ცოტნე სამადაშვილი
პეტრე ნასყიდაშვილი
მაკა ნასყიდაშვილი
რუსუდან ძიძიშვილი

მცენარეთა
გენეტიკის საფუძვლები

საქართველოს განათლების სამინისტრომ დაამტკიცა სახელმძღვანელოდ მცენარეთა
გენეტიკის, სელექციისა და აგრომომიული სპეციალობის სტუდენტებისათვის

თბილისი 2003

განხილული, მოწონებული და რეკომენდირებულია დასაბეჭდად
საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის
მეთოდსაბჭოს მიერ, ოქმი №

რეცენზენტები: ს/მ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ივ. ზედგინიძე

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის
ინსტიტუტის გენეტიკის განყოფილების გამგე, ბიოლოგიის
მეცნიერებათა დოქტორი, ჯ. რატიანი

შესავალი

გენეტიკა თანამედროვე ბიოლოგიის ერთ-ერთი წამყვანი დარგია, რომელსაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში მომუშავე სპეციალისტებისათვის. თანამედროვე გენეტიკის განვითარებამ უაღრესად დიდი ზეგავლენა მოახდინა სელექციის მეთოდებზე. პრაქტიკაში გენეტიკის მიღწევების დანერგვამ განაპირობა სასოფლო-სამეურნეო ცხოველთა და მცენარეთა სელექციის მეთოდების ინტენსიფიცირება. გენეტიკა აგრონომიულ მეცნიერებასთან ერთად ქმნის ახალ-ახალ გზებს მემკვიდრეობითი მოვლენების მიზნმიმართულად წარმართვისათვის და ამით უზრუნველყოფს იმ სამუშაოებს, რაც მიმართულია მცენარეთა პროდუქტიულობის მკვეთრი ამაღლებისა და ხარისხობრივი გაუმჯობესებისაკენ. ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილობის, მუტაციური ცვალებადობის თეორიის, პოლიპლოიდიის მოვლენის, ჰეტეროზისის თეორიის დამუშავების შემდეგ გენეტიკა სელექცია-მეთესლეობის თეორიული საფუძველი გახდა.

დადგა გენეტიკისა და სელექციის მჭიდრო შემოქმედებითი ურთიერთკავშირის დრო. მეცნიერებამ პირველხარისხოვანი გახადა ისეთი პრობლემები, როგორიცაა: გენეტიკური ინჟინერია, მემკვიდრეობის მოლეკულური პრობლემა, გენების სტრუქტურა, ხელოვნურ პირობებში გენეტიკური მასალის ავტორეპროდუქცია, ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილობა და სხვ. გენეტიკა არა მარტო მნიშვნელოვანი თეორიული დისციპლინა გახდა, არამედ პრაქტიკულად, იგი სერიოზულ ზეგავლენას ახდენს მემცენარეობის განვითარების თანამედროვე დონეზე.

თავი I
I გენეტიკის საგანი, ამოცანები და კვლევის მეთოდები

გენეტიკა არის ბიოლოგიური ციკლის მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის მემკვიდრეობის და ცვალებადობის, როგორც ორი 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 ინარჩუნებს მისთვის დამახასიათებელ ნიშნებს, თვისებებს და განვითარების სპეციფიკურ თავისებურებებს თაობათა მანძილზე. 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 ნიშნები და თვისებები წარმოიქმნება მეტად მსგავსი: 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, მას ყოველთვის თან სდევს ცვალებადობა. ორგანიზმების გამრავლებისას ამა თუ იმ ნიშნის შენარჩუნების პარალელურად იცვლება მეორე, წარმოიქმნება არა მარტო მსგავსი, აგრეთვე ახალიც.

სქესობრივი გამრავლების დროს მემკვიდრული გადაცემა ხორციელდება სასქესო უჯრედების მეშვეობით. ვეგეტატიური გამრავლების დროს მემკვიდრეობა უზრუნველყოფილია სომატური უჯრედის 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 განაწილების 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 ДНМ როლი მემკვიდრეობაში და დღეისათვის ცნობილია, რომ მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებელია არა ქრომოსომები, არამედ დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა.

ბიოლოგიური მეცნიერების, კერძოდ გენეტიკის განვითარების საქმეში უდიდეს მიღწევას წარმოადგენდა მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორიის შექმნა. ამ თეორიის თანახმად სამემკვიდრეო ერთეულები-გენები იმყოფება ქრომოსომებში და განაწილდება თაობებში უჯრედის გაყოფის დროს ქრომოსომების განაწილების შესატყვისად. შემდგომში დადგენილი იქნა, უჯრედის ციტოპლაზმური კომპონენტების როლი სხვადასხვა ნიშნის და თვისებების მემკვიდრეობით გადაცემის საქმეში.

მაშასადამე, მემკვიდრეობა უზრუნველყოფს მატერიალურ და ფუნქციონალურ მემკვიდრეობას თაობათა შორის. ცვალებადობა მდგომარეობს სამემკვიდრეო ჩანასახების გენების შეცვლაში და მათ გამოვლინებაში 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 მოკლეღეროიანით შეცვლა 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, აგრეთვე მათ შორის განსხვავებასაც, რომელიც მემკვიდრეობითია.

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

გენეტიკას, როგორც ყველა მეცნიერებას, აქვს თავისი კვლევის მეთოდები. გენეტიკაში გამოყენებულ ძირითად მეთოდებს წარმოადგენს:

1. ჰიბრიდოლოგიური მეთოდი შეჯვარების სისტემების გამოყენებით-თაობათა აღზრდის მანძილზე, რომლებიც ცალკეული ნიშნებისა და თვისებების მემკვიდრეობის შესწავლისა და აგრეთვე მემკვიდრული ცვლილებების აღმოჩენის საშუალებას იძლევა. ჰიბრიდოლოგიური ანალიზი, შევსებული მენდელის შემდეგ რიგი სპეციფიკური მეთოდითა და ხერხებით გაერთიანდა გენეტიკური ანალიზის მეთოდში და ეს უკანასკნელი წარმოადგენს გენეტიკის ძირითად და სპეციფიკურ მეთოდს.

2. ციტოლოგიური მეთოდი. შეისწავლის ორგანიზმების გამრავლების და მემკვიდრეობის ინფორმაციის გადაცემასთან დაკავშირებულ განსაკუთრებით ქრომოსომების და სხვა სუბმიკროსკოპული უჯრედის სტრუქტურას. თანამედროვე ციტოლოგიაში ფართედ გამოიყენება ციტოლოგიური და ბიოქმიური, ბიოფიზიკური და ფიზიოლოგიური მეთოდები უჯრედის დისკრეტული ელემენტების შესწავლის საქმეში. ამ მთოდების საფუძველზე ჩამოყალიბდა ახალი მეცნიერება-ციტოგენეტიკა.

3. ონტოგენეტიკური მეთოდი. ამ მეთოდით შეისწავლება გენის მოქმედება და მისი გამოვლინება ორგანიზმის ინდივიდუალური განვითარების დროს, ე.ი. ონტოგენეზში. აქ ფართოდ გამოიყენება ტრანსპლანტაცია-გადანერგვა, ბირთვის გადატანა ერთი უჯრედიდან მეორეში და სხვ.

გენეტიკის განვითარების ძირითადი ეტაპები

გენეტიკის, როგორც მეცნიერების, საწყისები დაკავშირებულია სოფლის მეურნეობის პრაქტიკასთან, რომელიც წარმოიშვა მოშინაურებული ცხოველებისა და კულტურული მცენარეების მოშენებასთან დაკავშირებით. სოფლის მეურნეობის წარმოების მოთხოვნილებები, კულტურულ მცენარეთა და მოშინაურებულ ცხოველთა გაუმჯობესების ამოცანები, სელექციური მუშაობის პარქტიკა დღის წესრიგში აყენებდა და ნათელს ხდიდა, რომ აუცელიებელი იყო მემკვიდრეობის და ცვალებადობის მოვლენის შესწავლა. ამ ამოცანის შესრულება კი შესაძლებელი იყო მხოლოდ და მხოლოდ ექსპერიმენტების ჩატარებით და ამ გზით მიღებული შედეგების განზოგადებით. XVIII საუკუნის მეორე ნახევარში და XIX საუკუნის პირველ ნახევარში ი. კელრეიტერმა, კ. გერტნერმა, ო. საჟრემ, შ. ნოდენმა, ტ. ნაიტმა განახორციელეს მთელი რიგი ცდები მცენარეთა ჰიბრიდიზაციის დარგში. ამ ცდებმა და მიღებულმა შედეგებმა გარკვეულად ხელი შეუწყვეს ორგანიზმების მემკვიდრეობის შესწავლის საქმეს. მაგრამ მემკვიდრეობის შესწავლის საქმეში გადამწყვეტი როლი შეასრულა ჩეხმა მეცნიერმა გრეგორ მენდელმა.

გენეტიკის, როგორც მეცნიერების განვითარებას მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის შესახებ ხელი შეუწყო ჩ. დარვინის მოძღვრებამ სახეობათა წარმოშობაზე. ჩ. დარვინმა ბევრი რამ გააკეთა მემკვიდრეობის და ცვალებადობის

შესწავლის საქმეში. მან შეკრიბა მრავალი ფაქტი და მის საფუძველზე გააკეთა მთელი რიგი სწორი დასკვნები, მაგრამ ვერ დაადგინა მემკვიდრეობის კანონზომიერებანი.

1865 წელს ჩეხოსლოვაკიის ქ. ბრნოში გამოქვეყნდა გ.მენდელის შრომა „ცდები მცენარეთა ჰიბრიდებზე." ამ შრომას ჰქონდა უდიდესი მნიშვნელობა. როგორც ცნობილია, მენდელამდე ბიოლოგიაში გამეფებული იყო შერწყმული მემკვიდრეობის თეორია. ამ თეორიის თანახმად ჰიბრიდიზაციას ადარებენ კოლბაში ორი განსხვავებულფერიან ხსნარს, რომელიც იძლევა შუალედურ შეფერვას. ამის მსგავსად სთვლიდნენ, რომ ჰიბრიდები მშობლიურ ფორმებთან შედარებით ყოველთვის ხასიათდებიან შუალედური ნიშნებით. გ. მენდელმა მის მიერვე ჩატარებული ცდებით დაასაბუთა, რომ მემკვიდრეობა დიკრეტულია, ორგანიზმის ცალკეული ნიშანი ან თვისება ვითარდება მემკვიდრეობის მატერიალური ფაქტორების საფუძველზე, რომელიც გამეტების შერწყმისას არ იხსნება, არ ქრება და შეუძლია იმემკვიდრეოს ერთიმეორისაგან დამოუკიდებლად. მან საკუთარი ცდების საფუძველზე დაამუშავა ორგანიზმების მემკვიდრეობის გენეტიკური ანალიზის პრინციპი. მან ამ საქმეში პირველმა გამოიყენა მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდი და დაადგინა შეჯვარებისას მიღებული ჰიბრიდების დათიშვის რიცხობრივი შეფარდების ძირითადი კანონზომირებანი.

ოფიციალურად გენეტიკა წარმოიშვა 1900 წელს, როდესაც სამმა ბოტანიკოსმა სამ სხვადასხვა ქვეყანაში ერთიმეორისაგან დამოუკიდებლად: დე ფრიზმა (ჰოლანდიაში), კორენსმა (გერმანიაში) და ჩერმაკამა (ავსტრიაში) აღმოაჩინეს ზოგიერთი უმნიშვნელოვანესი კანონზომიერება ნიშან-თვისებათა მემკვიდრეობით გადაცემაში ჰიბრიდების შთამომავლობაში. მაგრამ აღნიშნულმა სამმა ბოტანიკოსმა, რომლებმაც აღმოაჩინეს დათიშვის კანონი შიდასხეობრივი ჰიბრიდების შთამომავლობაში, სინამდვილეში მხოლოდ გაიმეორეს მემკვიდრეობის კანონზომიერებანი, რომელიც ჩამოყალიბებული იყო ჯერ კიდევ მენდელის მიერ 1865 წელს გამოქვეყნებულ შრომაში „ცდები მცენარეთა ჰიბრიდებზე." მეცნიერებას მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის შესახებ გენეტიკა უწოდა ინგლისელმა გენეტიკოსმა ვ. ბეტსონმა 1906 წელს.

გენეტიკის განვითარების ისტორია შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად ეტაპად.

გენეტიკის განვიტარების პ ი რ ვ ე ლ ი ე ტ ა პ ი (1900-1910) დაკავშირებულია გ. მენდელის მიერ აღმოჩენილი მემკვიდრული მასალის გადაცემის დისკრეტულობის პრინციპისა და ჰიბრიდოლოგიური ანალიზის მეთოდის დასაბუთებასთან. ამ პერიოდში ჩატარებულმა მცენარეთა და ცხოველთა ჰიბრიდიზაციის მრავალმა ცდებმა დაასაბუთეს ნიშან-თვისებათა მემკვიდრეობის მენდელის მიერ დადგენილი წესი, რომ ეს ატარებს უნივერსალურ ხასიათს, რომ მისაღებია თესლით მამრავლ ყველა მცენარისათვის. მაშასადამე, მემკვიდრეობის კანონები საყოველთაოა მთელი ორგანული სამყაროსათვის.

გენეტიკის განვითარების პირველ ეტაპზე ორგანიზმების ნიშნების მემკვიდრეობა ისწავლება ორგანიზმის დონეზე და ამა მოვლენის შესწავლა არ ყოფილა დაკავშირებული უჯრედის ამა თუ იმ მატერიალურ სტრუქტურასთან. თაობებში მემკვიდრული ფაქტორების გადაცემას და განაწილებას ანგარიშობდენენ ასოების სქემით და ფორმულით. შემდგომში გენეტიკის განვითარების საქმეში მეტად

მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა ჰოლანდიელი მეცნიერის ჰუგო-დე-ფრიზის მუტაციურმა თეორიამ; დანიელი გენეტიკოსის იოჰანესის შრომამ „მემკვიდრეობის შესახებ წმინდა ხაზებშიდა პოპულაციებში", რომელმაც დაამუშავა და გენეტიკაში შემოიღო მნიშვნელოვანი ცნებები-გენი, გენოტიპი, ფენოტიპი (1909).

მ ე ო რ ე ე ტ ა პ ი (1911-1953) დაკავშირებულია მემკვიდრეობის მატერიალური საფუძვლის დადგენასთან. ჯერ კიდევ გენეტიკის განვითარების პირველ ათწლედში (1902-1907) ტ. ბოვერმა, შ. სეტონმა და ე. ვილსონმა დაასაბუთეს მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორია. გარკვეული იქნა, რომ უჯრედული დაყოფის პროცესში მემკვიდრეობის ფაქტორებისა და ქრომოსომების ქცევაში არის არსებითი განსაზღვრული კავშირი. ამ პერიოდში მემკვიდრეობის მოვლენის შესწავლა იწყება ციტოლოგიური მეთოდების გამოყენებით. განხორციელდა გენეტიკური ანალიზის მეთოდისა და ციტოლოგიური მეთოდის გაერთიანება. გენეტიკაში წარმოიქმნა ციტოგენეტიკური მიმართულება. დადგენილი იქნა, რომ მემკვიდრული ფაქტორები იმყოფება უჯრედში. მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორიის დასაბუთებასა და განმტკიცებაში უდიდესი და გადამწყვეტი მნიშვნელობა ჰქონდა ამერიკელი გენეტიკოსის თ. მორგანის გამოკვლევას დროზოფილაზე (1910). კოლუმბიის უნივერსიტეტში თ. მორგანის და მისი თანამშრომლების მიერ შესრულებული გამოკლვლევებით მემკვიდრეობის ფაქტორის (გენის) გაგებამ ჰპოვა მატერიალური დასაბუთება.

მემკვიდრეობის ქრომოსომულმა თეორიამ დაასაბუთა, რომ გენები იმყოფებიან ქრომოსომებში და მათში განლაგებულია სწორხაზობრივად: ისინი წარმოქმნიან შეჭიდულობის იმდენ ჯგუფს, რამდენი წყვილი ჰომოლოგიური ქრომოსომაც აქვს მოცემულ სახეობას. გენებმა, რომლებიც იმყოფებიან შეჭიდულობის ერთჯგუფში, გადაჯვარედინების მეოხებით შეიძლება განიცადონ რეკომბინაცია; რეკომბინაციის სიდიდეს წარმოადგენს გენთა შორის მანძილის ფუნქცია. მე-20 საუკუნის დასაწყისში დროზოფილაში აღმოჩენილ იქნა შეჭიდულობის ოთხივე ჯგუფში რამოდენიმე ასეული გენი. დროზოფილაზე დადგენილი იქნა ქრომოსომებში გენების მდებარეობა. შემდგომში დასაბუთებული იქნა გარემო ფაქტორების მდგომარეობის ზემოქმედებით გენების ცვალებადობა.

მ ე ს ა მ ე ე ტ ა პ ი გენეტიკის განვითარებაში დაწყებული იქნა 1953 წლის შემდეგ, მაშინ როდესაც კვლევაში გამოყენეული იქნა ზუსტი მეცნიერებების: ქიმიის, ფიზიკის, მათემატიკის, კიბერნეტიკისა და სხვათა მეთოდები და პრინციპები. ფართედ იქნა გამოყენებული ელექტრონული მიკროსკოპი, რეტგენოსტრუქტურული ანალიზი, ცენტრიფუგირება, რადიაქტიური იზოტოპების მეთოდი, ვიტამინების წმინდა პრეპარატები, ფერმენტები და ამინომჟავები და სხვ. მემკვიდრეობის მატერიალური საფუძვლის ანალიზი ტარდება მოლეკულის დონეზე. კვლევის ობიექტებად გამოყენებულია მიკროორგანიზმები (სოკოები, ბაქტერიები და აგრეთვე ვირუსები).

1940 წლიდან დღემდე ადგილი აქვს სრულიად ახალი გენეტიკური მოვლენების რიგ აღმოჩენებს, რომლებიც გენის სტრუქტურის ანალიზის შესაძლებლობას იძლევიან მოლეკულურ დონეზე. ორმოციან წლებში ამერიკელი ბიოქიმიკოსების გ. ბიდლას და ე. ტატუმას შრომებში გარკვეული იქნა ქიმიური პროცესები, სადაც გენები გავლენას ახდენენ ნივთიერებათა ცვლაზე და საბოლოო ჯამში ცოცხალი ორგანიზმების ყველა

მორფოლოგიური ნიშნების და ფიზიოლოგიური თვისებების ფორმირებაზე. წარ,ოყენებული იქნა ჰიპოთეზა „ერთი გენი-ერთი ფერმენტი", რომელიც მოლეკულარული გენეტიკის ცენტრალურ თეორიად იქცა. 1944 წელს ამერიკელმა მიკრობიოლოგ-გენეტიკოსმა ო. ევერმა და მისმა თანამშრომლებმა დაასაბუთეს, რომ მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებელია ქრომოსომის არა ცილოვანი კომპონენტი, არამედ მისი Дნმ.

დადგენილად ითვლება, რომ ქრომოსომები შედგებიან Дნმ გრძელი მოლეკულების კონებისაგან. ამერიკელმა მეცნიერმა უოტსონმა და ინგლისელმა კრიკმა დაადგინეს, რომ Дნმ თითოეული მოლეკულა შედგება ორი პოლიდეზოქსირიბონუკლეოტიდური ჯაჭვისაგან, რომელიც სპირალურად დახვეულია საერთო ღერძის გარშემო. ისინი დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან წყალბადური კავშირების სისტემებით ნუკლეოტიდების შემადგენლობაში შემავალ აზოტოვან ფუძეთა შორის. ეს ფუძეები (ადენინი, გუანინი, ციტოზინი, თიმინი) ქმნიან წყვილებს, შეერთდებიან რა სპეციფიკურად: ადენინი-თიმინთან, ციტოზინი-გუანინთან. ფუძეთა გადაადგილების თანმიმდევრობა, გარკვეული მათი მონაცვლეობით, წარმოადგენს თითოეული სახეობის ორგანიზმთა მემკვიდრეობის „ჩანაწერს", რომელსაც უწოდებენ მემკვიდრეობითობის კოდს.

