზმის ფიზიოლოგიური, მორფოლოგიური და ნებისმიერი რაოდენობრივი ცვლილება. ისინი ე. წ. მცირე მუტაციებია.

ხელოვნური მუტაციების დროს მსხვილ მუტაციებს გამოყოფენ მეორე მუტანტურ თაობაში (M_2), ხოლო მცირე მუტაციებს მესამე თაობაში (M_3). მცირე მუტაციები იძლევიან სამეურნეო-სასარგებლო და ბიოლოგიური ნიშნების უზარმაზარ მემკვიდრეობით ცვლილებებს, რომლებსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სელექციაში. ცნობილია, რომ მსხვილ მუტაციებს, გარდა მცირე გამონაკლისისა, არ შეუძლიათ ახალი სახეობის მოცემა.

ადამიანი უხსოვარი დროიდან გამოარჩევდა თავისი ინტერესების შესაბამისად შეცვლილ მცენარეთა პრაქტიკულად საინტერესო ფორმებს.

მემკვიდრეობით ცვალებადობას, რომელიც დაკავშირებულია ქრომოსომათა ბაზისური რიცხვის ჯერად გადიდებასთან უწოდებენ პოლიპლოიდიას. პოლიპლოიდია ნიშნავს ქრომოსომების რიცხვის ცვალებადობას. ხალხური და მეცნიერული სელექციით მრავალი კულტურის პოლიპლოიდური ფორმა შეიქმნა. პოლიპლოიდიის, როგორც მცენარეთა ქიმიური სელექციის მეთოდის შეგნებულმა გამოყენებამ და ექსპერიმენტალური პოლიპლოიდიის პრობლემამ განსაკუთრებით მას შემდეგ მიიქცია მრავალი ქვეყნის გენეტიკოსთა და სელექციონერთა ყურადღება, რაც ამერიკელი მეცნიერის ბლეფსის მიერ აღმოჩენილი იქნა პოლიპლოიდების მიღების კოლხიციანის ხსნარის გამოყენების მარტივი მეთოდი. ამჟამად პოლიპლოიდები, როგორც სასელექციო მასალა, მიღებულია თითქმის ყველა კულტურულ მცენარეში.

პოლიპლოიდიის ისტორია დაიწყო ი. გერასიმოვის მიერ წყალმცენარე სპიროგირაზე დაბალი ტემპერატურის და ზოგიერთი ნარკოტიკის ზემოქმედებით უჯრედის დაყოფის შეფერხებით. შემდეგში დადგინდა, რომ უჯრედის ასეთი ცვლილება იწვევდა ქრომოსომების რიცხვის გადიდებას. ამ მოვლენას გ. ფინკლერმა პოლიპლოიდია უწოდა. ციტოლოგიური გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ფარულტესლოვან მცენარეთა უმრავლესობას ახასიათებს პოლიპლოიდები. პოლიპლოიდური რიგის ქრომოსომების საწყის ანაწყობს წარმოადგენს მათი ჰაპლოიდური რიცხვი, მას ბაზისურ რიცხვს უწოდებენ, ხოლო მისი ჯერადი გადიდებით მიიღება პოლიპლოიდური რიგი. ქრომოსომების ჰაპლოიდური რიცხვის გენების ჯამს ეწოდება გენომი. ზოგიერთ კულტურულ მცენარეთა პოლიპლოიდური რიგი ასეთია:

- ხორბალი – 14, 28, 42
- ჭანგა – 14, 28, 42, 56, 70
- ჭარხალი – 18, 36, 54
- ქლიავი – 16, 32, 48
- მარწყვი – 14, 28, 42, 56
- კარტოფილი – 12, 24, 36, 48, 56
- ქერი – 14, 28, 42

პოლიპლოიდია შეიძლება იყოს: ბალანსირებული (2n,4n,6n) და არაბალანსირებული (3n,5n,7n).