Дნმ-ს თითოეული მოლეკულა დახასიათებულია გაორკეცების თვისებებით ნუკლეოტიდური წყვილების საწყისი თანმიმდევრობის შენარჩუნებით და თავისი ინფორმაციის გადაცემით ციტოპლაზმაში.

გენების ბუნებისათვის დამახასიათებელია:1. ავტორეპროდუქციის უნარი; 2. მუტაციური შეცვლის უნარი; 3. დეზოქსირიბონუკლეინმჟავას გარკვეულ ქიმიურ სტრუქტურასთან დაკავშირება; 4. ცილოვან მოლეკულაში ამინომჟავათა სინთეზისა და თანმიმდევრობის კონტროლი.

1961-62 წლებში მ. ნირენბერგმა, გ. მატეიმ, ს. ოჩოამ და ფ. კრიკმა გაშიფრეს მემკვიდრეობის კოდი და ყველა ოცივე ამინომჟავისათვის ნუკლეოტიდური ტრიპლეტების შედგენილობა. ამავე წლებში მიკრობიოლოგ-გენეტიკოსებმა ფ. ჟაკობამ და ჟ. მონომ მოგვცეს ფერმენტის სინთეზის გენეტიკური კონტროლის მექანიზმის სქემა.

მოლეკულური გენეტიკის დიდმა წარმატებებმა ხელი შეუწყო გენეტიკის განვითარების მეოთხე პერიოდის ჩამოყალიბებას.მისი საფუძველი გახდა 1969 წელს აშშ-ში ჰოვარდის სამედიცინო სკოლაში დ. ბეკვისტის ხელმძღვანელობით განხორციელებული გენის გამოყოფის ექსპერიმენტი, ხოლო 1970 წელს პ. ხორანას მიერ განხორციელდა საფუარა სოკოს უჯრედში გენის სინთეზირება. შემდგომში უცხო წარმოშობის Дნმ-ს უნარის აღმოჩენამ შეაღწიოს სხვადასხვა უჯრედში და შეუერთდეს მის გენომს წარმოშვა ახალი მიმართულება გენური (გენეტიკური) ინჟინერიის სახელწოდებით. იგი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ მცენარეთა და ცხოველთა მემკვიდრეობითი თვისებების მიზანმიმართული შეცვლა სინთეზის გზით. ე.ი. მოქმედი გენების ხელოვნური გზით შექმნა, ანუ ერთი ორგანიზმიდან გენების გამოყოფა და სხვა ორგანიზმის უჯრედში მისი შეტანა. ხელოვნურად შექმნილი გენეტიკური ელემენტებით-ვექტორებით, რომლებიც სპეციალურად კონსტრუირებული პლაზმიდი ან ვირუსია, შეიძლება ჩაინერგოს უცხო გენეტიკური ინფორმაცია. გენურმა ინჟინერიამ

შემდგომში შეიძლება უსაზღვროდ შეცვალოს მცენარეთა შორეული ჰიბრიდიზაციის შესაძლებლობები.

გენეტიკა, როგორც სელექცია-მეთესლეობის თეორიული საფუძველი

გენეტიკა წარმოადგენს სელექციის თეორიულ საფუძველს. თანამედროვე სელექციის ყველა მეთოდი დაფუძნებულია გენეტიკური პრინციპების გამოყენებაზე. გენეტიკის დებულება მემკვიდრეობის დისკრეტულ ბუნებაზე, მოძღვრება მუტაციურ და მოდიფიკაციურ ცვალებადობაზე, ნიშნების დათიშვის კანონზომიერებების დადგენა, ცნება დომინანტობაზე და რეცესიულობაზე, ჰომო და ჰეტეროძიგოტულობაზე და სხვა წარმოადგენენ თანამედროვე სელექციური მუშაობის საფუძველს. გენეტიკამ ჯერ კიდევ განვითარების პირველსავე წლებში დიდი წვლილი შეიტანა სელექციის თეორიაში. მცენარეთა სელექციაში გენეტიკური მეთოდების დამუშავებაში უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა ნ. ი. ვავილოვის და ი. ვ. მიჩურინის შრომებს.

ნ. ი. ვავილოვმა აღმოაჩინა მემკვიდრული ცვალებადობის ჰომოლოგიური მწკრივების კანონი, შექმნა კულტურულ მცენარეთა წარმოშობის ცენტრების შესახებ მოძღვრება და საფუძველი ჩაუყარა დაავადებებისადმი და მავნებლებისადმი მცენარეთა იმუნიტეტის გენეტიკურ-სელექციურ მოძღვრებას.

ი. ვ. მიჩურინმა პირველმა წამოაყენა დებულება ადამიანისათვის საჭირო ნიშნებისა და თვისებების მქონე ფორმების და ჯიშების შექმნისას პროცესების მართვის შესაძლებლობაზე. მან ეს დებულება თეორიულად დაასაბუთა და ამის საფუძველზე შექმნა ხეხილკენკროვან მცენარეთა მრავალი ჯიში. ი. ვ. მიჩურინმა დაამუშავა შორეული ჰიბრდიზაციის თეორია და მრავალწლიან მცენარეთა ნიშნებისა და თვისებების დომინირების მართვა ონტოგენეზის პროცესში.

სელექციის ყველა მიღწევა დაკავშირებულია გენეტიკის კლასიკური მეთოდების გამოყენებასთან და დარვინის ევოლუციური მოძღვრების დებულებასთან. გენეტიკამ დაასაბუთა ინდივიდუალური გამორჩევის მეთოდის გამოყენება და დაამუშავა შეჯვარების თეორია. სელექციაში სულ უფრო მეტ მნიშვნელობას პოულობს ციტოგენეტიკური მეთოდები, რომელიც ახალ შესაძლებლობას იძლევა ბუნებრივი პოლიპლოიდების გენეტიკური ანალიზისათვის. მონოსომური, ტრისომური ანალიზის მეთოდების გამოყენება და ქრომოსომების ჩართვა შესაძლებლობას გვაძლევს ავხსნათ ცალკეული ქრომოსომის გენეტიკური ეფექტი, გენების ზემოქმედება და მათი დოზების ეფექტი.

გენეტიკის მნიშვნელობა პრაქტიკისათვის

გენეტიკის შემდგომმა განვითარებამ გადაწყიტა პრაქტიკისათვის მეტად მნიშვნელოვანი საკითხები, მათ შორის მრავალი წარმატებით არის გამოყენებული სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობის ამაღლების საქმეში. დამუშავებული იქნა საწყისი მასალის შექმნის და მემკვიდრეობის მართვის პრინციპულად ახალი მეთოდების და ხერხები. მათ შორის მეტად მნიშვნელოვანია: ჰეტეროზისის გენეტიკურად მართვა,

ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილობის (ცსმ) მოვლენის გამოვლენა და მისი გამოყენება, ექსპერიმენტული პოლიპლოიდია, რადიაციისა და ქიმიური ნივთიერებების ზემოქმედებით ხელოვნური მუტაციების მიღება და სხვა.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში, ამერიკის შეერთებულ შტატებსა და სხვა ქვეყნებში ფართოდაა გამოყენებული ჰეტეროზისის მოვლენა. ეს მოვლენა სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაშიც ფართოდ არის გამოყენებული სიმინდის კულტურაზე. სიმინდის ჰიბრიდული თესლით თესვა იქცა ერთ-ერთ აგროტექნიკურ ღონისძიებად ამ კულტურის მაღალი მოსავლის მიღების საქმეში. ძირფესვიანად შეიცვალასიმინდის კულტურის სელექცია-მეთესლეობა. ფართოდ არის წარმოებაში დანერგილი სიმინდის ხაზთაშორისი ჰიბრიდები, რომლებიც მოსავლიანობით აჭარბებენ საუკეთესო ჯიშებს 30-40%-ით. ჰეტეროზისი ძალიან მაღალ ეფექტს იძლევა სორგოს,მზესუმზირას და სხვა კულტურათა ჰიბრიდებში. ამჟამად მრავალ ბოსტნეულ კულტურაში (ხახვი, პამიდორი, კომბოსტო და სხვა) ჰეტეროზისული ჰიბრიდებით იცვლება ჯიშები.

ჰეტეროზისის მოვლენის ფართე მასშტაბით წარმოებაში დანერგვის საქმეში უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა ცსმ და ფერტილობის აღმდგენელი გენების აღმოჩენას. ამ გენების აღმოჩენით ჰიბრიდული თესლის მიღება შესაძლებელი გახდა ისეთ კულტურებშიც, სადაც მანამდე პრაქტიკული თვალსაზრისით შეუძლებელი იყო ჰიბრიდული თესლის წარმოება. ამ გენების აღმოჩენის შედგეგ დაისახა ჰიბრიდული ხორბლის პრობლემა. ჰეტეროზისის ეფექტის გამოყენება შესაძლებელი გახდა ტყის კულტურებშიც. ამჟამად გენეტიკის წინაშე დგას ამოცანა, რომელიც დაკავშირებულია ჰეტეროზისთან (ჰიბრიდული ძალა), სახელდობრ ისეთი ჰიბრიდების მიღება, რომლებიც არ განიცდიან დათიშვას; ჰეტეროზისის მოვლენის დამაგრების პრობლემის გადაწყვეტამ ძირფესვიანად შეცვალა მემცენარეობაში ჰეტეროზისის გამოყენება და ამის შედეგად მივიღეთ უდიდესი ეკონომიკური ეფექტი.

მრავალ ქვეყანაში წარმატებით არის გამოყენებული პოლიპლოიდების ექსპერიმენტული მიღება ისეთ კულტურებში როგორიცაა: შაქრის ჭარხალი, ჭვავი, ხორბალი, იონჯა, სამყურა, საზამთრო, ტურნეპსი, ვაშლი, მსხალი, თუთა და სხვ. მათ შორის უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა მოიპოვეს შაქრის ჭარხლის ტრიპლიდურმა ჰიბრიდებმა, რომლებიც ჩვეულებრივ ამ კულტურის დიპლოიდურ ჯიშებს შაქრის მოსავლიანობით აჭარბებენ 10-20%-ით. მთელ რიგ ევროპის ქვეყნებში შაქრის ჭარხალი ითესება ასეთი ჰიბრიდების თესლით.

სოფლის მეურნეობის წარმოებაში ზოგიერთი კულტურის ფართოდ გავრცელება ისეთ რაიონებში, სადაც არაა ამ კულტურის დამტვერიანებისათვის საჭირო შესაბამისი მწერები, შეზღუდულია ამ კულტურის გავრცელება ამ მხრივ ყურადღებას იპყრობს უძვირფასესი საკვები კულტურა იონჯა. იონჯა მწერებით მტვერიანდება ამიტომ ამ კულტურის თესლის მიღება შეუძლებელი ხდება იქ, სადაც ასეთი მწერები არაა. ასეთ პირობებში თესლის მიღებისათვის ამრავლებენ შესაბამის მწერებს, რაც ხშირად შეუძლებელი ხდება, რის გამოც ასეთ პირობებში იონჯის თესლი შემოაქვთ შორეული რაიონებიდან, რაც გარკვეულ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ამიტომ დღის წესრიგში დადგა იონჯის მემკვიდრული ბუნების გარდაქმნა. ე.ი. დაისახა ამოცანა იონჯის მცენარე გარდაიქმნას თვითდამამტვერიანებლად. ამ მიზნით იონჯის მცენარეში აღმოჩენილი იქნა გენი, რომელიც აკოდირებს თვითდამტვერიანებას. ეს პრობლემა

გადაწყვეტილი იქნა ნოვოსიბირსკის ციტოლოგიისა და გენეტიკის ინსტიტუტში ვ. კ. შუმნისა და მისი თანამშრომლების მიერ 1976 წ. ასეთი მცენარიდან შექმნილი ჯიშის წარმოებაში დანერგვა იქნება გენეტიკის უდიდესი მიღწევა იონჯის წარმოების გადიდების საქმეში. ამავე ინსტიტუტში მეტად საინტერესო შედეგებია მიღებული წიწიბურაზე. იაპონიაში დიპოლიდური და ტეტრაპლოიდური საზამთროს შეჯვარებით მიღებული იქნა ტრიპლოიდური უთესლო საზამთრო. ტრიპლოიდური საზამთრო, ჩვეულებრივ საზამთროს აჭარბებს მოსავლიანობით, 50—90%-ით და ამავე დროს ახასიათებს მაღალი გემური თვისებები. იაპონელი გენეტიკოსების მიერ მიღებულია ტოკიოს მეფრინველეობის ინსტიტუტში ქათმის ხაზები და ჯიშური ჯგუფები, რომელნიც 300-მდე კვერცხს დებენ წელიწადში, ზოგიერთი ქათამი ამ ჯგუფებიდან თვეში დებს 47 კვერცხს.

პოლიპლოიდიისა და შორეული ჰიბრიდიზაცის ერთდროული გამოყენებით შექმნილი იქნა ახალი კულტურა, ახალი გვარი ტრიტიკალე. მისი 56 და 42 ქრომოსომიანი ფორმა გამოირჩევა ზამთარგამძლეობის მაღალი უნარით, მარცვალში ცილის მაღალი შემცველობით, სოკოვანი დაავადებების მიმართ კომპლექსური გამძლეობით და წარმოადგენს შემდეგი სელექციისათვის საუკეთესო მასალას.

პოლიპლოიდიისა და შორეული ჰიბრიდიზაცის ერთდროული გამოყენებით ახსნილი იქნა ექსპრიმენტულად მთელი რიგი კულტურული სახეობების წარმოქმნის პროცესი. ამ მხრივ მეტად დიდ ყურადღებას იმსახურებს რბილი ხორბლის წარმოქმნის ახსნა, რაც საშუალებას იძლევა შეიქმნეს სინთეზის გზით უკეთესი ახალი რბილი ხორბლის სახეობა, ვიდრე ბუნებრივია.

საწყისი მასალის შექმნის ახალ მეთოდს წარმოადგენს ხელოვნური მუტაგენეზის გამოყენება. ეს მეთოდი სელექციაში უკანასკნელ პერიოდში ფართოდაა გამოყენებული რის შედეგადაც შექმნილი იქნა მრავალი ფორმა და საწარმოო მნიშვნელობის ჯიშები. ექსპერიმენტული მუტაგენეზის გამოყენებით ამჟამად მიღებულია და დანერგილია 200 მეტი ჯიში. ჩვენს ქვეყანაში დანერგილია ხორბლის, ქერის, ბამბის, ლობიოს, სოიისა და სხვათა მუტანტური ჯიშები. უდიდესი შედეგებია მიღებული მიკროორგანიზმების მუტანტური შტამების მიღების საქმეში.

გენეტიკური კანონზომიერებების და მისი მეთოდების გამოყენებით სელექციონე-რებმა შექმნეს ინტენსიური მიწათმოქმედებისათვის ვარგისი ჯიშები.

თავი II
მემკვიდრეობის ციტოლოგიური საფუძვლები და განვითარება
გამრავლების ტიპები

ორგანიზმის უჯრედული აგებულება

ყოველი ცოცხალი ორგანიზმი შედგება უჯრედებისაგან. ერთუჯრედიანი ორგანიზმები, როგორც თვით სახელწოდება გვიჩვენებს, შედგება ერთი უჯრედისაგან, ხოლო მრავალუჯრედიანი-მრავალი უჯრედისაგან, რომელთა რიცხვი შეიძლება იყოს რამოდენიმე მილიონი და აგრეთვე მილიარდიც. უჯრედებთანაა დაკავშირებული ორგანიზმების ცხოველქმედების მეტად მნიშვნელოვანი გამოვლინება, როგორიცაა: ზრდა და გამრავლება, სხვადასხვა ნივთიერებათა შთანთქმა და გამოყოფა, სუნთქვა და

გაღიზიანებადობა. მწვანე ფოთლის მცენარეული უჯრედები ფოტოსინთეზის პროცესში ჰაერიდან შთანთქავენ ნახშირორჟანგს და მზის სხივურ ენერგიას გარდაქმნიან სინთეზირებულ ორგანულ ნივთიერებაში ქიმიური ბმების ენერგიად.

უჯრედისათვის დამახასიათებელია ცოცხალი მატერიის თვისებები. ამიტომ მას შეიძლება ვუწოდოთ სიცოცხლის უმარტივესი კერა, ძირითადი ერთეული. მეცნიერებას უჯრედის შესწავლის შესახებ ეწოდება ციტოლოგია, (ბერძნული სიტყვიდან Cytos-უჯრედი და logos-მეცნიერება). ციტოლოგია მიეკუთვნება ბიოლოგიურ მეცნიერებათა ციკლს, რომელიც შეისწავლის უჯრედების სპრუქტურას (აგებულებას) და ფუნქციას (ცხოველმოქმედებას). ციტოლოგიის წარმოშობა და განვითარება მჭიდროდაა დაკავშირებული მიკროსკოპის გამოგონებასთან და მიკროსკოპული გამოკვლევების ტექნიკის განვითარებასთან.

პირველი მიკროსკოპი 1610 წ. შექმნა გალილეიმ, ხოლო ბიოლოგიური ობიექტების შესასწავლად პირველად მიკროსკოპი გამოიყენა ინგლისელმა ბუნებისმეტყველმა რ. ჰუკმა, რომელმაც კორპსა და სხვადასხვა მცენარეულ ქსოვილებში შენიშნა უმცირესი დახშული ღრუები და მას უწოდა უჯრედები.

მიკროსკოპი, რომელსაც რობერტ ჰუკი იყენებდა, საგანს ადიდებდა დაახლოებით 100-150-ჯერ, ხოლო შლეიდენის და შვანის ეპოქაში 350-ჯერ. თანამედროვე, ყველაზე სრულყოფილი სინათლის მიკროსკოპი მიკროობიექტს დაახლოებით 1800-ჯერ ადიდებს და ეს გადიდება შეიძლება თეორიულად აყვანილი იქნეს 2500-3000-მდე. მიუხედავად ასეთი დიდი გადიდებისა, უჯრედში ერთიმეორის გვერდით მყოფი ნაწილების შესწავლა ასეთი მიკროსკოპით შეუძლებელია. ახალი მიკროსკოპები აგებულია სინათლის გარდატეხის ინდექსის განსხვავებაზე და მათ გაძლიერებაზე თვით ობიექტში, რაც ქმნის კონტრასტს გამოხატულებაში გამაბათილებელი ინტერფერენციის შეტანის მეშვეობით. ელექტრონულ მიკროსკოპში, რომელშიც სხივების კონა შენაცვლებულია ელექტრონების ნაკადით, მიღწეულია გადიდება, რომელიც უახლოვდება 1 000 000. ასეთი გადიდება მიკროობიექტებისა შესაძლებლობას გვაძლევს გავარჩიოთ დიამეტრში 20-30 ატომის მქონე ნაწილაკები. ასეთი მიკროსკოპების გამოყენება შესაძლებელი გახდა მას შემდეგ, რაც მიღწეული იქნა უთხელესი ანათლების მიღება ულტრამიკროტომით.

თანამედროვე ბიოლოგიის ახალი პრობლემების გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ კვლევის ექსპერიმენტული მეთოდების გამოყენებით, როგორიცაა იონიზებული გამოსხივება, მუტაგენური ფაქტორები, ყველანაირი შხამები (კოლხიცინი, აცენოფტენი, ტაპაფლავინი და სხვა), გარემო ფაქტორების ზემოქმედება და სხვა ფიზიკური და ქიმიური აგენტები. ეს ფაქტორები ხშირად სპეციფიკურად მოქმედებს უჯრედისა და ბირთვის დაყოფის მექანიზმზე, ხელს უწყობს ქრომოსომთა გადაჯგუფებასა და პოლიპლოიდური ფორმების მიღებას.

ახლა ციტოლოგია შეიჭრა ბიოლოგიური მეცნიერების მრავალ დარგში. მის საფუძველზე მეცნიერების მრავალ დარგში შეიქმნა კარიოსისტემატიკა, ციტოეკოლოგია, ციტოემბრიოლოგია, ციტოგენეტიკა და სხვა.

მცენარეული უჯრედის აგებულება

უჯრედის ძირითადი ელემენტებია ციტოპლაზმა და ბირთვი. ციტოპლაზმა თხელი ნახევრად თხევადი მასაა. ბირთვს აქვს შედარებით მკვრივი კონსისტენცია.

მცენარეული უჯრედი ციტოპლაზმისა და ბირთვის გარდა, შეიცავს შემდეგ სტრუქტურულ ელემენტებს: ენდოპლაზმურ ბადეს, პლასტიდებს, გოლჯის კომპლექსს, მიტოქონდრიებს, რიბოსომებს, ლიზოსომებს. მცენარეული უჯრედის ყველა შიგთავსს ეწოდება პროტოპლასტი, რომელიც გარსშია მოქცეული და მისი ცხოველმყოფელობის პროდუქტია.

ბირთვის შესახებ პირვანდელი გამოკვლევები მეტწილად ეხებოდა მის აგებულებას. უჯრედის სიცოცხლეში მისი მნიშვნელობა და ციტოპლაზმისა და ბირთვის ურთიერთკავშირი დადგენილი იქნა შედარებით უფრო გვიან. ბირთვის ფუნქციის შესასწავლად ციტოლოგები უჯრედიდან მის გამოცალკევებას (ენუკლეაცია) აწარმოებენ მიკრონემსით, ან მიკროპიპეტით და აგრეთვე ცენტრიფუგირებით.

ფორმათა წარმოქმნის პროცესში და მემკვიდრეობის გადაცემაში ბირთვის როლის ნათელ ილუსტრაციას წარმოადგენს ჰამერლინგის (1953) ბირთვის გადანერგვის ცდები, რომელიც ჩაატარა ერთუჯრედიან წყალმცენარე აცეტაბულარიას (Acetabularia) ორ სახეობაზე-A mediterranae და A. crenulata-ზე. ეს მსხვილი ერთუჯრედიანი წყალმცენარე შედგება ბაზალური რიზოიდისაგან, რომელიც შეიცავს ბირთვს, „ღერაკს", და „ქოლგას"; ამ უკანასკნელის ფორმა განსხვავებულია სხვადასხვა სახეობებში და განისაზღვრება ბირთვის სახეობრივი თვისებებით.

უჯრედიდან ბირთვის მოცილების ცდებით ნათელია, რომ უჯრედში ციტოპლაზმის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია ბირთვი. ბირთვმოცილებული უჯრედის ციტოპლაზმა ცხოველმყოფელობის უნარს ჩქარა კარგავს. ბირთვი გავლენას ახდენს ციტოპლაზმის ცხოველმყოფელობის ხასიათზე და ანხორციელებს მასში ცილის სინთეზის კონტროლს. ცილის სინთეზის სიჩქარე, ნუკლეინმჟავები და ფერმენტები მცირდება ბირთვის მოცილებისთანავე. ამავე დროს ციტოპლაზმიდან გამოცალკევებული ბირთვი თავის ცხოველმყოფელობას ჩქარა კარგავს. მაშასადამე, უჯრედის ორივე კომპონენტი, ბირთვი და ციტოპლაზმა ჰქმნიან ერთიან სისტემას. ამრიგად მცენარეული უჯრედისათვის, ბირთვი და ციტოპლაზმა აუცილებელი ელემენტია. ამ მხრივ გამონაკლისს წარმოადგენენ ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები და ბაქტერიები, რომელთაც ტიპიურად ფორმირებული ბირთვი არა აქვთ, მაგრამ თავისი ორგანიზაციით პრიმიტიულ ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების ციტოპლაზმაში აღმოაჩინეს დიფუზიური ბირთვის მასალა და მასში Дნმ-ს არსებობა.

ბაქტერიებში ბირთვის გამოვლენა ვერ მოხერხდა იმის გამო, რომ მასში რნმ დიდი რაოდენობითაა, იგი აღმოჩენილი იქნა მას შემდეგ, როცა რნმ გამოძევებული იქნა მჟავებით ან ფერმენტული ჰიდროლიზით. ბაქტერიების უთხელეს ანათლებზე ელექტრომიკროსკოპის დახმარებით გამოვლენილი იქნა ცენტრალური სხეულაკი, რასაც ეწოდა ნუკლეოდი, მას ბირთვის გარსი არა აქვს. აქედან ყველაზე მართებულია ვივარაუდოთ, რომ უმაღლეს მცენარეთა და ბაქტერიების ბირთვებს შორის მთავარი განსხვავება მდგომარეობს მოსვენებულ მდგომარეობაში მყოფ ბაქტერიების ბირთვში გარსის უქონლობაში.

უჯრედის ორგანელების გარდა, ციტოპლაზმაში არის სხვადასხვა სახის ჩანართები, რომლებიც მონაწილეობენ უჯრედის საერთო ნივთიერებათა ცვლაში. უჯრედის ჩანართებს ეკუთვნის: ცხიმის წვეთები, სახამებელი და მთელი რიგი სხვადასხვა კრისტალები, უჯრედში მათი არსებობა, ფორმა და შეფარდება დამოკიდებულია უჯრედის სპეციალიზაციაზე და მათ მიერ შესრულებულ ფუნქციაზე. ჩანართები არ წარმოადგენენ რა უშუალოდ უჯრედის ცოცხალ ნივთიერებებს, არიან სათადარიგო საკვები ნივთიერებები-პროდუქტები უჯრედის ცხოველმყოფელობისათვის და ა.შ.

ერთუჯრედიანი ორგანიზმები თავისი ფორმით ყოველთვის მარტივი არაა, ზოგი არსებითად ერთუჯრედიანია, მაგარამ გარეგნულად მოგვაგონებს მაღალორგანიზებულ მცენარეებს. ამის მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ ზღვის წყალმცენარე კაულერპა (Caulerpa), რომელიც ხმელთაშუა ზღვის ფსკერზე იზრდება. ეს წყალმცენარე თითქოსდა შედგება ფოთლების, ღეროსა და ფესვისაგან; წარმოადგენს ერთ მთლიან ღრუს. შიგნით არა აქვს არავითარი უჯრედული ტიხარი, მთლიანად ამოვსებულია ციტოპლაზმით და მრავალბირთვიანია. კაულერპას ჩხირისებური გამონაზარდები ამაგრებს შიდა რთულ სხეულს, არ ქმნის რთულ ტიხრებს, ამის გამო ის მრავალბირთვიან ერთ დიდი უჯრედს წარმოადგენს.

ცალკეულ უჯრედს შეუძლია რთული ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური ფუნქციების შესრულება. მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის შემადგენელი უჯრედები არანაკლები შინაგანი რთული ორგანიზაციით განსხვავდებიან. უმაღლეს მცენარეთა უჯრედებს, გარდა მზიური ენერგიის გარდაქმნის უნარისა (ბიოსინთეზი), თვითწარმოქმნით გამრავლებისა და დაყოფისა, ახასიათებთ აგრეთვე სხვა თავისებურებანი, რის შედეგადაც ისინი შეგუებული არიან იმ რთულდა შეწყობილ მოქმედებას, როგორიცაა მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების სიცოცხლე. ევოლუციის თვალსაზრისით რამდენადაც მაღლა მდგომია მცენარე, იმდენად სრულყოფილია მასში უჯრედების სპეციალიზაციის პროცესი.

ონთოგენეზის პროცესში მცენარის მრავალი უჯრედი თავის ფორმას არ ინარჩუნებს. იცვლება არა მარტო ფორმა, არამედ მისი გარსის აგებულებაც, რომელიც ზოგჯერ ისე სქელდება, რომ ქრება უჯრედის ღრუ და ამ უკანასკნელის კედლები განსაკუთრებულ სტრუქტურულ ხასიათს იძენენ. არაიშვიათია შემთხვევა, როდესაც უჯრედი კარგავს დაყოფის უნარს, გარდა ასეთი ცვლილებებისა შეიძლება იყოს სხვაც, სახელდობრ, ბიოქიმიური შედგენილობის შეცვლა და ისეთიც, რომელიც მათ სიკვდილს იწვევს.

მრავალუჯრედიანი მცენარის სხეული წარმოიქმნება ძიგოტიდან (განაყოფიერებული კვარცხუჯრედიდან). ამრიგად, უჯრედი უნდა მივიჩნიოთ განსაკუთრებულ ერთეულად, რომელიც აღჭურვილია ცოცხალის ყველა თვისებით და ამ თვისების თაობიდან თაობაზე გადაცემის უნარით: სხავგავარად, რომ ვთქვათ, უჯრედი განხილული უნდა იქნეს ისეთ ერთეულად, რომლის გამრავლებისა და დიფერენციაციის შედეგად წარმოიქმნება სხვადასხვა ორგანიზმი.

მცენარეულ უჯრედებს აქვთ რიგი სტურქტურული თავისებურებანი და ისინი განსხავდებიან ცხოველური უჯრედებისაგან.

ეს თავისებურებანი შემდეგია: 1. მკვრივი და დრეკადი გარსის არსებობა; 2. უჯრედის ოსმოსური თვისებების მეტი ხარისხით გამაპირობებელი, მნიშვნელოვნად განვითარებული ვაკუოლური აპარატი; 3. პლასტიდების არსებობა, რომლის ხელშეწყობით მიმდინარეობს ნახშირორჟანგისა და წყლისაგან მზის სხივური ენერგიის მეშვეობით ორაგნული ნივთიერების პირველადი სინთეზი; 4. უჯრედში სინთეზის უპირატესობა ენერგიის განთავისუფლების პროცესზე, რითაც მასში მიმდინარეობს სათადარიგო ნივთიერებების დაგროვება.

უჯრედის ფორმა და სიდიდე

მცენარეული უჯრედის ფორმა მეტად მრავალფეროვანია. უჯრედის ფორმას განსაზღვრავს სხვასხვა მიზეზი: თავისუფალი უჯრედები, ჩვეულებრივ ბურთისებრი, ოვალური ან კვერცხისებრია, მცენარეულ ქსოვილში კი მისი ფორმა განისაზღვრება უჯრედების დაწოლით და აგრეთვე დამოკიდებულია უჯრედის ფუნქციაზე.

მცენარეულ უჯრედებს ფორმის მიხედვით ყოფენ ორ ტიპად: პარენქიმული და პროზენქიმული. პირველი ტიპის უჯრედში სამივე განზომილება (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე) თითქმის ერთი და იგივეა. პროზენქიმული უჯრედები მოგრძოა და აქვს წვეტებიანი ბოლოები. ეს განსხვავება შეიძლება შევამჩნიოთ მხოლოდ გასწვრივ განაჭერში.

მცენარეული უჯრედები სიდიდით მეტად მრავალფეროვანია და ცვალებადობს ულტრამიკროსკოპული სიდიდიდან რამდენიმე სანტიმეტრამდე. ყველაზე პატარა უჯრედები აქვთ ბაქტერიებს, რომელთა სიდიდე განისაზღვრება მილიმეტრის მეათასედი ნაწილით მიკრონებით.

ფარულთესლოვან მცენარეთა უჯრედები შედარებით დიდი ზომისაა, მათი სიდიდე მერყეობს 0,01-დან 0,1 მმ-მდე. მნიშვნელოვნად დიდია ქსოვილების დამცველი პარენქიმული უჯრედები, მაგალითად, ტუბერის ან ნაყოფის უჯრედების სიგრძე შეიძლება უდრიდეს 1 მმ-ს და მეტს. შედარებით დიდი ზომით გამოირჩევა საკანაფებოჭკოს პროზენქიმული უჯრედები (სელის და კანაფის 20-40 მმ. ჭინჭრის-80 მმ, რამის-200 მმ-ზე მეტი) ბამბის ერთუჯრედიანი ბეწვი 65 მმ-ს აღწევს.

უჯრედის ცალკეული სტრუქტურის როლი
ციტოპლაზმა

ახალგაზრდა მცენარის უჯრედში დიდი ნაწილი უკავია ციტოპლაზმას.

უმარტივესი მიკროორგანიზმების ციტოპლაზმასა და უმაღლეს მცენარეთა ციტო-პლაზმას შორის არსებობს ზოგიერთი მსგავსი ნიშნები. მათში გვხვდება ერთი და იგივე კომპონენტები, ასე, მაგალითად, რიბოსომები უმთავრესი მოლეკულური სტრუქტურაა უმარტივესი ორგანიზმისა.

ევოლუციის პროცესში უჯრედში წარმოიქმნა უჯრედშიგნითა მემბრანები და აგრეთვე უჯრედული ორგანელები, მაგალითად, მიტოქონდრიები, პლასტიდები და ცენტრიოლები, რომლებიც ციტოპლაზმის დიდ ნაწილს შედაგენენ. ზოგიერთი მცენარის და ცხოველის ემბრიონალური უჯრედის ციტოპლაზმა გამოირჩევა უჯრედშიგნითა

მემბრანის სუსტი განვითარებით, ის თითქმის შედგება ციტოლპლაზმური მატრიქსისა და რიბოსომისაგან.

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

ამრიგად, ციტოპლაზმური მატრიქსი უჯრედის ერთ-ერთი მთავარი ნაწილია, 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 სხვასხვაგვარი ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების მიმდინარეობას.

ციტოპლაზმის შესწავლა შეიძლება როგორც ცოცხალ, აგრეთვე ფიქსირებულ უჯრედში. ცოცხალი ციტოპლაზმის შესწავლით გამორკვეულია, რომ ის ელასტიურია, ნახევრად გამჭვირვალე უფერო ნივთიერება 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), ანდა შედარებით უფრო დიდიც (1,060).

ციტოპლაზმის ქიმური შედგენილობა მეტად რთულია, ის შედგება მრავალი ნივთიერებათა ნაერთისაგან, ამათგან კი მეტად მნიშვნელოვანი კმპონენტებია მარტივი და რთული ცილები, რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ), ნახშირწყლები და ლიპიდები (ცხიმისმაგვარი ნივთიერება). მარტივი ცილებიდან ციტოპლაზმაში შედის ჰისტონი, პროტამინი, ალბუმინი, გლობულინი, რთული ცილები წარმოდგენილია მარტივი ცილების შენაერთების სახით ლიპოიდებთან. ნახშირწყლებთან, ნუკლეინის მჟავებთან (ლიპოპროტეიდი, გუკოპროტეიდი, 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 ამინომჟავათა აქტივაციის პროცესში ცილის სინთეზის დროს. ამავე ფარქციას მიეკუთვნება ფერმენტები, რომლებიც მრავალი რეაქციის კატალიზატორებია და რომლის არსებობა აუცილებელია ATP და ხსნადი (ტრანსპორტული) რნმ-სათვის.

ელექტრონილ მიკროსკოპში ციტოპლაზმატური მატრიცა მოჩანს, როგორც ჰომოგენური და წვრილმარცვლოვანი ნივთიერება, ზოგჯერ მასში შეიძლება შევნიშნოთ უწვრილესი ძაფები (100N°-ზე პატარა), როგორც ციტოპლაზმის სტრუქტურის დამკავებელი თანამდროვე შეხედულებით ციტოპლაზმური მატრიცის 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 ციტოპლაზმის ამა თუ იმ ნაწილის ზოლიდან გულში ან პირიქით გადასვლა გამოიწვიოს.

ციტოპლაზმაში არაორგანული ნივთიერებებიდან დიდი რაოდენობით გვხვდება წყალი (80-85%), რომელიც დიდი როლს ასრულებს უჯრედის ცხოველმყოფელობაში. ციტოპლაზმაში წყალი შეიძლება იყოს თავისუფლად ან წყალბადური კავშირებით დაკავშირებული იყოს 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. ამით აიხსნება ორგანიზმის ცხოველმყოფელობის საქმეში მიკროელემენტების მნიშვნელობა.

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 A°, პალადასგრანული ან რიბოსომა; 3. მრავალრიცხოვანი მემბრანული სტრუქტურები უწვრილესი არხების სახით, რომელთაც ნათელი კონტურები აქვთ. მცენარეული და ცხოველური უჯრედების 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 გარადიქმნებიან უფრო მსხვილ ბუშტულებად, ხოლო შემდეგ შეერწყმიან ვაკუოლებში. ამრიგად, ენდოპლაზმური ბადე წარმოადგენს უჯრედის შიგნითა არხების სისტემას ვაკუოლებით, ცისტერნებით, შემოსაზღვრულია ციტოპლაზმური მემბრანით, შეერთებულია ანასტომიზებით 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 ცხოველმყოფელობისათვის ზოგი აუცილებელი ნივთიერების მასში შესვლით და მეორე მხრივ უჯრედიდან ამ ცხოველმყოფელობის მარეგულირებელი პროდუქტებისა და წყლის გამოყვანით.

თითოეული ტიპის უჯრედს ახასიათებს ენდოპლაზმური ქსელის განსაზღვრული სტრუქტურა.

ენდოპლაზმური მემბრანის ზედაპირზე განლაგებულია რიბონიკლეოტიდური გარანულები-რიბოსომები. ენდოპლაზმური ბადე განხილული უნდა იქნეს, როგორც უჯრედის ერთიანი ცირკულატორული სისტემა, რომლითაც ის ურთიერთკავშირშია გარსთან, ბირთვთან და ორგანელებთან.

არჩევენ ენდოპლაზმური ბადის ორ ტიპს: გრანულოვანს და გლუვს.

გრანულირებული ენდოპლაზმური ბადე წარმოადგენს უჯრედის შიგა რთული 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 არხებით დაკავშირებულია ციტოპლაზმური მემბრანის ზედაპირთან. ენდოპლაზმური ბადის არხები 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 ახლოა 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 არადამაკამაყოფილებლად არის ცნობილი.

გოლჯის კომპლექსი იმყოფება ყველა მცენარისა და ცხოველის უჯრედში.

გოლჯის კომპლექსი მონაწილეობს უჯრედში მიმდინარე ყველა სეკრეტორულ პროცესებში. მცენარეულ უჯრედებში 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 ის, რომ არა აქვთ რიბოსომები, რომლებიც ენდოპლაზმური ბადის გრანულოვან მემბრანაზეა.

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

ლიზოსომები. ლიზოსომები წარმოადგენს წვრილ გარნულებს, შემოფარგლულია მემბრანებით და ამოვსებულია შიგთავსით, რომლის შედგენილობაში შედის დიდი რაოდენობით ჰიდროლაზა. მისი დამახასიათებელი თვისებაა მკვეთრად გამოსახული მჟავე ფოსფატაზას რეაქცია. ლიზოსომური მემბრანა შედგება ჰიდროლიზის მოქმედებისადმი გამძლე ნივთიერებისაგან, ეს კი აუცილებელი პირობაა უჯრედში შემავალი ნივთიერების ლოკალიზაციისათვის.

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

მცენარეულ უჯრედში ტიპიური ლიზოსომები არაა აღმოჩენილი, მაგრამ მცენარეული უჯრედის ციტოპლაზმის ულტრასტრუქტურის შესწავლისას ნანახი იქნა ლიზოსომისებრი სტრუქტურები, რომლებიც სიდიდით და მორფოლოგიით მოგვაგონებს ცხოველური უჯრედის ლიზოსომას.

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

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

სფეროსომები. სფეროსომებს ადრე უწოდებდნენ მიკროსომებს, რომლებიც წარმოადგენენ წვრილ მრგვალ სხეულებს, სინათლის მიკროსკოპით შესწავლისას 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 კრისტალვიოლეტით მეწამულ ფერად, მაშინ როცა მიტოქონდრიები და პლასტიდები იღებება მკრთალი იასამნის ფრად. მიტოქონდრიებისაგან განსხვავებით სიცოცხლეში არ იღებება იანუს მწვანით.