პოლიპლოიდია დიდ როლს ასრულებს მცენარეთა ევოლუციაში. დიპლოიდური მდგომარეობა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც პოლიპლოიდიის განვითარების პირველი ნაბიჯი, ზიგოტა კი პირველი პოლიპლოიდური ფორმა. პოლიპლოიდია იწვევს მცენარის ბუნების ღრმა და მრავალმხრივ ცვლილებას, ბირთვის და უჯრედის ზომების, ბაგეების და ქლოროპლასტების რიცხვის – ფოთლის, ყვავილის ნაყოფის, თესლის, ვეგეტატიური მასის ზრდას, მცენარის საერთო სიძლიერეს, ტექნოლოგიური თვისებების გაუმჯობესებას. სწორედ ამიტომ, პ. შუკოვსკი ამბობდა: ადამიანი უმეტესწილად იკვებება პოლიპლოიდიის პროდუქტებით. უფრო ხშირად ველური ფორმები ქრომოსომების ნაკლები რიცხვით ხასიათდება, თუმცა არის ისეთი შემთხვევებიც, როცა კულტურული სახეობების ქრომოსომთა რიცხვი ნაკლებია ველური სახეობების ქრომოსომთა რიცხვზე. მაგ. კულტურული ქერის ქრომოსომთა რიცხვი 14-ია, ხოლო ველურ სახეობებს აქვთ 14, 28 და 42 ქრომოსომა. არის ისეთი გვარებიც, რომელთა ყველა სახეობას ქრომოსომების ერთნაირი რიცხვი აქვს. მაგ. ჭვავი, ბარდა, ღობიო, რომელთა ევოლუცია მიმდინარეობდა ქრომოსომების რიცხვის შეუცვლელად, ერთი და იმავე გენომის ქრომოსომის სტრუქტურული გადახალისების საფუძველზე.

ეკოლუციის პროცესში და ექსპერიმენტული ზემოქმედებისას, პოლიპლოიდური ფორმები უმეტესწილად წარმოიქმნებიან მიტოზის და მეიოზის დარღვევის შედეგად. აქედან გამომდინარე არჩევენ პოლიპლოიდის წარმოქმნის ორ ტიპს: მიტოზურს და მეიოზურს. მიტოზური დაკავშირებულია სომატურ უჯრედებში მიტოზის დარღვევასთან, ხოლო მეიოზური მიკრო და მაკროსპოროგენეზის წარმოქმნის პროცესში მეიოზის დარღვევასთან. პოლიპლოიდური ფორმები უფრო ხშირად წარმოიქმნება მიტოზური დარღვევის შედეგად, მეიოზური დარღვევები, რომელიც ეხება არარედუცირებული გამეტების წარმოქმნას და მათი შერწყმა ხშირად უშედეგოა და პოლიპლოიდია იშვიათად ხდება.

პოლიპლოიდები იყოფა სამ ძირითად ჯგუფად: ავტოპოლიპლოიდები, ალოპოლიპლოიდები და ანეუპლოიდები. ქრომოსომული ცვლილებების განსაკუთრებულ ჯგუფს შეადგენს ის ორგანიზმები, რომელთა სომატურ უჯრედებში ქრომოსომების რიცხვი დიპლოიდურთან შედარებით ორჯერ შემცირებულია და მათ ჰაპლოიდები ეწოდება.

ავტოპოლიპლოიდები ისეთი პოლიპლოიდებია, რომლებიც მიიღება ერთსა და იმავე სახეობაში ქრომოსომების ჰაპლოიდური რიცხვის ჯერადი გადიდებით. ჰაპლოიდური ანაწყობის ოთხჯერადი გადიდებით მიიღება ტეტრაპლოიდები, ექვსჯერადით—ჰექსაპლოიდები, რვაჯერადით—ოქტაპლოიდები. თუ ჰაპლოიდური ანაწყობი იზრდება სამჯერ მიიღება ტრიპლოიდი, თუ ხუთჯერ—პენტაპლოიდი. ავტოპოლიპლოიდია კულტურულ მცენარეებში გვამდევს ვეგეტატიური ორგანოების ზრდას, ნაყოფის და თესლის ზომის გადიდებას, შაქრიანობის ზრდას, ტექნოლოგიური თვისებების გაუმჯობესებას. ბუნებრივი პოლიპლოიდები, ხელოვნურისაგან განსხვავებით, გაცილებით მაღალი ნაყოფიერებით ხასიათდებიან. ეს იმიტომ, რომ ბუნებრივი ავტოპოლიპლოიდები გადიან ხანგრძლივ ბუნებრივ გადარჩევას და ახასიათებთ ბალანსირებული მეიოზი.