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

რიბოსომები. ორგანელები, რომელიც ფარავს ენდოპლაზმური ბადის მემბრანის ზედაპირს, სფეროსებრი მკვრივი სხეულაკებია, რომელსაც რიბოსომა ეწოდება და მცენარეული და ცხოველური უჯრედის ენდოპლაზმური ბადის აუცილებელი კომპონენტია.

რიბოსომები ზალიან პატარაა (100-300 A°), რის გამოც ჩვეულებრივი სინათლის მიკროსკოპით მათი შესწავლა შეუძლებელია.

რიბოსომები ზომით და მოლეკულური წონის მიხედვით ორ ჯგუფად იყოფა: პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება წვრილი რიბოსომები, რომლებიც აღმოჩენილია ბაქტერიებისა და ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებში. მშრალ მდგომარეობაში მათი ზომა 200X170 A°; მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება შედარებით დიდი ზომის რიბოსომები, რომელიც ახასიათებს ცხოველებს, უმაღლეს მცენარეებს, სოკოებს, წყალმცენარეებს: ამ ჯგუფის რიბოსომების ზომა აღწევს 240X200X200 A°. რიბოსომების თავისებურებანი დაკავშირებულია რნმ აბსოლიტურად დიდი რაოდენობით შემცველობასთან და მეორე ჯგუფის რიბოსომაში ცილის შეფარდებით დიდი რაოდენობით შემცველობასთან.

რიბოსომების უნიკალური სტრუქტურა მდგომარეობს იმაში, რომ ისინი აგებულია არათანაბარი სუბნაწილისაგან, ანუ სუბერთეულისაგან.

თანამედროვე შეხედულებით, თითოეული სუბერთეული შეიცავს თითო მაღალ პოლიმერულ რნმ მოლეკულას და აგებულია რნმ 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 ფუძის განლაგება არ შეესაბამება კომპლემენტარულ წესს, რასაც ᲓᲜᲛ-თვის გვთავაზობენ უოტსონი და კრიკი.

მაღალორგანიზებულ უჯრედთა რიბოსომები ჩვეულებრივ დაკავშირებულია გრანულოვანი ენდოპლაზმური ბადის მემბრანასთან. რიბოსომები მიმაგრებულია ენდოპლაზმური ბადის მემბრანას, გამოირჩევიან სპირალური განლაგებით და ერთმანეთთან ბოგირებით არიან დაკავშირებული. რიბოსომები გვხვდება აგრეთვე ბირთვის გარსის ზედაპირზე. ისინი არაა 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 შემცველობით.

მცენარეულ უჯრედებსა და ქსოვილებში რიბოსომის კონცენტრაცია იცვლება ონთოგენეზის 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 და სტრუქტურული რიბოსომული ცილისაგან.

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

უჯრედში ცილის სინთეზი ხორციელდება არა მარტო იზოლირებულად მოქმედი ცალკეული რიბოსომებით, არამედ აგრეთვე რიბოსომების მასით, რომლებიც ფუნქციონირებენ ერთად და თანმიმდევრულად. რიბოსომების ასეთმა თავმოყრამ მიიღო სახელწოდება პოლირიბოსომა, ანდა პოლისომი, ისინი შედგებიან 5-70 რიბოსომისაგან, რომელიც დაკავშირებულია წვრილი ძაფებით (დიამეტრით 10-15 A°) და ერთმანეთისაგან დაშორებულია 50-150 A° მანძილით. ვარაუდობენ, რომ ეს ძაფები წარმოქმნიან რნმ მოლეკულებიდან.

პოლირიბოსომები აღმოჩენილია, როგორც უდაბლეს, 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 სიგანე 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 გროვდებიან ბირთვის ირგვლივ (უმეტესად პათოლოგიურ შემთხვევაში) ან ციტოპლაზმის პერიფერიულ ნაწილებში. უჯრედის დაყოფის წინ მიტოქონდრიები გროვდებიან თითისტარადან, მეტად თუ ნაკლებად ნაწილდებიან შვილეულ უჯრედებს შორის. მიტოქონდრიები, როგორც ენერგიის 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), სულფჰიდრულ ჯგუფებს, რნმ, მშრალი ნივთიერების 0,5%. მიტოქონდრიებში ვიტამინები: A, B_6, B_{12}, K, E . ფოლიევური 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 ოსმოფილური ფენის ბურთისებრი სხეულები,რომელთაც აქვთ დიამეტრი 80-100A°. დაკავშირებული არიან მემბრანების ნათელ ფენასთან და უწოდებენ სუბმიტოქონდრიულ ნაწილაკებს, ისინი მიტოქონდრიების მარტივი სტრუქტურული ელემენტებია.

მიტოქონდირების ფერმენტების რაოდენობა და აქტივობა დამოკიდებულია უჯრედის ფუნქციონალურ მდგომარეობაზე და იცვლება განვითარების პროცესში. მიტოქონდრიების შინაგანი მემბრანების ჯამი წარმოადგენს უდიდიესი ზედაპირის ფერმენტულ სისტემას. მიტოქონდრიების აქტივობის ხარისხი პირდაპირ დამოკიდებულებასია მისი ზედაპირის სიდიდესთან და უჯრედში მიტოქონდრიების რაოდენობა შეესაბამება ნივთირებათა ცვლის ინტენსივობას. მიტოქონდრიები 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 დაჟანგვა, ცხიმოვან და ტრიკარბონატულ მჟავათა და მჯანგავი ფოსფორების ციკლის პროცესი, რის შედეგად გამომუშავდება АТФ ენერგიის მთავარი წყარო, რასაც უჯრედი იყენებს სინთეზისა და აქტიური მუშაობის (სეკრეცია, მოძრაობა, ზრდა და ა.შ.) პროცესში. ესაა მიტოქონდრიების მთავარი ფუნქცია, მათში აგრეთვე ხოციელდება ჰიპურის მჟავების ფოსფოლიპიდებისა და ცილების სინთეზი. სუნთქვის ინტესივობა დამოკიდებულია უჯრედში მიტოქონდრიების რაოდენობაზე.

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

მიტოქონდრიები იყოფიან დაკვირტვით. ამ, დროს მიმდინარეობს გარეგანი მიტოქონდრიული მემბრანების გამოწევა და შემდეგ ეს წარმონაქმნი მოსწყდება დედა მიტოქონდრიას;ერთსა და იმავე დროს ფორმირებულ გამონაზარდებში წარმოიქმნებიან კრისტები და ოსმოფილური გრანულები.

პლასტიდები. მწვანე მცენარეთა უჯრედების მუდმივი უჯრედული ორგანელები პლასტიდებია. სოკოებს, ბაქტერიებს, მიქსომიცეტებს (ლორწოვანი სოკოები) და აგრეთვე ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებს პლასტიდები არა აქვთ.

ყველა ტიპის პლასტიდები ერთმანეთთან გენეტიკურადაა 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 (ქრომოტოფორები) სხვადასხვა ფორმისაა-ჩხირისებრი, ბაბთისებრი, სპირალისებრი, ფიალისებრი და სხვა.

ფარულთესლოვან მცენარეებში პლასტიდების სიდიდე მერყეობს 3-დან 10 მიკრონამდე. პლასტიდებთან შედარებით ლეიკოპლასტები პატარაა.

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 სხვადსხვა ფერმენტებს, რომლებიც თანმიმდევრულად ჩაებმებიან ნივთიერებათა ცვლაში. ისინი მცენარეული უჯრედის მეტაბოლისტური პროცესებისათვის ამარაგებენ ენერგიას, პლასტიდები წამყვან როლს ასრულებენ უჯრედში სამარაგო ნივთიერების წარმოქმნასა და გარდაქმნაში.

ლ ე ი კ ო პ ლ ა ს ტ ე ბ ი გვხვდება ფარულთესლოვან მცენარეთა ყველა ნაწილში, ამასთანავე ერთად თითოეულ უჯრედში მათი რიცხვი ძალიან დიდია.

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

ქ ლ ო რ ო პ ლ ა ს ტ ე ბ ი (მწვანე პლასტიდები) წარმოადგენენ ისეთ ორგანელებს, რომლებიც სინათლის ენერგიის 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, ფოსფოჰილაზები, კარბოჰიდრაზები) სინთეზს.

ქლოროპლასტების მწვანე შეფერვას განაპირობებს მასში მრავალი პიგმენტის არსებობა. ამ პიგმენტებს შორის დიდი ადგილი უკავია ქლოროფილს, გარდა ამისა, შეიცავებ კაროტინს და ქსანტოფილს. ქლოროფილი თავისი ქიმიური შედგენილობით ეთერისებრი შენარეთია. 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 გადაცემაში და აგრეთვე 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, ანდა ორ დაყოფას შორის შუალედში. ამ უკანასკნელ კი ეწოდება ინტერფაზა. მრავალი ფაქტიური 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 სიგრძივ. 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 უდაბლეს მცენარეებში ბირთვი მნიშვნელოვნად პატარაა. წყალმცენარეებიდან 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 ციტოპლაზმის განსაზღვრული მოცულობა. ასეთ შეფარდებას ეწოდება ბირთვულ-პლაზმური შეფარდება, რომელიც დამახასიათებელია არსებული ტიპის უჯრედებისათვის, რომელიც შედის მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების ქსოვილსა და ორგანოებში და წარმოადგენს უჯრედულ კონსტანტს, წონასწორობას უჯრედის ბირთვსა და ციტოპლაზმას შორის. ეს წონასწორობა ვარაუდობს აგრეთვე უჯრედში ქიმიურ ნივთიერებათა განსაზღვრულ შეფარდებას.

ბირთვულ-პლაზმური შეფარდება არასტაბილურია და იცვლება სიცოცხლის სხვადასხვა პირობებში (შიმშილობისას ტემპერატურული რეჟიმის შეცვლისას,

ავიტამინოზის დროს და ა. შ.) და აგრეთვე ხელოვნური ფაქტორების (მაგალითად, იონიზებული რადიაცია და სხვა) ზემოქმედებით.

მცენარეთა უჯრედი ხშირ შემთხვევაში ერთბირთვიანია, მაგარამ უდაბლეს მცენარეებში შეიძლება არსებობდეს უჯრედები, სადაც სჭარბობდეს ორბირთვიანობა და აგრეთვე მრავალბირთვიანობა.

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

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

შეიძლება შევნიშნოთ ბირთვის განსხვავებული სტრუქტურები. თხელი ქრომატინული ბადე, რომელიც განსხვავდება აქრომატული არესაგან. ეს ბადე, რომელიც მოთავსებულია თხევად აქრომატულ არეში, შეიძლება იყოს მკვრივი ან ფხვიერი, ბუშტისებრი და ქმნის მკვეთრ ბირთვულ ბადეს და 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 უწყვეტლივ 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 წარმოადგენს ზოლს. მაშასადამე, ბირთვი ფიზიკურად ჰეტეროგენურ სტრუქტურას წარმოადგენს.

ბირთვის განსაცვიფრებელი თავისებურებაა-მისი დეფორმაცის უნარი.

ბირთვის ხვედრითი წონა მეყეობს-1,03-დან 1,1-მმ მდე.

მცენარეული და ცხოველური უჯრედის ბირთვი შეიცავს ცილებს, ნუკლეინის მჟავებს, ლიპიდებს, ფერმენტებს; გარდა ამისა, მასში აღმოჩენილი იქნა სხვადასხვა მინერალური მარილები (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).

<u>რთული ცილები</u>-ეს შენაერთებია მარტივი ცილებისა 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 (Дნმ) და რიბონუკლეინის მჟავეები (რნმ)–უჯრედის მეტად რთული მაკრომოლეკულების სახით.

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

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

ბირთვული Дნმ შედარებით მუდმივია, ერთი უჯრედის განსაზღვრულ ქრომოსომთა ანაწყობისათვის.

ლიტერატურაში მითითებულია, რომ არსებობს Дნმ-ს ორი ტიპი. მეტაბოლურად სტაბილური-გენომური, რომელიც დაკავშირებულია გენეტიკურ ფუნქციასთან და მეტაბოლურად უფრო მეტად აქტიურია, ე.ი. გაცვლითი Дნმ. პირველი ტიპის Дნმ დამახასიათებელია ეუქრომატინისათვის, მეორე ტიპი-ჰეტეროქრომატინისათვის.

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

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

ბირთვული გარსის გარეგანი მემბრანა უწყვეტლივ 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-ქიმური თავისებურებებით. ბირთვაკები იშვიათად არასწორია, თათისებური, წაგრძელებული და ბაბთისებურიც.

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 50A° სისქის ფიბრილებისაგან შედგება.

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

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

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

ბირთვაკები არ ხასიათდებიან უწყვეტობით. ისინი წარმოიქმნებიან 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 მემვიდრეობას და მითუმეტეს მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმების ერთი თაობიდან მეორეში ამ თვისების მემკვიდრეობით გადაცემას.

სახელწოდება „ქრომოსომები" შემოღებული 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) მცენარის უჯრედში.

უჯრედში ქრომოსომების ერთობლიობას ქრომოსომების ანაწყობს უწოდებენ. ორგანიზმებში ასხვავებენ ორი ტიპის ანაწყობს-ჰაპლოიდურს და დიპლოიდურს. ჰაპლოიდური (ერთმაგი) ანაწყობი ქრომოსომების რიცხვით ორჯერ ნაკლებია დიპოიდურთან 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: ხორბლების დიპლოიდურ ანაწყობში 14 ქრომოსომაა, ჰაპლოიდებში -7. მაგრამ მაგარ ხორბალში შესაბამისად 28 და 14; რბილ ხორბალში 42 და 21; ვაშლში, 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 აქვს. წაგრძელებულ ქრომოსომებს შეიძლება ჰქონდეთ 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 ДНმ-ს არ შეიცავს. ამ ნაწილის შიგნით იმყოფება განსაკუთრებული სტრუქტურა ცენტრომერის სახელწოდებით, რომელიც ქრომოსომს ფორმას აძლევს.

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

ცენტრომერს მეტად რთული სტრუქტურა აქვს და შედგება სამი ორმაგი ზონისაგან. შუა ზონა არეგულირებს ქრომოსომის კავშირს თითისტარასთან, ხოლო ორი შვილეული 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. მეტაცენტრული-ცენტრომერები მდებარეობს ქრომოსომების ცენტრში და თანაბარმხრიანია.

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 ქრომოსომთა ანაწყობის იდენტიფიკაცია, ეწოდება კარიოტიპი. კარიოტიპის გრაფიკულ გამოსახულებას კარიოგრამა, ანუ იდიოგრამა ეწოდება.

ქრომოსომების შინაგანი აგებულება მეტად რთულია. მისი სტრუქტურა ისწავლება სხვადასხვა ურთიერთშემოწმებული და ერთმანეთის შემავსებელი მეთოდებით, რაც შესაძლებლობას გვაძლევს წარმოდგენა 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 ДНМ.

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

ქრომოსომის უბნები ხასიათდება განსხვავებული შეღებვის უნარით. ქრომოსომის ძლიერ შეღებილ უბნებს ეწოდება ჰეტეროქრომატინული, ხოლო სუსტად შეღებილ 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.

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 ლიკოპოდიუმისა და შვიტას სპორის განვითარების შესწავლისას. ბირთვის დაყოფისთანავე იწყება მთელი უჯრედის დაყოფა და წარმოიქმნება ახალი უჯრედის კედელი. უჯრედის დაყოფის ამ სტადიას კი ციტოკინეზი ეწოდება.

მიტოზის შესწავლისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ უჯრედის დაყოფას წინ უძღვის მოსამზადებელი პერიოდი-ინტერფაზა, როდესაც იქმნება პირობები,

რომელიც უზრუნველყოფს უჯრედის დაყოფას. სწორედ ამ დროს ბირთვში შეინიშნება მეტაბოლისტური პროცესების მაღალი აქტიურობა, რის შედეგადაც ბირთვი და ციტოპლაზმა ქმნის თავის 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 რედუპლიკაციის უნარი აქვს. აგრეთვე მიტოზური აპარატის არსებობა, რომელიც უზრუნველყოფს ქრომოსომების პოლუსებზე გადაადგილებას.

ინტერფაზაში განასხვავებენ სამ პერიოდს: 1. პრესინთეზური-(G_1), როდესაც მიმდინარეობს მარტივი ცილების, ჰისტონების სინთეზი. 2. სინთეზური-(S) მთელ პერიოდში ხდება ДНМ-ის სინთეზი. 3. პოსტსინთეზური-(G_2), იგი შეესაბამება პრეპროფაზას. ამ დროს უჯრედში მიმდინარეობს ძირითადი პროცესები-ქრომოსომების რედუპლიკაცია და მიტოზის განხორციელებისათვის საჭირო ენერგიის დაგროვება.

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

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

უჯრედის დაყოფის მამოძრავებელი ძალებია უჯრედული ცენტრი და მიტოზური აპარატი.

<u>უჯრედული ცენტრი</u>-ციტოპლაზმური ორგანელია. დადგენილია, რომ ეს ორგანელი შედგება ერთი ან ორი წვრილი გრანულისაგან, რომელთაც ცენტრიოლები ჩვეულებრივ შემოსაზღვრულია ნათელი ზონით, რომელსაც უწოდებენ ცენტროსომებს, მის შემდეგ განლაგებულია მეტად მკვრივი ზონა-ცენტროსფერა, რომელთაგან გამოდიან ასტროსფერები. პროფაზაში ცენტრიოლები მიემართებიან პოლუსებისაკენ, ცენტროსომა გარადაიქმნება წაგრძელებულ სხეულად-ცენტროდესმად, საიდანაც წარმოიქმნება თითისატარა.

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

<u>უჯრედული აპარატი</u> 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 ერთმანეთთან აკავშირებს უჯრედის პოლუსებს, ხოლო მეორე კომპლექტისაგან ყალიბდება გამწევი, ანუ ქრომოსომული ძაფები, რომლებითაც ქრომოსომის ცენტრომერები მიმაგრებულია პოლუსებთან.

საყრდენი ძაფები განაპირობებენ თითისტარას საერთო სტრუქტურას, მიემარეთებიან პოლუსის ერთი ბოლოდან მეორემდე. გამწევი ძაფები უზრუნველყოფენ

ქრომოსომების ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ განრიდებას, ე. ი. მათ მოძრაობას მეტაფაზასა და ანაფაზას დროს.

მიტოზში ასხვავებენ სამ პერიოდს: ა) რეორგანიზაციის-მოიცავს პროფაზას, რომლის დროსაც ინტერფაზაში სინთეზირებული უჯრედული მასალიდან შედგება ქრომოსომის სტრუქტურული ელემენტები და მიტოზური აპარატი, იშლება ბირთვაკი და გარსი; ბ) დაყოფის და მოძრაობის პერიოდი-მეტაფაზა და ანაფაზა; გ) რეკონსტრუქციის პერიოდი, რომლის დროსაც უჯრედის ტიპობრივი ორგანიზაცია აღსდგება–ტელოფაზა.

მიტოზურ ციკლში გამოყოფენ პროფაზის, მეტაფაზის, ანაფაზის და ტელოფაზის პერიოდებს.

<u>პროფაზა</u>-მიტოზის პირველი ფაზაა. ამ ფაზაში ბირთვი მოცულობაში იზრდება, შემდეგ კი მიმდინარეობს ქრომოსომების განვითარების პროცესი. პროფაზის დროს ხორციელდება უჯრედის ბირთვის სტრუქტურების ძირეული გადაჯგუფება. ქრომოსომებს ადრეულ პროფაზაში გრძელი, წვრილი ძაფის სახე აქვთ და რადგანაც ისინი ამ დროს ნაკლებად სპირალურ მდგომარეობაში იმყოფებიან, განლაგებული არიან ბირთვის მთლიან ღრუში. თანდათან ქრომოსომების სპირალიზაციის ხარისხი ძლიერდება და ამის მეოხებით ისინი ხდებიან კომპაქტური სტრუქტურისა, რაც უზრუნველყოფს მათი მოძრაობის შესაძლებლობას მიტოზის შემდეგ სტადიაში. პროფაზის ბოლოს ქრომოსომები მოკლდება, მსხვილდება და გადაინაცვლებენ პერიფერიებში. პროფაზის დასასრულს გვაუწყებს ბირთვის გარსის დაშლა და ბირთვაკის გაქრობა. ამ დროს ქრომოსომების სპირალიზაცია მაქსიმუმს აღწევს. ბირთვაკის გაქრობის დროს მისი შიგთავსი გადაინაცვლებს თანამგზავრიან ქრომოსომებში, ხოლო მიტოზის დასასრულს თანამგზავრიანი ქრომოსომებიდან ხელახლა ყალიბდება ბირთვაკი.

<u>მეტაფაზა</u> ხასიათდება იმით, რომ 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 შვილეული ქრომატიდები განრიდებას იწყებენ, გვიანი მეტაფაზა გადადის ადრეულ <u>ანაფაზაში</u>. ანაფაზა იწყება ცენტრომერების დაყოფის მომენტიდან მეტაფაზაში არსებული წონასწორეობის ძალების დარღვევით და მთავრდება შვილეული ქრომატიდების ორი მოპირდაპირე პოლუსისაკენ განრიდებით. ჯერ ცენტრომერები უბიძგებენ ერთმანეთს, შემდეგ წევადი ძაფები მოკლდება და ქრომოსომები განერიდებიან ერთმანეთს. საყრდენი ძაფები წყდება და თანდათან ქრომოსომები თავს იყრიან საწინააღმდეგო პოლუსებზე.

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

<u>ტელოფაზა</u> იწყება მაშინ, როცა მთავრდება ქრომოსომების ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ გადასვლა. ქრომონემები თანდათან დესპირალიზდებიან, გრძელდებიან და ისეთ მდგომარეობას უბრუნდებიან, როგორც ჰქონდათ ინტერფაზაში. დესპირალიზაციის პარალელურად მიმდინარეობს ქრომოსომების ირგვლივ თავმოყრილი ენდოპლაზმური ბადის ნივთიერებებისაგან ახლად წარმოქმნილი ბირთვების გარსის აღდგენა. ტელოფაზის ბოლოს თანამგზავრიანი ქრომოსომებიდან ხელახალა 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, ნარკოტიკები და შხამიანი ნივთიერებები.

ამიტოზი

ბირთვის პირდაპირ დაყოფას ამიტოზი ეწოდება, რომლის დროსაც მიმდინარეობს მისი გაგრძელება და შემდგომში ორ ნაწილად დაყოფა. ამ დროს დაყოფის თითისტარა არ წარმოიქმნება და ბირთვის გარსი არ იშლება როგორც მიტოზში. უფრო მეტად ბირთვის უწესრიგოდ ორ და მეტ არაიდენტურ კოშტებად დანაწილებას ეწოდება ფრაგმენტაცია. ბირთვის ნივთიერების ასეთი დანაწილება უეჭველად ატარებს პათოლოგიურ ხასიათს. მაგარამ ამიტოზსა და ფრაგმენტაციას შორის მკვეთრი პრინციპული ზღვრის გავლება არ შეიძლება.

ბირთვის დაყოფის ეს წესი დაკავშირებულია ორგანიზმის დეგრადაციასთან, წარმოადგენს ბირთვის მეტად რთული დაყოფის გამარტივების არატიპურ ვარიაციას.

ამიტოზი გვხვდება დროებითი ხასიათის უჯრედებსა და ქსოვილებში, მაგალითად: ნუცელუსში, ენდოსპერმში, პერისპერმაში და სხვ. ამიტოზი შეინიშნება აგრეთვე სხადასხვა დიფერენცირებული ქსოვილის უჯრედებში, ნასკვის კედლის უჯრედებში, გორგლის პარენქიმაში, ფოთლის ყუნწში და სხვ.) ამჟამად მიტოზს აკუთვნებენ უჯრედის არამიტოზური დაყოფის ყველა შემთხვევას (ბირთვისა და უჯრედის ფრაგმენტაცია, ბირთვის დაკვირტვა).

ამიტოზის გზით წარმოქმნილი ბირთვის მდგომარეობა და განსხვავება, განპირობებულია იმით, რომ ერთი მათგანი ხანდაზმულია, უკვე ფუნქციონირებული ბირთვია და მეორე –ახალგაზრდა და მისგან განვითარებული.

რადიოავტოგრაფული გამოკვლევების მონაცემების მიხედვით, უჯრედის პირდაპირი დაყოფა შეიძლება განხორციელდეს, როგორც Дნმ სინთეზის პერიოდში, ასევე მიტოზური ციკლის პრემიტოზურ (პოსტსინთეზურ) პერიოდში. მაგრამ Дნმ რაოდენობრვი გადიდება ამიტოზის დროს ყველა დამყოფ ბირთვში არ შეინიშნება და თანაც არაკანონზომიერად, განსხვავებით მიტოზისაგან, რომლის დროსაც ყოველთვის მიმდინარეობს Дნმ ჯერადი გაყოფა.

ენდომიტოზი

ბირთვის შიგნით ქრომოსომების რედუპლიკაციის განსაკუთრებულ ტიპს, მიტოზური აპარატის განვითარების გარეშე ეწოდება ენდომიტოზი ან შიგნითა დაყოფა. ეს პროცესი პირველად შეისწავლა კ. ი. მეიერმა (1925) ისპანახის (Spinacia sativa) ტაპეტუმის უჯრედებში, სადაც ადრეულ ფაზაში მის მიერ აღმოჩენილი იქნა დიპლოიდური და უფრო გვიან დაყოფის ფაზაში პოლიპლოიდური ბირთვები.

ენდომიტოზის ფორმა მრავალგვარია და ჯერ კიდევ საკმაოდ არ არის შესწავლილი.

უფრო ხშირად, ენდომიტოზი გვხვდება მცენარის დიფერენცირებულ უჯრედებში, მაგალითად, მტვრიანას ტაპეტუმის უჯრედის ბირთვში, ეპიდერმისის უჯრედებსა და ანტიპოდებში. თანამედროვე გამოკვლევებში იმდენად გახშირდა ენდომიტოზის აღმოჩენის შემთხვევები, რომ ისმება კითხვა: დაყოფის ეს ტიპი ხომ არ წარმოადგენს ზოგიერთი მცენარის ქოვილის უჯრედის დიფერენციაციის აუცილებელ თანამგზავრს.

ენდომიტოზის დროს ქრომოსომები გადიან განვითარების ყველა მიტოზურ ციკლს, მაგრამ რადგანაც არ ვითარდება დაყოფის თითისტარა, ყველა რედუპლიცირებული (გაორმაგებული) ქრომოსომა რჩება ერთ ბირთვში. ამავე დროს შენარჩუნებულია ბირთვის გარსი და ბირთვაკი. ენდომიტოზიც შედგება ოთხი ფაზისაგან, რომელთაც შესაბამისად ეწოდებათ ენდოპროფაზა, ენდომეტაფაზა, ენდოანაფაზა, ენდოტელოფაზა. ამრიგად, ენდომიტოზის შედეგად ბირთვი ტეტრაპლოიდური ხდება.

ენდომიტოზის განმეორებისას დიფერენცირებულ ქსოვილთა უჯრედებში წარმოიშობა გიგანტური ბირთვი, რომელიც შეიცავს ქრომოსომთა რამდენიმე ანაწყობს, რომელთა რიცხვი შეიძლება ძალიან დიდი იყოს.

ძალიან დიდ ინტერესს იწვევს მსგავსება ენდომიტოზსა და მიტოზის პროცესებს შორის, რომელიც გამოწვეული იყო კოლხიცინის ზემოქმედებით. ამ ორივე შემთხვევაში დაყოფის თითისტარა არ ვითარდება, რის გამოც ქრომოსომების წყვილების მიმართულებრივი გადანაცვლება და მათი განცალკევება შვილეულ ბირთვებში არ ხდება.

მეიოზი

მეიოზი დამახასითებელია სქესობრივად მამრავლ ყველა ორგანიზმისათვის. ტერმინი „მეიოზი" წარმომდგარია ბერძნული სიტყვისაგან „მეიოზის", რაც ნიშნავს შემცირებას. მეიოზის დროს მიმდინარეობს ქრომოსომების რიცხვის რედუქცია (ორჯერ შემცირება), ამის გამო ადრე ამ პროცესს რედუქციულ დაყოფასაც უწოდებდნენ.

ამ პროცესის არსი მარტივია. გამეტების წარმოქმნისას ქრომოსომების რიცხვის ორჯერ შემცირება აუცილებელია, რადაგან განაყოფიერების (გამეტების შერწყმის) შედეგად (ზიგოტაში) მიმდინარეობს მისი გაორკეცება, თუ ეს გაორკეცება არ ანაზღაურდება გამეტების წარმოქმნისას ქრომოსომების ორჯერ შემცირებით, მაშინ მათი რიცხვი თაობიდან თაობამდე გაიზრდება, ამიტომ ყველა ორგანიზმისათვის,

რომელთაც ახასიათებთ სქესობრივი გზით გამრავლება, აუცილებელია ქრომოსომების განსხვავებული რიცხვითი ფაზების მორიგეობის აქტი, ე.ი. ჰაპლოფაზა-გამეტოფიტისა და დიპლოფაზა სპოროფიტისა.

მეიოზი შედგება ერთიმეორის თანმიმდევარი ორი დაყოფისაგან: რედუქციული, რომელსაც თან სდევს ქრომოსომების რიცხვის ორჯერ შემცირება და ეკვაციური, რომელიც ასევე მიმდინარეობს, როგორც ჩვეულებრივი მიტოზი. მეიოზის ციკლის თანმიმდევარ ფაზებს აღნიშნავენ: რედუქციულს I-ით, ხოლო ეკვაციურს II-ით.

მეიოზი იწყება რედუქციული დაყოფის პროფაზა I-ით. იგი შედგება ხუთი სტადიისაგან: ლეპტონემა, ზიგონემა, პაქინემა, დიპლონემა, დიაკინეზი.

ლ ე პ ტ ო ნ ე მ ა-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 პარალელეურად განლაგება.

ზ ი გ ო ნ ე მ ა-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. ზიგონემას დასასრულს იწყება ქრომოსომათა სპირალიზაცია.

პ ა ქ ი ნ ე მ ა-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 მეოხებით ხელსაყრელი პირობები იქმნება-შეჯვარებით თაობებში მიღებული იქნეს მრავალფეროვანი გენეტიკური მასალა.

დ ი პ ლ ო ნ ე მ ა-გრძელდება ქრომოსომების შემოკლება და გამსხვილება. ცენტრომერები იწყებენ უკუგდებას, ამ დროს ქრომატიდები, რომლებიც მთელ სიგრძეზეა 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.

დ ი ა კ ი ნ ე ზ ი-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 ელემენტია თითისტარა და ქრომოსომები ლაგდებიან თითისტარის 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- ჰომოლოგი ქრომოსომებისაგან შემდგარი ბივალენტები ცალკევდებიან, ერთმანეთს უბიძგებენ და სხვადასხვა პოლუსისაკენ მიემართებიან. ანაფაზურ ქრომოსომებს სხადასხვა ფორმა აქვთ, რაც დამოკიდებულია მათი ცენტრომერების მდგომარეობაზე. ანაფაზაში განშორების შემდეგ მდედრობით და მამრობით ქრომოსომათა შემადგენლობა განსხვავდება 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 პერიოდს ინტერკინეზი ეწოდება). 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. დიადის თითოეულ უჯრედში ქრომოსომების რიცხვი განსხვავებულია (ჰაპლოიდურია).

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 განერიდებიან საწინააღმდეგო პოლუსებისაკენ. ამ სტადიას ეწოდება ანაფაზა II.

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

ტელოფაზა II-ქრომოსომები დესპირალიზებულია, წარმოიქმნება შვილეული ბირთვები და ჩაისახება უჯრედული ტიხარი. ეს პროცესი დიადის ყოველ უჯრედში მიმდინარეობს სინქრონულად. ამრიგად, თითოეული მიკრო და მეგასპორის დედისეული უჯრედი. მეიოზის ორი დაყოფის შედეგად წარმოიქმნება ოთხი სპორა ქრომოსომების ჰაპლოიდური რიცხვით. ამას მეიოზის ტეტრადა ეწოდება.

გამრავლების ტიპები

ერთუჯრედიან და მრავალუჯრედიან ორგანიზმთა გამრავლების ყველა სახეს საფუძვლად უდევს უნივერსალური პროცესი-უჯრედის გაყოფა, რომლებიც

ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან. ვეგეტატიური გამრავლების დროს ერთი უჯრედი იყოფა ორ ან მეტ შვილეულ უჯრედად, რომელთაგან თითოეული მათგანი მთელი ორგანიზმის წამოქმნისუნარიანია. სქესობრივი გამრავლების დროს, როგორც წესი, გამეტები (სასქესო უჯრედები) განაყოფიერების შედეგად შეერთდებიან და საწყისს აძლევენ ერთ უჯრედს, რომელსაც ეწოდება ძიგოტა.

ყველა ცხოველს, მცენარეს და მიკროორგანიზმს, ახასიათებს გამრავლების ესა თუ ის ხერხი, ზოგიერთ ორგანიზმს სასიცოცხლო ციკლში აქვს გამრავლების ორივე ხერხი. ვეგეტატიურ გამრავლებას საფუძვლად უდევს უჯრედის გაყოფის პროცესი. ამის შედეგად წარმოშობილი ორგანიზმები მშობლების მსგავსნი არიან, ვეგეტატიური გამრავლება ხშირია მცენარეთა სამყაროში, ხოლო ცხოველთა და უმაღლეს მცენარეთა უმრავლესობა მრავლდება სქესობრივი გზით. სქესობრივი გამრავლება წარმოიშვა ევოლუციის შედეგად, როგორც რეპროდუქციის უმაღლესი ფორმა.

მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის წარმოქმნისას, წარმოიშვა აგრეთვე ქსოვილების სპეციალიზაცია, მაგ. სომატური ქსოვილები (კუნთოვანი, ნერვული, შემაერთებელი და სხვ.), მოხდა გამხოლოება სასქესო, ანუ გენერატიული ქსოვილის, სომატურმა ქსოვილებმა შეიძინეს სხვადსხვა ფიზიოლოგიური ფუნქცია, რომელიც უზრუნველყოფს ორგანიზმის ზრდას, განვითარებასა და ცხოველქმედებას.

სქესობრივი გამრავლება უფრო პროგრესულია და უფრო მეტი ხარისხით უზრუნველყოფს ორგანიზმთა შეგუებულობას გარემო პირობებისადმი, იზრდება შთამომავალთა რაოდენობა და მისი მემკვიდრული ცვალებადობა, რომელიც აადვილებს უფრო შეგუებული ფორმების შერჩევას. ვეგეტატიური გამრავლების დროს შთამომავალთა მემკვიდრული ნაირგვარობა შეზღუდულია, რადგან შთამომავალნი გენეტიკურად იდენტურებია.

სქესობრივი გამრავლების განსაკუთრებულ ფორმას წარმოადგენს პართენოგენეზი, ანუ ქალწულებრივი გამრავლება. პართენოგენეზის დროს ახალი ორგანიზმი წარმოიქმნება გაუნაყოფიერებელი კვერცხიდან. მცენარეებში ჩანასახი ვითარდება სასქესო უჯრედების შერწყმის გარეშე, გამრავლების ასეთ წესს ეწოდება აპომიქსისი.

მცენარეთა თაობების მორიგეობა

უმაღლეს მცენარეთა გამრავლებისას შეინიშნება სქესობრივი და უსქესო თაობათა მორიგეობა. მათი განვითარების ციკლი შედგება ორი ფაზისაგან: დიპლოიდური ანუ სპოროფიტის ფაზა და ჰაპლოიდური ანუ გამეტოფიტის ფაზა. დიპოლიდურ ფაზაში, უჯრედის ბირთვში ქრომოსომები ორჯერ მეტია (2n), ვიდრე ჰაპლოიდურში (n). დიპლოიდური ფაზა მოიცავს გამეტების შერწყმიდან მეიოზამდე განვითარებისას მთელ პერიოდს. ჰაპლოიდური ფაზა დაკავშირებულია მხოლოდ გამეტების არსებობასთან, ის გრძელდება მეიოზიდან გამეტების შეწყმამდე. ყველა უმაღლეს მცენარეებში და ზოგიერთ წყალმცენარეში და სოკოში დიპლოიდური ფაზა მოიცავს ძიგოტას და ყველა უჯრედს, რომელიც მისგან წარმოიშობა მიტოზის გზით. ჰაპოლოიდური ფაზა ამ მცენარეებში მოიცავს რეპროდუქტიული ორგანოების სპორების უჯრედებს, რომელიც წარმოშობილია მეიოზის შემდეგ და შემდეგ იყოფა მიტოზურად. დიპლოიდურ თაობას,

რომელიც წარმოქმნის სპორებს, ეწოდება სპოროფიტი, ხოლო ჰაპლოიდური, რომლის დროსაც წარმოიქმნება გამეტები-გამეტოფიტები.

ფარულთესლოვან მცენარეებში სასქესო უჯრედები (მიკროსპორები და მეგასპორები) წარმოიქმნება სამტვრეებში და ყვავილის თესლკვირტში. ყვავილის სამტვრეში მიკროსპორის წარმოქმნის პროცესს ეწოდება მიკროსპოროგენეზი, ხოლო ნასკვის თესლკვირტში მეგასპორის წარმოქმნას-მეგასპოროგენეზი.

მცენარეებში მიკროსპორის და მეგასპორის წარმოქმნით მთავრდება სპოროფიტის დიპლოიდური ფაზა და იწყება გამეტოფიტის ჰაპლოიდური ფაზა, რომელიც თავის მხრივ ახორციელებს სამტვრეებში მტვრის მარცვლების და ნასკვში ჩანასახის პარკის განვითარებას. მტვრის მარცვლიდან მამრობითი გამეტის (სპერმია) და ჩანასახის პარკში მდედრობითი გამეტის (კვერცხუჯრედის) ფორმირება მიმდინარეობს პროცესის შედეგად, რომელსაც გამეტოგენეზი ეწოდება.

მიკროსპოროგენეზი და მამრობითი გამეტოფიტის განვითარება

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

დედა უჯრედის გარსის გახსნამდე მიკროსპორის გარშემო წარმოქმნას იწყებს საკუთრო გარსი-ეკზინა (გარეთა) და ინტინა (შიგნითა) და მიკროსპორა მტვრის მარცვლად გადაიქცევა. მტვრის მარცვალი დასაწყისში სქელციტოპლაზმიანია: ბირთვი უჯრედის ცენტრშია და ნათლად არაა გამოსახული ვაკუოლიზაცია.

მტვრის მარცვლის შემდეგი ცვლილებები, რომლებიც იწვევენ მამრობითი გამეტის 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 თითისტარის ასიმეტრულობა 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, მსხვილი ბირთვისაგან და თხევადი ვაკუოლიზებული ციტოპლაზმით. მასში გვხვდება ამინოპლასტები, მიტოქონდრიები, გოლჯის კომპლექსი და დატოტვილი ენდოპლაზმური ბადე. 2. გენერაციული უჯრედი პატარა ზომისაა მკვრივი ბირთვით, მდიდარი Дნმ-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 ანაწყობით. ზოგიერთ ფარულთესლოვან მცენარეთა მამრობითი გამეტოფიტის გაფორმება მთავრდება სამტვრე მილში ზოგში-მტვრის მარცვალში. უფრო ხშირად სპერმების განვითარება, ე. წ. სპერმიოგენეზი მიმდინარეობს მტვრის მარცვლის გაღივებისას სამტვრე მილში.