ავტოპოლიპლოიდები გამოიყენება მრავალი კულტურის სელექციურ მუშაობაში. მისი დახმარებით შეიძლება მივიღოთ საწყისი მასალა, ახალი კონსტანტური ფორმების მისაღებად. მიზანშეწონილია ავტოპოლიპლოიდების მიღება უსქესო და ვეგეტატიური გამრავლების დროს.

ალოპოლიპლოიდები ისეთი ორგანიზმებია, რომლებიც წარმოიქმნება ქრომოსომების სხვადასხვა ანაწყობის ჯერადი გადიდებით. ალოპოლიპლოიდებს, რომლებიც მიღებულია ქრომოსომული ანაწყობის ჯერადი გადიდებით, ორი სახეობის ან გვარის შეჯვარებით, ამფიდიპლოიდები ეწოდება. ალოპოლიპლოიდებში მეიოზის პროცესს აქვს თავისი თავისებურებები, რომლებიც განისაზღვრება ქრომოსომების კონიუგაციით. ორი სხვადასხვა სახეობის ან გვარის შეჯვარებისას, ჩვეულებრივ, მიიღება უნაყოფო თაობა, რადგან არამონათესავე გენომებს ქრომოსომების ნორმალური კონიუგაცია არ შეუძლიათ და წარმოქმნიან არასიცოცხლისუნარიან გამეტებს. ქრომოსომების კონიუგაციის ორი სახე არსებობს: ავტოსინთეზი, როცა ხდება ერთ მშობლიურ ფორმაში ქრომოსომების ერთმანეთს შორის კონიუგაცია და ალოსინთეზი, როცა ხდება სხვადასხვა გენომის ქრომოსომებს შორის კონიუგაცია. ეს კი მიუთითებს, რომ ამფიდიპლოიდებს აქვთ შესაძლებლობა გენომების ახალი კონიუგაციის დროს მოახდინონ ლოკუსების რეკომბინაცია და წარმოქმნან ახალი ფორმები. ალოპოლიპლოიდებს ახასიათებს მკვეთრად გამოხატული ჰიბრიდული სიძლიერე, რომელიც სტაბილურად შენარჩუნდება შემდგომ თაობებში.

ამ თვალსაზრისით გასული საუკუნის 30-წლებში განხორციელდა მრავალი გვართაშორისი შეჯვარებები: ხორბალი და ჭვავი, ხორბალი და ჭანგა, ხორბალი და ქერი, ბალი და ალუბალი, ვაშლი და მსხალი, მსხალი და კომში. ალოპოლიპლოიდების ყველაზე დიდი მიღწევაა პირველი კუტურული გვარის ტრიტიკალეს შექმნა, რომელიც მიღებულია ხორბლის და ჭვავის შეჯვარებით.

ანეუპლოიდები – ისეთი ორგანიზმებია, რომელთა ქრომოსომების ძირითად ანაწილს ემატება ან აკლდება ერთი ან რამდენიმე ქრომოსომა. ანეუპლოიდებს, რომელთაც აკლიათ ერთი წყვილი ჰომოლოგიური ქრომოსომა ეწოდება მონოსომიკები ($2n-1$). თუ ქრომოსომთა ანაწილს ემატება ერთი ქრომოსომა მიიღება ტრისომიკები ($2n+1$), ხოლო თუ ქრომოსომთა ანაწილს აკლია ორი ჰომოლოგიური ქრომოსომა ეწოდება ნულისომიკები ($2n-2$). ყოველ გადახრას აღნიშნავენ პოლისომიკებით. ბუნებაში ანეუპლოიდების სისშირე მეტად დაბალია, მაგალითად: რ. რაილის მონაცემებით ხორბალში იგი 1%-ს უტოლდება. ანეუპლოიდები ხასიათდება სიცოცხლისუნარიანობისა და ნაყოფიერების დაბალი დონით. იგი გამოწვეულია მეიოზის დარღვევით, რადგან მიიღება არანორმალურად განვითარებული გამეტებით.