მტვრის მარცვლის განვითარებაზე ძალიან მოქმედებს დაბალი ტემპერატურა, ჰაერის და ნიადაგის სიმშრალე, საკვები ბივთიერებების 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 თესლ-კვირტის 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 თესკვირტს, ზოგჯერ ინტერგუმენტები სრულიად არ ვითარდება.

ფარულთესლოვან მცენარეთა უმრავლესობის თესლკვირტის წვერთან ინტერგუმენტები ერთმანეთს არ ეკვრის და წარმოქმნიან მილს, რომელსაც თესლსავალი, ანუ მიკროპილე ეწოდება, საიდანაც შემდგომში თესლკვირტში და ჩანასახის პარკში ჩაიზრდება მტვრის მილი. თესლკვირტის ქვედა ნაწილი მიკრულია თესლის ყუნწზე, რომელსაც უწოდებენ ქალაძას.

ნუცელუსის ქსოვილის ერთ-ერთი ფენიდან ჩაისახება 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 გვაძლევს ოთხ მეგასპორას. ამ პორცესს მეგასპოროგენეზი ეწოდება.

მეგასპორის ოთხი უჯრედიდადნ სამი განიცდის სამჯერად მიტოზურ დაყოფას, საიდანაც ჩანასახის პარკში მიიღება ჯერ ორი, შემდეგ ოთხი და რვა ბირთვი. 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. ქალაძურ ნაწილში მოთავსებულ ოთხ უჯრედს ეწოდება ანტიპოდები. აქედან ერთი ანტიპოდი გადაინაცვლებს ჩანასახის პარკის ცენტრისაკენ, ხოლო დარჩენილი სამი ზოგიერთ მცენარეში განიცდის დაყოფას და მიიღება ექვსი, თორმეტი, ოცდათორმეტი ან მეტი ანტიპოდი.

პოლარული ბირთვები ერთმანეთს ერწყმიან 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 ეტაპებისაგან: 1. დამტვერიანება; 2. მტვრის მილის გაღივება; 3. გამეტების შერწყმა (განსაკუთრებით რთულია გამეტების შერწყმა).

მტვრიანების მომწიფების შემდეგ, სამტვრე პარკი სკდება და მტვრის მარცვლები ეყრება ბუტკოს დინგს. ამ უკანასკნელზე მტვრის მარცვლების დამაგრება ხდება ეკზინას საშუალებით. დინგი დანაკვთული ან ამობურცულია, რომელზედაც გაბნეულია ჯირკვლოვანი ბეწვები და გამოყოფენ მტვრის დამამაგრებელ მწებავ ნივთიერებას (სეკრეტორს). ამის გამო 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 გაივლის მიკროპილეს; მეზოგამია, 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, ჩაეღვრება 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 nX სპერმა n= ზიგოტა 2n), ხოლო ცენტრალური უჯრედის ბირთვის განაყოფიერებით მიიღება ენდოსპერმი, სადაც ქრომოსომული ანაწყობი ტრიპლოიდურია (სინერგიდი n+ ანტიპოდი n X სპერმა n= ენდოსპერმი 3n).

ორმაგი განაყოფიერება ახასიათებს ფარულთესლოვან მცენარეთა ყველა სისტემატიკურ ჯგუფს.

თავი III

მემკვიდრული კანონზომიერებანი შიდასახეობრივი შეჯვარების დროს

უხსოვარი დროიდან აინტერესებდათ ადამიანებს მემკვიდრული კანონზომიერებანი. ყოველი ცოცხალი ორგანიზმი აღჭურვილია თვისებით-გადასცეს მომდევნო თაობას წინაპრებისაგან მიღებული ნიშან-თვისებები და განვითარების სპეციფიკური თავისებურებანი ფილოსოფოს თეოფრასტეს, ჯერ კიდევ ჩვენს წელთაღიცხვამდე აოცებდა თუ როგორ ხდება ის, რომ ქერს დავთესავთ და ქერი ამოდის. დარვინი მემკვიდრეობას ბუნების საოცრებას უწოდებდა.

მემკვიდრეობის ძირითად კანონზომიერებათა შესწავლის პირველი ცდები დაკავშირებულია ჩეხ მეცნიერთან გრეგორ მენდელთან. გ. მენდელმა კვლევის ობიექტად აირჩია ბარდა და 1856 წლიდან 1863 წლამდე აწარმოებდა ცალკეული, მკვეთრად განსხვავებული (ალტერნატიული) ნიშნების მემკვიდრეობის შესწავლას.

გენეტიკური ანალიზის მეთოდი

გენეტიკური ანალიზი ნიშნავს მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის კანონზომიერებათა დადგენას ისეთ ჰიბრიდებში, რომლებიც მიღებულია მკვეთრად განსხვავებული მემკვიდრეობითი ნიშნების მქონე მშობლების შეჯვარებით. მცენარეთა და ცხოველთა მემკვიდრეობით განსხვავებული ორგანიზმების შეჯვარებით ვღებულობთ ჰიბრიდულ ორგანიზმს, ანუ ჰიბრიდს (ჰიბრიდი ნიშნავს ნარევს). გენეტიკური ანალიზი, რომელიც მენდელმა შეავსო მემკვიდრულ კანონზომიერებათა შესწავლის შედეგად, თანამედროვე გენეტიკის ერთ-ერთი ძირითადი და 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 ყვავილი, მრგვალი და დანაოჭებული მარცვლის ზედაპირი, ფხიანი და უფხო ხორბალი, მაღალი და დაბალი და სხვ.

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 ორი-სამი 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 ♂(მარსის ფარი და შუბი), შეჯვარებას X, ჰიბრიდულ თაობას ასოთი-F (filialis-შვილეული), თაობათა მორიგეობას–ციფრ-ინდექსით, მაგ: F_1 პირველი თაობა, F_2 მეორე თაობა და ა.შ.

მონოჰიბრიდული შეჯვარება

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

მენდელი სწავლობდა რა აღნიშნულ მოვლენას, შენიშანა, რომ ყვავილის წითელი ფერი პირველ თაობაში გამოვლინდა, ხოლო თეთრი არა. ნიშანს, რომელიც გამოვლინდა, გაბატონებული ანუ დომინანტური უწოდა, ხოლო რომელიც ჩაიხშო რეცესიული. დომინანტური ნიშანი აღინიშნება-A ასოთი, ხოლო რეცესიული–a ასოთი. პირველი თაობის მცენარეთა თვითდამტვერვით მეორე თაობაში მენდელმა ნახა, რომ მცენარეებს ჰქონდათ როგორც წითელი ისე თეთრი შეფერვის ყვავილები. გამოიანგარიშა რა ფერთა გამომჟღავნების გენეტიკური ძალა, ყოველ სამ წითელ

ყვავილზე მოდიოდა ერთი წილი თეთრი ყვავილებისა, ყოველივე ზემოთ აღნიშნული შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად: $♀\frac{AA}{A} \times ♂\frac{aa}{a} \rightarrow Aa \quad F_1$

მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მიიღება Aa X Aa, გამეტები იქნება A და a. მივმართოთ პენეტის ცხრილს (ცხრ. 1). პენეტის ცხრილში ერთ მხარეს იწერება დედის გამეტები, მეორე მხარეს მამის გამეტები.

ც ხ რ ი ლ ი 1

♀	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa
♂		

ცხრილიდან ჩანს, რომ სამი წილი მცენარეებისა (AA, 1Aa, 1aA) 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 შეფერვა, მარცვლის გლუვი და დანაოჭებული ზედაპირი და სხვ. 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-დონინანტური ნიშნით (A), ხოლო თეთრი რეცესიული (a). ჰიბრიდში გამეტები ერთმანეთს კი არ შეერევიან, არამედ შეერწყმიან და თაობებში ხალასად გამოვლინდებიან. პირველი თაობის მცენარეებში თეთრი შეფერვა კი არ დაიკარგა, არამედ შეინახა და მეორე თაობაში გამოვლინდა ისეთივე სახით, როგორიც იყო მშობელ ფორმაში. ექსპრიმენტული მონაცემებით დღეს 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, ნახა, რომ ყოველ სამ წილ წითელყვავილიან მცენარეზე მოდიოდა ერთი წილი თეთრყვავილიანი მცენარე, ე. ი. დათიშვა შეესაბამება3:1-ს. აღნიშნული დათიშვა ჩატარებულია გარეგნული შეხედულების მიხედვით, მაგარამ ცხრილიდან ჩანს, რომ წითელყვავილიან მცენარეთა შორის არის განსხვავებაც (Aa ან AA), ე. ი. შინაგანი ბუნებით ეს ორგანიზმები განსხვავებულია. იმისათვის, რომ განვასხვავოთ მცენარეთა გარეგანი და შინაგანი ბუნება, შემოღებულია ტერმინები-გენოტიპი და ფენოტიპი.

გ ე ნ ო ტ ი პ ი ორგანიზმის შინაგან ნიშან-თვისებათა (ქრომოსომათა) ერთობლიობაა, რომელიც მას განსაზღვრავს.

ფ ე ნ ო ტ ი პ ი ეს არის ორგანიზმის გარეგნული შეხედულება ამ მომენტში, რომელიც განპირობებულია გენოტიპით და გარემო პირობების ურთიერთგავლენით (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 ისეთსავე 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.

ჰ ე ტ ე რ ო ზ ი გ ო ტ უ ლ ი ისეთი ორგანიზმია, რომელიც განსხვავებული ქრომოსომული ანაწყობით ხასიათდება და თაობაში დაითიშება (მაგ. Aa).

ჰ ო მ ო ზ ი გ ო ტ უ რ ი 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 სამემკვიდრეო ფაქტორებით (გენებით) და გადაეცემა თაობას სასქესო უჯრედების მეშვეობით. 2. ნიშნები კი არ იკარგება, არამედ ინახება და შემდგომ თაობებში გამოვლინდება ისეთივე სახით, როგორიც იყო მშობელ ფორმებში.

რეციპროკნული, მაანალიზირებელი და აღმავალი შეჯვარება

მონოჰიბრიდული შეჯვარების დროს წითელყვავილიან ორგანიზმს ვიღებთ მდედრად, ხოლო თეთრყვავილიანს-მამრად, ასეთ შეჯვარებას ეწოდება პირდაპირი, თუ მშობლებს შეუცვლით ადგილს დათეთრყვავილიანს ავიღებთ მდედრად, ხოლო წითელყვავილიანს-მამრად, მივიღებთ შებრუნებულ შეჯვარებას. ორივე შეჯვარებას ერთად ეწოდება რეციპროკნული ნაჯვარი.

♀AA+♂aa პირდაპირი

♀aa+♂AA შებრუნებული რეციპროკნული

თანამდროვე 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 და ძიგოტას ფორმირება ხდება დედა ორგანიზმში.

თუ პირველი თაობის ჰიბრიდულ ფორმას შევუჯვარებთ რეცესიული ნიშნის მატარებელ მშობელს, მივიღებთ მაანალიზებელ (ანალიზურ) შეჯვარებას (AaXaa მაანალიზებელი შეჯვარება) (ცხრ. 2).

ც ხ რ ი ლ ი 2

♀	A	a	
a	Aa	aa	2:2
a	Aa	aa	1:1
♂			

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

თუ პირველი თაობის ჰიბრიდულ მცენარეს შევუჯვარებთ დომინანტური ნიშნის მატარებელ მშობელს, მივიღებთ აღმავალ, ანუ ბეკროსულ შეჯვარებას (AaXAA ბეკროსი) (ცხრ.3).

ც ხ რ ი ლ ი 3

♀	A	a
A	AA	Aa
A	AA	Aa

♂

4:0

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

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, გლუვი და დანაოჭებული ფორმა, ყვითელი ფერი დომინანტურია (A), ხოლო მწვანე (a). ასევე, მარცვლის გლუვი ზედაპირი დომინანტურია (B), ხოლო დანაოჭებული-რეცესიული (b). მშობელი ფორმები შეიძლება ჩავწეროთ: AABB და aabb. შეჯვარებით პირველ თაობაში მივიღებთ:

$$\frac{AABB}{AB} X \frac{aabb}{ab} \rightarrow AaBb \quad \text{ყვითელი და გლუვი}$$

მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მივიღებთ AaBbXAaBb.

გამოვწეროთ გამეტები. გამეტა ისე უნდა გამოიწეროს, რომ ყველა ნიშანი შედიოდეს ქრომოსომების ჰაპლოიდური ანაწყობით. მაშინ დედის გამეტები იქნება: AB;Ab, aB;ab. მამის გამეტები იგივეა, რადგან გვაქვს თვითდამტვერვა. ვნახოთ პენეტის ცხრილი (ცხრ.4).

ც ხ რ ი ლ ი 4

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 თორმეტ 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. (ნახ.1)

ნახ.1 დიჰიბრიდული შეჯვარების დროს გენების დამოუკიდებელი განაწილება

ტრიჰიბრიდული და პოლიჰიბრიდული შეჯვარება

ცხრილი 5

	ABC	ABc	AbC	Abc	aBC	aBc	abC	abc
ABC	AABBCC	AABBCc	AABbCC	AABbCc	AaBBCC	AaBBCc	AaBbCC	AaBbCc
ABc	AABBCc	AABBcc	AABbCc	AABbcc	AaBBCc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc
AbC	AABbCC	AABbCc	AAbbCC	AAbbCc	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc
Abc	AABbCc	AABbcc	AAbbCc	AAbbcc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	Aabbcc
aBC	AaBBCC	AaBBCc	AaBbCC	AaBbCc	aaBBCC	aaBBCc	aaBbCC	AaBbCc

aBc	AaBBCc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc	aaBBCc	aaBBcc	aaBbCc	aaBbcc
abC	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc	aaBbCC	aaBbCc	aabbCC	aabbCc
abc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	AabbCC	aaBbCc	aaBbcc	aabbCc	aabbcc

ტრიჰიბრიდული ისეთი შეჯვარებაა, როცა მშობელ ფორმებში საანალიზოდ ვიღებთ სამ ნიშანს (A, B, C და a,b,c). მშობლები ჩაიწერება AABBCC და aabbcc. შეჯვარებით მივიღებთ

$$\frac{AABBCC}{ABC} X \frac{aabbcc}{abc} \rightarrow AaBbCc$$

მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მივიღებთ

AaBbCcXAaBbCc

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 (ცხრ.5)

ABC;ABc;AbC;Abc;aBC;aBc;abc;abc;

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მეორე თაობაში ფენოტიპის მიხედვით შეიძლება განვასხვავოთ მცენარეები დომინანტური ნიშნებით 27-A,B,C; 9-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 1:2:1:1:1:2:4:2:2:4:2:1:2:1:2:1:1:1:2:1:2:4:2:1:2:1 ე. ი სულ ვღებულობთ 27 კლასს.

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

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 გამოიყენებენ X^2 მნიშვნელობას, რომელიც პირველად გამოიყენა ინგლისელმა სატატისტიკოსმა კ. ფირსონმა. X^2-ით (ხი კვადრატი) ადგენენ შეესაბამება თუ არა მიღებული დათიშვა თეორიულად მოსალოდნელ შეფარდებას. მას ანგარიშობენ ფორმულით:

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

სადაც d^2 –გადახრის კვადრატია თეორიულად მოსალოდნელი დათიშვიდან ცალკეული ფენოტიპის მიხედვით. q-თეორიულად მოსალოდნელი დათიშვის რიცხვი, $\sum$ - შეჯამების ნიშანი. ხი-კვადრატის გასაანგარიშებლად საჭიროა (ცხრ.6).

1. ყოველი ფენოტიპის მიხედვით გავიგოთ განსხვავება თეორიულ და მიღებულ მაჩვენებლებს შორის (P-q) და გამოვიანგარიშოთ სიხშირე d;
2. განსხვავების მიღება და მისი აყვანა კვადრატში ყველა ფენოტიპური კლასის მიხედვით;
3. შევაჯამოთ ყველა ფენოტიპური კლასის მიხედვით შეფარდება $\frac{d^2}{q}$

ცხრილი 6

მეორე თაობის მცენარეთა დათიშვის ანალიზი მონოჰიბრიდული შეჯვარების დროს

მ ო ნ ა ც ე მ ე ბ ი	მცენარეები უფხო თავთავებით	მცენარეები ფხიანი თავთავებით	ჯამი
ექსპერიმენტულად მიღებული	395	125	520
თეორიულად მოსალოდნელი (q)	390	130	520
თეორიულიდან ექსპერიმენტალებად მიღებული მონაცემების გადახრა (d)	+5	-5	0
გადახრის კვადრატი (d^2)	25	25	–
შეფარდება გადახრის კვადრატისა თეორიულად მოსალოდნელი დათიშვიდან $\frac{d^2}{q}$	$\frac{25}{395}=0,063$	$\frac{25}{125}=0,2$	0,263

ცხრილიდან ჩანს, რომ $X^2=\sum \frac{d^2}{q}=0,063+0,2=0,263$ თუ $\sum (p-q)=0$ 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 მირებული რ. ფიშერის ცხრილის მიხედვით (ცხრ.7).

ცხრილი 7

ხი-კვადრატის სტანდარტული მაჩვენებლები რ. ფიშერის მიხედვით

df	დამაჯერებლობა (p)		
	0,05	0,01	0,001
1	3,84	6,63	10,83

2	5,99	9,21	13,82
3	7,81	11,34	16,27
4	9,49	13,28	18,47
5	11,07	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=0,263, როცა df ტოლია 1-ის შეადგენს 3,84-ს, p=0,05, 6,63 მნიშვნელობით-p=0,01. აქედან გამომდინარე, რაკი X^2=0,6=264 ნაკლებია სტანდარტულ მაჩვენებელზე, მიღებული დათიშვა შეესაბამება 3:1-ს.

გენთა ურთიერთქმედება

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

წითელი და თეთრკენკრიანი მარწყვის ან წითელი და თეთრი ვარდის შეჯვარების დროს ხშირად პირველ თაობაში ღებულობენ ვარდისფერ შეფერვას. მეორე თაობაში ჰომოზიგოტური მცენარეები (AA და aa) იქნება წითელი და თეთრი შეფერვის, ხოლო ჰეტეროზიგოტული მცენარეები (Aa) ვარდისფერი, ე. ი. ფენოტიპური დათიშვა იქნება 1:2:1. გენოტიპური დათიშვა არ შეიცვლება და იქნება 1:2:1. არასრული დომინირება უფრო ხშირად ხდება ალელურ გენებს შორის. ალელური ისეთი გენებია, რომლებიც ჰომოლოგიური ქრომოსომის ერთსა და იმავე ლოკუსში მდებარეობენ.

გენთა ურთიერთქმედების შემთხვევები უფრო ხშირად ხდება არაალელურ გენებს შორის. არაალელური ისეთი გენებია, რომლებიც ჰომოლოგიური ქრომოსომების განსხვავებულ ლოკუსებში მდებარეობენ (AAbb ან aaBB). ყველაზე მეტად გავრცელებულია კომპლემენტარობა, ეპისტაზი და პოლიმერია.

გენთა კომპლემენტარული ურთიერთქმედება

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

AAbb X aaBB→AaBb

თეთრი თეთრი წითელი

მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მივიღებთ:

AaBb X AaBb

მივმართოთ პენეტის ცხრილს (ცხრ.8)

	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 ცხრა ნაწილი მცენარეებისა ატარებს ორივე დომინანტურ (A და B) ნიშანს და ამიტომ წითელი შეფერვისაა, ხოლო შვიდი ნაწილი წარმოდგენილია თითო დომინანტური ნიშნით ან ორმაგი რეცესივებით და ამიტომ თეთრყვავილიანია. გენების კომპლემენტარული ურთიერთქმედების დროს ფენოტიპური დათიშვა იქნება 9:7-თან. მენდელის კანონებით ამ მოვლენის ახსნა არ შეიძლება. აღნიშნული შემთხვევა გამოთიშავს გენების დამოუკიდებელ განაწილებას და მიუთითებს გენების ერთდროულ მოქმედებაზე, რომელზეც საუბარი იქმნება 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 ან B) და 1/16 ველური ფორმის მსგავსი, წაგრძელებული (a,b). შემთხვევას, როცა კომპლემენტარული ურთიერთქმედების დროს ვღებულობთ ველური ფორმისათვის დამახასიათებელ ნიშნებს ეწოდება რევერსია.

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 (Ne_1+Ne_2) და ჰიბრიდული ქლოროზის (Ch1+Ch_2) კომპლემენტარული გენები.

ცნობილია, რომ ხორბალი მახა ატარებს ჰიბრიდული ნეკროზის დომინანტურ არაალელურ Ne_1 გენს, მისი შეჯვარებით რბილი ხორბლის ჯიშ თბილისურ 5-თან პირველ თაობაში მიიღება დაავადებული მცენარეები. მშობელი ფორმები ჩაიწერება შემდეგნაირად:

მახა Ne_1 Ne_1 ne_2+ne_2; თბილისური-5 ne_1 ne_2 Ne_2 Ne_2 შეჯვარებით მივიღებთ:

Ne_1Ne_1 ne_2ne_2 Xne_1+ne_1 Ne_2Ne_2→ Ne_1ne_2 Ne_2ne_2

ნორმალური ნორმალური დაავადებული

თვითდამტვერვით მეორე თაობაში მივიღებთ:

Ne_1ne_1 Ne_2ne_2 +Ne_1+ne_1 Ne_2ne_2

გამოვწეროთ გამეტები: Ne_1Ne_2; Ne_1ne_2 ; ne_1Ne_2; ne_1ne_2;

მივმართოთ პენეტის ცხრილს (ცხრ.9).

ცხრილი 9

	Ne_1Ne_2	Ne_1ne_2	ne_1Ne_2	ne_1ne_2
Ne_1Ne_2	Ne_1Ne_1 Ne_2Ne_2 დაავადებული	$Ne_1Ne_1Ne_1ne_2$ დაავადებული	Ne_1ne_1 Ne_2Ne_2 დაავადებული	Ne_1ne_1 Ne_2ne_2 დაავადებული
Ne_1ne_2	Ne_1Ne_1 Ne_2ne_2 დაავადებული	Ne_1Ne_1 ne_2ne_2 ნორმალური	Ne_1ne_1 Ne_2ne_2 დაავადებული	Ne_1ne_1 ne_2ne_2 ნორმალური
ne_1Ne_2	Ne_1ne_1 Ne_2Ne_2 დაავადებული	Ne_1ne_1 Ne_2ne_2 დაავადებული	ne_1ne_1 Ne_2Ne_2 ნორმალური	ne_1ne_1 Ne_2ne_2 ნორმალური
ne_1ne_2	Ne_1ne_1 Ne_2ne_2 დაავადებული	Ne_1ne_1 ne_2ne_2 ნორმალური	ne_1ne_1 Ne_2ne_2 ნორმალური	ne_1ne_1 ne_2ne_2 ნორმალური

ცხრილიდან ჩანს, რომ ცხრა ნაწილი მცენარეებისა წარმოდგენილია Ne_1 +Ne_2 დომინანტური გენით და დაავადებულია, ხოლო შვიდი ნაწილი ატარებს ერთ დომინანტურ გენს (Ne_1 ან Ne_2) ან ორმაგ რეცესივს (ne_1+ne_2) და ნორმალურია, დათიშვა შეესაბამება 9:7.

ჰიბრიდული ნეკროზის და ქლოროზის გენების ურთიერთმოქმედების დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ რამდენი დომინანტური გენია ზიგოტაში. თუ ზიგოტაში ოთხი დომინანტური გენია (Ne_1 Ne_1 Ne_2 Ne_2), მაშინ მცენარეებში დაავადება ძლიერად ვლინდება და ეწოდება ოთხდოზიანი. სამი დომინანტური გენის მატარებელი (Ne_1ne_1 Ne_1Ne_1 Ne_2ne_2 ან Ne_1ne_1 Ne_2Ne_2) სამდოზიანია,და დაავადებაც ნაკლები ხარისხით ვლინდება, ორი დომინანტური ნიშნით (Ne_1ne_1 Ne_2ne_2) წარმოდგენილი ორგანიზმი ორდოზიანია და დაავადება კიდევ უფრო ნაკლებად ვლინდება. დოზების მიხედვით დათიშვა იქნება: ოთხდოზიანი-1, სამდოზიანი-4, ორდოზიანი-2.

ასეთსავე 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 AAbbXaaBB→AaBb.

მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მივიღებთ (AaBbXAaBb) (ცხრ. 10).

ცხრილი 10

	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

ცხრილიდან ჩანს, რომ თორმეტი ნაწილი 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 ერთი ნაწილი თეთრკილიანია (aabb). გენთა ეპისტაზური ზემოქმედების დროს დათიშვა არის 12:3:1.

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

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

პოლიმერია

ხშირია შემთხვევები, როდესაც ერთი ნიშნის განვითარებას ემსახურება ორი ან მეტი გენი. არაალელურ ან ალელურ გენთა ისეთ მოქმედებას, როდესაც ერთი ნიშნის განვითარებას ემსახურება ორი ან მეტი გენი, ეწოდება გენთა მრავლობითი მოქმედება, ანუ პოლიმერია.

შვედი მევნიერი ნილსონ-ელე, რომელიც აჯვარებდა წითელ და თეთრმარცვლიან ხორბალს, მეორე თაობაში ღებულობდა დათიშვას 15:1. შეფერვაზე მოქმედი გენი ავღნიშნოთ A ასოთი, ხოლო მათი რაოდენობა ინდექსით A_1 და A_2. მაშინ წითელმარცვლიანი მშობლის გენოტიპი იქნება $A_1A_1A_2A_2$, თეთრმარცვლიანის $a_1a_1a_2a_2$. შეჯვარებით მივიღებთ:

$$A_1\ A_1\ A_2\ A_2\ X\ \ a_1\ a_1\ a_2\ a_2 \rightarrow A_1\ a_1\ A_2\ a_2$$

მუქი წითელი თეთრი ღია წითელი

მეორე თაობაში თვითდამტვერვით მიიღება: $A_1a_1A_2a_2$ X $A_1a_1A_2a_2$. (ცხრ. 11).

ცხრილი 11

	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$ წითელი	$A_1A_1A_2a_2$ წითელი	$A_1a_1A_2A_2$ წითელი	$A_1a_1A_2a_2$ წითელი
A_1a_2	$A_1A_1A_2a_2$ წითელი	$A_1A_1a_2a_2$ წითელი	$A_{11}A_2a_2$ წითელი	$A_1a_1a_2a_2$ წითელი

a_1A_2	$A_1a_1A_2A_2$ წითელი	$A_1a_1A_2a_2$ წითელი	$a_1a_1A_2A_2$ წითელი	$a_1a_1A_2a_2$ წითელი
a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$ წითელი	$A_1a_1a_2a_2$ წითელი	$a_1a_1A_2a_2$ წითელი	$a_1a_1a_2a_2$ თეთრი

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ 15 ზიგოტა შეიცავს დომინანტურ გენს და ამიტომ წითელი შეფერვის მარცვალი ვითარდება. ერთი ნაწილი $a_1a_1a_2a_2$ ატარებს ყველა რეცესიულ გენს და თეთრმარცვლიანია.

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

პოლიმერული გენები ხშირად ხასიათდებიან დაგროვების უნარით. გენებს, რომელთა ერთად მოხვედრა იწვევს ნიშნის გაძლიერებას, ეწოდება გენი–კუმულატორები. ამის გამო ის ორგანიზმი, რომელიც ოთხივე დომინანტურ გენს შეიცავს ($A_1A_1A_2a_2$) მუქი წითელი შეფერვისაა, რომელიც სამს ($A_1A_1A_1a_2$ ან $A_1a_1A_2A_2$ –წითელია, რომელიც ორს ($A_1a_1A_2a_2$) –ღია წითელია, ხოლო ერთგენიანი ($A_1a_1a_2a_2$ ან $a_1a_1A_2a_2$) - გარდამავალი წითელი.

გენებს, რომლებიც გავლენას ახდენდნენ სხვა ბიშნების განვითარებაზე, ეწოდებათ ოლიგენები. ამათგან, 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. პოლიმერის ტიპით მემკვიდრეობს ისეთი ნიშან-თვისებები, როგორიცაა მცენარის სიმაღლე, სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა, ცილის ხარისხი, ბიოქიმიური რეაქციების სისწრაფე და სხვ.

თავი IV

მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორია

XX საუკუნის დასაწყისში ჩამოყალიბდა მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორია, რომელიც წარმოადგენს გენეტიკის ქვაკუთხედს. მისი ფუძემდებელია თომას ჰანს მორგანი. მორგანმა ისე, როგორც მენდელმა სწორად შეარჩია კვლევის ობიექტი, ხილის ბუზი-დროზოფილა (Drosophila melanogadter).

1883 წელს ე. ბენედენმა წამოაყენა წინადადება იმის შესახებ, რომ რედუქციული დაყოფის დროს, გამეტოგენეზის პროცესში იყოფა დედისეული და მამისეული ქრომოსომები. უფრო მოგვიანებით დადგინდა ქრომოსომების მუდმივობა და ინდივიდუალობა სახეობების მიხედვით. ა. ვეისმანის მიერ დადგინდა, რომ მემკვიდრეობის მატერიალურ მატარებელს წარმოადგენს ქრომოსომები. უ. სეტონმა (1902-1903 წწ.) დაასაბუთა, რომ რედუქციული დაყოფის დროს ქრომოსომის ქცევა განსაზღვრავს ახალი ნიშან-თვისებების დამოუკიდებელ განვითარებას.

როგორც მენდელის III კანონიდანაა ცნობილი, ნიშნები და თვისებები დამოუკიდებლად მემკვიდრეობენ. თუ დაუშვებთ, რომ გენები ლოკალიზებულია ქრომოსომებში, მაშინ გენები და ქრომოსომები ტოლი უნდა იყოს. ინდივიდში გენები

ბევრია, ქრომოსომები კი განსაზღვრულია. აქედან გამომდინარე, გენთა დამოუკიდებელი მემკვიდრეობის გარდა უნდა არსებობდეს გენთა შეჭიდული მოქმედებაც, სწორედ ამიტომ გ. მენდელის III კანონი ყოველთვის არ არის სამართლიანი.

1906 წელს პენეტმა და ბეტსონმა პირველებმა აღმოაჩინეს გადახრა მენდელისეული დათიშვისაგან (ცდები ტარდებოდა სუნიან ბარდაზე), მაგრამ მიღებული შედეგი ვერ ახსნეს.

1910 წლიდან მორგანმა თავის ლაბორატორიაში ჩატარებული ცდებით შეძლო აეხსნა ცვალებადობის კანონზომიერებანი და ახალ დონეზე აეყვანა მეცნიერება ქრომოსომების, როგორც მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებლების შესახებ.

სქესის განსაზღვრის ქრომოსომული თეორია

ჩვეულებრივ, ორგანიზმთა დაყოფა ორი სხვადასხვა სქესის მიხედვით განპირობებულია გენოტიპურად. ზოგიერთ შემთხვევაში სქესის განსაზღვრა ხდება მხოლოდ გარემოს გავლენასთან დაკავშირებით. ასეთი შემთხვევა ცნობილია მცენარე Azisacmajaponica-ში, რომელშიც სქესის განმსაზღვრელია ბოლქვების წონა. ყველაზე დიდი და მდიდარი საკვები ნივთიერებებით ტუბერები იძლევა მცენარეებს მდედრობითი ყვავილებით, ხოლო ფშუტი (უსუსური) ტუბერები იძლევა მხოლოდ მცენარეებს მამრობითი ყვავილებით.

1891 წ. ჰენკინგმა აღმოაჩინა, რომ რედუქციული გაყოფის დროს ხდება სხვადასხვა ქრომოსომიანი გამეტების წარმოშობა, რომლის მნიშვნელობა გაურკვეველი რჩებოდა, ვიდრე 1902 წელს მაკ-კლუნგმა არ წამოაყენა აზრი, რომ ეს ერთი ზედმეტი ქრომოსომა დაკავშირებულია სქესთან. მას შემდეგ ავტორის ჰიპოთეზის საფუძველზე მას ეწოდა სასქესო ქრომოსომა (X), ხოლო დანარჩენ ქრომოსომებს კომპლექტში- აუტოსომები.

დღეისათვის მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორიის მიხედვით დადგენილია, რომ სქესი განისაზღვრება განაყოფიერების მომენტში (ცხრ.12).

არსებობს ქრომოსომებით სქესის განსაზღვრის ოთხი ძირითადი ტიპი.

ისეთ სომატურ უჯრედს, რომელშიც ერთნაირი სასქესო ქრომოსომებია ეწოდება ჰომოგამეტური (XX), ხოლო სომატურ უჯრედს სადაც განსხვავებული სასქესო ქრომოსომაა, ეწოდება ჰეტეროგამეტური (xy).

პირველად სასქესო ქრომოსომები მცენარეებში აღმოჩენილი იყო ალენის მიერ 1917 წ. ღვიძლის ხავსში. აღმოჩნდა, რომ მამრობით მცენარეს აქვს 7 ჩვეულებრივი ქრომოსომა და ერთი პატარა წერტილისებრი y-ქრომოსომა, ხოლო მდედრობითს -7 ისეთივე ქრომოსომა და ერთი გრძელი x-ქრომოსომა. განაყოფიერებისას სპოროფიტს აქვს 14+ x+y. მეიოზის შედეგად განვითარდებიან შესაბამისად 7A+x მდედრობითი და 7A+y მამრობითი გამეტები.

ცხრილი 12

სქესის განსაზღვრის ტიპი	ორგანიზმები	სომატური უჯრედი		გამეტები		სქესი ჰეტერო-გამეტა
		♀	♂	სპერმა-ტოზოიდი	კვერცხ-უჯრედი	

xy	ადამიანი, ძუძუმწოვარი ცხოველები, დროზოფილა და მრავალი სხვა სახეობები	xx	xy	x და y	x და x	მამრობითი
xy	ფრინველები, პეპლები	xy	xx	x და x	x და y	მდედრობითი
xo	კალია, ბაღლინჯო	xx	xo	x და o	x და x	მამრობითი
xo	ქინქლა	xo	xx	x და x	x და o	მდედრობითი

სასქესო ქრომოსომები აღმოჩენილია ორლებნიან მცენარებშიც: ვაზში, კანაფში. დროზოფილასაგან განსხვავებით y ქრომოსომა იჩენს ძლიერი მამრობითობის ტენდენციას. გარდა ამისა ორლებნიან მცენარეებში აღმოჩენილია ფორმები, რომელშიც სასქესო ქრომოსომების გამორჩევა არ ხერხდება. სოკოებში და ზოგიერთ ორბინიან მცენარეებში არის შუალედური ფორმები მამრობით და მდედრობით მცენარეებს შორის. ამ შემთხვევაში სქესის განსაზღვრა უფრო რთულია, რადგან მისი მექანიზმი ჯერ კიდევ სრულად გარკვეული არაა.

სქესის ბალანსური თეორია

შემდგომი დროის გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ სქესის განსაზღვრა დამოკიდებულია როგორც სასქესო ქრომოსომებზე, ასევე აუტოსომებზეც. უკეთ რომ ვთქვათ, სასქესო ქრომოსომებსა და აუტოსომების შეფარდებაზე. კ. ბრიდჯესის თეორიის თანახმად (1922) მდედრობითი ტენდენციის გენები დროზოფილაში ლოკალიზებულია x-ქრომოსომაში, მამრობითის კი აუტოსომაში. ასე მაგალითად: x:A=1 წარმოადგენს დედლებს (ქრომოსომების რიცხვის მიუხედავად). x:2A=0,5 იძლევა მამრებს, ბალანსი 1-დან 0,5-მდე ინტერსექსებია. შეფარდება 1-ს ზევით მიიღება ზედედლები, ხოლო 0,5-ს ქვევით –ზემამლები. ეს ფორმები ლიტერატურაში ცნობილია, როგორც სუპერსექსები. სქესის განსაზღვრის ბალანსური თეორია გამოიყენება არა მარტო ცხოველებისათვის, არამედ უმაღლესი მცენარეებისათვისაც. სქესის დიფერენციაციის ფაქტორია ჰორმონები, ამიტომ მათი შესწავლა გენეტიკის მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს.

სქესის მიხედვით დათიშვა ძირითადად მიმდინარეობს შეფარდებით 1:1, ჩვეულებრივი ანალიზური შეჯვარების შედეგად (AAxaa) XXxXy დათიშვა ასეთია;

	X	X
X	XX	XX
y	Xy	Xy

2XX:Xy
1:1

სქესის ხელოვნური ცვლილებები

ქრომოსომული თეორიის განვითარებამ მეცნიერების წინაშე დააყენა სქესის შეცვლის საკითხი და სცადა ხელოვნურად საჭირო სქესის მიღება როგორც

მცენარეებში, ისე ცხოველებში. ჯერჯერობით პრაქტიკული მნიშვნელობის საკითხები გადაწყვეტილია მხოლოდ მეცხოველეობაში.

მეფრინველეობაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დედლების და მამლების მიღებას, რადაგან იქ, სადაც საკვერცხე მიმართულებაა, სასურველია მივიღოთ დედლები, ხოლო სადაც სახორცე მიმართულებაა–მამლები. ასეთივე პრობლემის წინაშე დგას მესაქონლეობა. სარძევე მიმართულების მეურნეობებში სასურველია მივიღოთ ძროხები, სადაც სახორცე მიმართულების მეურნეობებში-ხარები, რადგანაც საკვების გამოყენების კოეფიციენტი ამ უკანასკნელში უფრო მაღალია.

ვ. სტრუნიკოვის და ლ. გულამოვის მიერ დამუშავებული იქნა აბრეშუმის ჭიაში სქესის რეგულირების საკითხი. რენტგენის სხივების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა ხელოვნურად ვაწარმოოთ მამრებისა და მდედრების მიღება. ამან შესაძლებლობა მოგვცა აბრეშუმის ძაფის წარმოება გაზრდილიყო 30%-ით, ცნობილია, რომ მდედრი აბრეშუმის ჭია 1/3-1/4-ით მეტ ძაფს იძლევა, ვიდრე მამრები.

სქესთან შეჭიდული მემკვიდრეობა

მას შემდეგ რაც გენეტიკოსებმა და ციტოლოგებმა ერთდროულად დაამტკიცეს ქრომოსომების როლი მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებლობის შესახებ, დაიწყო კვლევა ცალკეული ნიშან-თვისებების მემკვიდრეობის შესახებაც. დადგენილია, რომ ორგანიზმის ყოველი სქესი განისაზღვრება გენეტიკური მექანიზმით და დაკავშირებულია სასქესო ქრომოსომებთან, ასეთ შემთხვევაში ნიშნების განაწილებას მეიოზის დროს, რომელიც დაკავშირებულია სასქესო ქრომოსომებთან, ეწოდება სქესთან შეჭიდული მემკვიდრეობა.