მონოსომიკების გამოყენებით კოლუმბიის ინივერსიტეტში ე. სირსმა პირველად ჩაატარა ჩაინიზ სპრინგის (ჩინური ხორბალი) მონოსომური გენეტიკური ანალიზი. ამ მეთოდით შესაძლებელი გახდა მოეხდინათ თითოეული ქრომოსომის გენეტიკური და ციტოლოგიური იდენტიფიცირება. ამ მეთოდით ხორბალსა და სხვა კულტურებში შესაძლებელია დადგინდეს მრავალი სხვადასხვა გენის ლოკალიზაცია. მონოსომური ანალიზის საშუალებით შესაძლებელი გახდა „გენეტიკური ინჟინერიის“ გამოყენება, ერთი ჯიშისგან მეორეში საჭირო ქრომოსომების გადატანა ან დამატება.

პოლიპლოიდის საპირისპირო პროცესია ჰაპლოიდია. ჰაპლოიდები ისეთი ორგანიზმებია, რომლებშიც საწყის ფორმასთან შედარებით განახევრებულია ქრომოსომების რიცხვი. ჰაპლოიდები ვითარდება ერთი უჯრედიდან განაყოფიერების გარეშე (კვერცხუჯრედი სინერგიდი, ანტიპოდი, მტვრის მარცვალი). ჰაპლოიდები ხასიათდება დაბალი სიცოცხლისუნარიანობით და უჯრედისა და ყველა ორგანოს შემცირებული ზომებით. მათ ფენოტიპში შეიძლება გამოვლინდეს, როგორც დომინანტური, ისე რეცესიული გენები.

უკანასკნელ ხანს გენეტიკასა და სელექციაში ჰაპლოიდების გამოყენებას ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს. მას წარმატებით იყენებენ შორეულ ჰიბრიდიზაციაში. მისი დახმარებით მაქსიმალურად იზრდება ჰომოზიგოტური ფორმების მიღება და ჩქარდება კონსტანტური ფორმების წარმოქმნა, გამორჩევისას კი მცირდება საწყისი მასალის მოცულობა.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი

1. გენეტიკის საგანი, ამოცანები და კვლევის მეთოდები.....	3
მემკვიდრეობის ციტოლოგიური საფუძვლები	6
2. უჯრედის ქიმიური ორგანიზაცია	8
3. უჯრედის ცალკეული სტრუქტურის როლი	14
4. ბირთვი და მისი აგებულება და მნიშვნელობა	26
5. ქრომოსომები, მათო მორფოლოგია და სტრუქტურა	32
უჯრედის დაყოფა	37
6. მიტოზი	37
7. მეიოზი	46
გამრავლება	
8. მიკროსპოროგენეზი და მამრობითი გამეტოფიტის განვითარება	55
9. მეგასპოროგენეზი და მდედრობითი გამეტოფიტის განვითარება	58
10. განაყოფიერების პროცესი ფარულთესლიანებში	60
მემკვიდრული კანონზომიერებანი შიდასახეობრივი შეჯვარების დროს	65
11. გენეტიკური ანალიზის მეთოდი. მონოჰიბრიდული შეჯვარება რეციპროკული, მანალიზებელი და აღმაავალი შეჯვარება	66
12. დიჰიბრიდული, ტრიჰიბრიდული და პოლიჰიბრიდული შეჯვარება	76
13. გენთა ურთიერთმოქმედება. დათიშვის სტატისტიკური ხასიათის შეფასება	86
მემკვიდრეობის მოლეკულური საფუძვლები	101
14. ნუკლეინის მჟავების აგებულება, სტრუქტურა და ფუნქციები. გენეტიკური კოდი. ცილების სინთეზირება	103
ჰეტეროზისის მოვლენა	
16. ჰეტეროზისი და ჰეტეროზისის ტიპები	117
მუტაციები და პოლიპლოიდია	
17. ძირითადი ტიპები და მათი მუტაციების კლასიფიკაციის პრინციპები	119
18. პოლიპლოიდის ტიპები და პოლილოიდების კლასიფიკაცია	122

დედანი მომზადდა გამოსაცემად საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო უნივერ-
სიტეტის სარედაქციო-საგამომცემლო განყოფილების მიერ

რედაქტორი: ნ.კერესელიძე
შ. კეკელია

საადრიცხვო საგამომცემლო თაბახი 15,0

ტირაჟი 300

გამომცემლობა “საზოგადოება ცოდნა”
თბილისი მ. კოსტავას გამზ. №47