ს ქ ე მ ა 1

პ ი რ ვ ე ლ ი შ ე მ თ ხ ვ ე ვ ა

წითელთვალება	X	თეთრთვალება
დედა		მამა
WW		Wy
w		Wy
დედა		მამა
წითელთვალება		თეთრთვალება

წითელთვალება	წითელთვალება	წითელთვალება	თეთრთვალება
დედალი	დედალი	მამალი	
WW	Ww	Wy	wy

მ ე ო რ ე შ ე მ თ ხ ვ ე ვ ა

თეთრთვალება	X	წითელთვალება
დედა		მამა

WW	Wy
წითელთვალება	თეთრთვალება
დედა	მამა
Ww	Wy
წითელთვალება	თეთრთვალება
დედალი	დედალი
WW	wW

წითელთვალება	თეთრთვალება
მამალი	მამალი
Wy	wy

თ. მორგანმა თავის ლაბორატორიაში ჩატარებული ცდებით ხილის ბუზ დროზოფილაზე პირველად დაადგინა სქესთან შეჭიდული მემკვიდრეობა. თეთრთვალებიანი მამლების შეჯვარებით წითელთვალებიან დედლებთან F_1 –ში მიიღება წითელთვალებიანი შთამომავლობა. პირველი თაობის ჰიბრიდების შეჯვარება მეორე თაობაში იძლევა დათიშვას: წითელთვალებიანს-სამ წილს და თეთრთვალებიანს-ერთ წილს; ამავე დროს თეთრთვალებიანი მხოლოდ მამლებია (პირველი შემთხვევა).

რეციპროკული შეჯვარებისას, როდესაც დედალი ჰომოზიგოტური თეთრთვალებიანი ბუზია, ხოლო მამალი-წითელთვალებიანი, დათიშვა პირველ თაობაში ასეთია: 1-თეთრთვალებიანი, 1-წითელთვალებიანი. ამათგან, თეთრთვალებიანი მხოლოდ მამლები, ხოლო წითელთვალებიანი-დედლები. პირველი თაობის ჰიბრიდების შეჯვარებით მეორე თაობაში, როგორც დედლებში, ისე მამლებში, მივიღებთ ორივე ნიშან-თვისების ინდივიდებს თანაბარი თანაფარდობით-1:1. მდედრობითი სქესის ჰეტეროგამეტურობის დროს სქესთან შეჭიდული მემკვიდრეობა ხორციელდება ჯვარედინად: ე.ი. დედლები და მამლები ცვლიან თავინთ როლს (მეორე შემთხვევა).

დროზოფილაში და ზოგიერთ სხვა მწერებში ზოგჯერ ვითარდებიან ე. წ. ჰინანდრომორფები, რომელთა სხეულის ერთი უბანი მდედრობითი ტიპისაა, ხოლო სხვა უბნები–მამრობითი. ხანდახან ინდივიდის ერთი გვერდი ატარებს მამრის ნიშან-თვისებებს, ხოო მეორე მდედრისას. ასეთი ჰინანდრომორფების ციტოლოგიური მექანიზმი აიხსნება ერთ-ერთი X ქრომოსომის ელიმინაციით ან ერთ-ერთ უჯრედში მისი დანაწევრებით მეიოზის პირველი დაყოფის დროს. ჰინანდრომორფები მიიღებიან აგრეთვე ორი ბირთვის შემცველი კვერცხუჯრედის განაყოფიერების დროს,-თუ განაყოფიერების დროს ერთ ბირთვს შეუერთდა X ქრომოსომიანი სპერმატოზოიდი, ხოლო მეორეს y ქრომოსომიანი, ასეთი შემთხვევა აღწერილია დროზოფილაში. ზემოაღწერილი I და II შემთხვევები იხ. 1-ელ სქემაზე.

შეჭიდულობა. ქრომოსომების გადაჯვარედინება და გენების რეკომბინაცია

მენდელის ცდების განხილვის დროს გენეტიკური ანალიზის საფუძველზე აშკარად ჩანდა, რომ გენების დამოუკიდებელი კომბინირება შეიძლებოდა განხორციელებულიყო იმიტომ, რომ გენები იმყოფებოდნენ ქრომოსომების სხვადასხვა წყვილში. მაშასადამე, ყოველ ორგანიზმში, მეიოზში, დამოუკიდებელი კომბინირების უნარის მქონე გენების რიცხვი შეზღუდულია ქრომოსომების წყვილების რიცხვით, რომელიც დამახასითებელია მოცემული სახეობისათვის. აშკარაა ის უბრალო გარემოება, რომ ორგანიზმის თვისებებისა და ნიშნების რიცხვი, რომლებიც გენების კონტროლის ქვეშ იმყოფებიან,

ძლიერ დიდია, ხოლო ქრომოსომების წყვილების რაოდენობა ყოველ სახეობაში შედარებით მცირე, ამიტომ გასაგებია, რომ ერთ ქრომოსომაში მყოფი გენები არაალელური გენებია, რომელნიც ერთად გადაეცემიან მემკვიდრეობით და არ განიზიდებიან შთამომავლობაში, რადგან გამეტოგნეზის დროს ისინი ადვილად მოხვდებიან ერთ გამეტაში და პირველ და მეორე თაობაში ექნებათ ნიშან-თვისებები იმავე კომბინაციაში, როგორც მშობელ ფორმებს.

გენები, რომელნიც იმყოფებიან ერთ წყვილ ჰომოლოგიურ ქრომოსომაში და ჯგუფურად მემკვიდრეობენ, ქმნიან შეჭიდულობის ჯგუფს. გენების ერთობლივ გადაცემას, რომელიც შეზღუდავს მათ თავისუფალ კომბინირებას, ეწოდება გენების შეჭიდულობა. შეჭიდულობის მოვლენა პირველად აღმოაჩინა ბეტსონმა და პენეტმა 1906 წელს. აჯვარებდნენ რა სუნიანი ბარდის ორ ჯიშს, საანალიზოდ იღებდნენ ორ წყვილ ნიშანს-მტვრის მარცვლის ფორმას და ყვავილების შეფერილობას. მათ ვერ აღმოაჩინეს მოსალოდნელი დათიშვა 9:3:3:1 შეფარდებით. აღებული ნიშან-თვისებები არ ამჟღავნებდნენ დამოუკიდებელ მემკვიდრეობას და მიისწრაფოდნენ დარჩენილიყვნენ საწყის მშობლიურ ფორმებში-გენები მოხვედრილიყვნენ ერთ გამეტაში. ავტორებმა ამ მოვლენას უწოდეს მიზიდულობა.

ამ მოვლენის არსის გაგებაც შესძლო თ. მორგანმა სტერტევანტთან, მეილერთან და ბრიდჟესთან ერთად. ხილის ბუზი-დროზოფილა გახდა ციტოგენეტიკური კვლევის კლასიკური ობიექტი (ბევრმა მაშინდელმა მკვლევარებმა მორგანს და მის მიმდევრებს ბუზის მოყვარულები უწოდეს). ამ ბუზის თვალების შეფერილობის და ფორმის, სხეულის ფერის, ფრთებისა და მათი თავისებურებათა შესწავლისას აღმოჩენილი იქნა გენების შეჭიდულობის შემთხვევები.

მენდელის მიხედვით დიჰიბრიდული შეჯვარების დროს AABB x aabb მივიღებთ დიჰეტეროზიგოტას AaBb. მისი შეჯვარებით რეცესივთან AaBb x aabb მივიღებთ კომბინაციებს: AaBb, Aabb, aaBb, aabb. ე.ი. ვღებულობთ ინდივიდთა 4 კლასს, როცა გენები ლოკალიზებულია, სხვადსხვა ქრომოსომაში მიიღება ინდივიდთა ოთხი კლასი თანაბარი რაოდენობით.

მორგანის მიერ ჩატარებული ცდებით, როცა აჯვარებდა დროზოფილს გრძელი ფრთებით და ნაცრისფერი სხეულით, დროზოფილთან რუდომენტალური ჩანასახოვანი ფრთით და შავი სხეულით, პირველ თაობაში ყველა ბუზმა განივითარა გრძელი ფრთა და ნაცრისფერი შეფერვა. საანალიზო შეჯვარებით მორგანმა მიიღო არა ოთხი, არამედ ორი კლასი, ორი კლასი კი დაიკარგა. მორგანმა დაუშვა, რომ გენები, რომლებიც განსაზღვრავენ ფერსა და ფრთის ფორმას, მოთავსებულია ერთსა და იმავე ქრომოსომაში, ე.ი. გენები შეჭიდულია და მოთავსებულია ერთსა და იმავე ქრომოსომაში. მან წარმოადგინა შემდეგი ციტოგენეტიკური ახსნა:

მდედრის გენოტიპი BBYg+Vg+მამრის გენოტიპი bbvg vg-(ჩანასახოვანი ფრთა Vg-; გრძელი ფრთა vg+; ნაცრისფერი B; შავი b, პირველი თაობა იქნება Bvg+bvg- რეცესივთან შეჯვარებით მივიღებთ Bvg+bvg-_x bvg-bvg-თაობაში მივიღებთ Bvg+bvg+; bvg-bvg- . დათიშვა შეესაბამება 1:1.

მას შემდეგ რაც აღწერილი იქნა გენების დიდი რაოდენობა, დადგინდა, რომ დროზოფილის ყველა გენი შეიძლება დაიყოს 4 ჯგუფად. სხვადასხვა ჯგუფებს კუთვნილი გენები მემკვიდრეობენ ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად და რეკომბინაციებს

განიცდიან მენდელის დათიშვის კანონის თანახმად, ხოლო ერთი და იგივე ჯგუფის გენები ამჟღავნებენ მეტად თუ ნაკლებად ძლიერ გამოხატულ შეჭიდულობას ერთმანეთთან, რადგან დროზოფილის სომატური უჯრედი შეიცავს ქრომოსომების 4 სხვადასხვა წყვილს (მთლიანად 8 ქრომოსომა), გამეტებში კი არის ოთხ-ოთხი ქრომოსომა, გამოტანილი იქნა დასკვნა, რომ გენები ალბათ იმყოფებიან ქრომოსომებში და შეჭიდულობის ოთხი ჯგუფი ალბათ შეეფარდება ოთხ სხვადასხვა ქრომოსომას. ამის საფუძველზე ქრომოსომების რიცხვისა და შეჭიდულობის ჯგუფების რიცხვის პარალელიზმი დამაჯერებლად მეტყველებს იმაზე, რომ გენები მართლაც მოთავსებულია ქრომოსომებში. თითოეული ქრომოსომა აუცილებლად შეიცავს სხვადასხვა გენებს, ხოლო ერთ ქრომოსომაში არსებული გენები მემკვიდრეობენ შეჭიდულად. ზემოთ აღნიშნულიდან გამოდის, რომ გენები მოთავსებულია ქრომოსომაში, განლაგებულია სწორხაზობრივად და წარმოქმნიან შეჭიდულობის ჯგუფებს, რომელთა რიცხვი ტოლია ქრომოსომთა წყვილების რიცხვისა (დროზოფილაში 8 ქრომოსომაა, იქნება შეჭიდულობის ოთხი ჯგუფი). რაც უფრო დიდი ზომისაა ქრომოსომა, მით მეტი გენებია. მაგ. დროზოფილის პირველ წყვილში 141 გენია, მეორეში-238, მეოთხეში-12. მეოთხე ქრომოსომა გაცილებით პატარაა, ვიდრე პირველი და მეორე.

თ. მორგანმა განსხვავებით ჩვენს მიერ განხილული შემთხვევიდან მოახდინა შეჯვარება ისე, რომ შეცვალა სქესი. რეცესივი მიიღო მამრად, ხოლო დომინანტი მდედრად. მან ნახა, რომ მეორე თაობაში დათიშვა სწორედ ისეთივე იყო, როგორც მენდელისეული შემთხვევების დროს, მაგრამ განსხვავებაა ჰიბრიდულ ფორმებსა და მშობელ ფორმებს შორის შეფარდებაში. ჰიბრიდულ ფორმათა პროცენტი მეტად დაბალია და არ აღემატება 17%-ს.

1909 წელს იან სენსმა მეიოზის დროს აღმოაჩინა ბერძნული X-ის მსგავსი ქრომოსომები, მერე მათ ქიაზმები უწოდეს. მორგანმა ივარაუდა, რომ მეიოზის დროს ადგილი აქვს ჰომოლოგიურ ქრომოსომათა უბნების გაცვლას. შეჭიდულობის გაწყვეტა გენებს შორის შეპირობებულია ქრომოსომების გაგლეჯის წერტილში, რომელიც მოცემულ ლოკუსებს შორისაა და ქმნის ქრომოსომის გადაჯვარედინებას. ამ დროს ქრომოსომის უბნების გაცვლით იქმნება ახალი ქრომოსომა, რომელთაგანაც თითოეული შეიცავს მხოლოდ ერთ გენს ორი გენიდან, რომელიც წინათ ერთსა და იმავე ქრომოსომაში იმყოფებოდა; მაგ. ძველი ქრომოსომები შეიცავენ AB და ab გენებს, ახალი ქრომოსომები- aB და Ab გენებს.
??

გასაგებია, რომ გენების განცალკევება უფრო ადვილი იქნება იმ შემთხვევაში, როდესაც გენები განლაგებულია ერთმანეთისაგან შორს. თ. მორგანმა ქრომოსომათა გადაჯვარედინებას, რომლის შედეგადაც ხდება მათი უბნების გაცვლა, კროსინგოვერი უწოდა. ამ მოსაზრებას ძლიერ კრიტიკულად შეხვდნენ, მაგრამ ბელგიელმა ციტოლოგმა იან სენსმა დროზოფილაზე ცდებით დაადასტურა მორგანის თეორია.

შეაჯვარა BbVv x BBvv (B ნაცრისფერი სხეული, b შავი ფერის სხეული, V-ნორმალური ფრთები, V-რუდიმენტული ფრთები. შავი ფერის სხეული შეჭიდულია რუდიმენტალურ ფრთის ფორმასთან. პირველი თაობა BbVv –სხეულის ნაცრისფერი თაობა და ნორმალური ფრთები-ყველაზე ხშირად მოგვცემს კომბინაციებს (გამეტები BV; Bv; bV; bv;): BV და Bv, რადგან მშობლებში ეს გენები ერთად იყვნენ, მაგრამ

ქრომოსომების უბნების გაცვლა-გამოცვლის შედეგად, ე.ი. კროსინგოვერის შედეგად წარმოიშობა გამეტების გარკვეული რიცხვი BV და bv კონსტიტუციით. ამ ოთხი ტიპის გამეტების სიხშირე ადვილად დადგინდება F_1 დედლების შეჯვარებით მამლებთან, რომელთაც აქვთ გენოტიპი bbvv.

♀ bvBv. x ♂ bvbv

1. bvbv შავი ნორმალური ფრთები; 2. bvbv ნაცრისფერი რუდიმენტალური ფრთა; 3. bvbv ნაცრისფერი ნორმალური ფრთა; 4. bvbv შავი რუდიმენტალური ფრთა; პირველ შემთხვევაში კროსინგოვერს ადგილი არ ჰქონია, ხოლო მეორე შემთხვევაში კი გვაქვს კროსინგოვერი. ქრომოსომებს, რომლებიც განიცდიან კროსინგოვერს, ეწოდება კროსოვერული ქრომოსომები, ხოლო რომლებიც არ განიცდიან–არაკროსოვერული ქრომოსომები. შესწავლილი 356 ბუზიდან პირველში იყო 145, მეორეში -150, მესამეში-3, მეოთხეში-28. კროსოვერული ორი კატეგორია წარმოდგენილია 61 ბუზით, რაც შედაგენს ბუზების საერთო რაოდენობის 17,1%-ს.როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, გენების გადაჯვარედინება და უბნების გაცვლა დაკავშირებულია გენებს შორის მანძილზე. მანძილის საზომ ერთეულად გენეტიკაში შემოღებულია მორგანოიდი. მორგანმა პირველმა გაზომა გენებს შორის მანძილი და განსაზღვრა, რომ ერთი მორგანოიდი ტოლია კროსინგოვერის 1%-ისა. ჩვენს შემთხვევაში B და V გენებს შორის მანძილი 17,1 მორგანოიდის ტოლია. მანვე მოგვაწოდა მანძილის გაზომვის მეთოდი 3 წერტილის მიხედვით, გვაქვს გენი A,B, C მაშინ AC=AB+BC, AB=AC-BC.

??

როცა AC გენებს შორის 4,7 კროსინგოვერია და AB გენებს შორის მანძილი 1,2 მორგანოიდი, მაშინ C გენი მდებარეობს B გენიდან 3,5 მორგანოიდის დაშორებით.

ვთქვათ, გვაქვს სამი წყვილი ნიშანი a,b, c და A,B, C. მოვახდინეთ შეჯვარება AABBCC x aabb→AaBbCc. ტრიჰიბრიდი იძლევა არაერთნაირი სიხშირის 8 ტიპის გამეტას, რომელნიც მიეკუთვნებიან 4 სხვადასხვა კატეგორიას. ABC და abc არაკროსოვერული გამეტებია. Abc და aBC წარმოიშობიან გადაჯვარედინების შედეგად I უბანში A-a და B-b ალელებს შორის. სხვა შემთხვევაში შეიძლება მოხდეს გადაჯვარედინება II უბანშიც B-b და C-c ალელებს შორის. ასეთი გადაჯვარედინება მოგვცემს ABc და abC ტიპის გამეტებს. ან შეიძლება მოხდეს გადაჯვარედინება I და II უბნებში ერთდროულად (ნახ.2) ასეთ გადაჯვარედინებას ეწოდება ორმაგი კროსინგოვერი.

ნახ.2.1 –კროსინგოვერს ადგილი არა აქვს; 2-3-ერთმაგი კროსინგოვერი; 4-ორმაგი კროსინგოვერი

ამის შედეგად წარმოიქმნება Abc და aBc გამეტები

??

სქემიდან ჩანს, რომ თითოეული არაკროსოვერული გამეტები ყველაზე მრავალრიცხოვანია, ხოლო ორმაგი კროსინგოვერი კი ყველაზე იშვიათია.

დავუშვათ, რომ შეჯვარებამ დედალასა და მამალს შორის, რომელიც რეცესიულია სამი ლოკუსის მიხედვით, მოგვცა შემდეგი შთამომავლობა (AaBbCc+aabbcc):

AaBbCc-150 ინდივიდი (გადაჯვარედინების გარეშე)
aabbcc-143 ინდივიდი (ერთმაგი კროსინგოვერი I უბანი)
AaBbcc-37 ინდივიდი (ერთმაგი კროსინგოვერი I უბანი)
aaBbCc-42 ინდივიდი (გადაჯვარედინების გარეშე)
AaBbcc-65 ინდივიდი (ერთმაგი გადაჯვარედინება II უბანი)
aabbCc-70 ინდივიდი (ერთმაგი გადაჯვარედინება II უბანი)
aaBbcc-6 ინდივიდი (ორმაგი კროსინგოვერი)
Aabbcc-8 ინდივიდი (ორმაგი კროსინგოვერი)

კროსინგოვერის პროცენტი პირველ უბანში იქნება 37+42=79, მაგარამ ორმაგი გადაჯვარედინების დროს მონაწილეობას ღებულობს იგივე უბნები, ამიტომ საერთო რიცხვი იქნება 79+14, ე.ი. 93 ინდივიდი. მაშინ $\frac{93}{521}X100+17,85$ (521 ინდივიდთა საერთო რიცხვია) A-a და B-b ალელური წყვილების ლოკუსებს შორის მანძილი ტოლია 17,85 მორგანოიდის. ასეთივე გზით მეორე უბანში ინდივიდთა რაოდენობაა 149, მანძილი-28,6 მორგანოიდი, კროსინგოვერის სიხშირე უშუალოდ A და C გენების შეჭიდულობის საფუძველზე, B და b გენების აღრიცხვის გარეშე იქნება რამდენიმედ შემცირებული, ჩვენს შემთხვევაში 521 ინდივიდიდან 214 ამჟღავნებს კროსინგოვერს A და C შორის, რაც 41,07%-ია. I და II უბანზე კროსინგოვერის მნიშვნელობა 17,85+28,6=46,45%, ე.ი. 5,38 ერთეულით მეტია, ვიდრე A და C ლოკუსებს შორის.

დადგენილია, რომ ორმაგ კროსოვერული ინდივიდების რიცხვი ნაკლებია ვიდრე თეორიულადაა მოსალოდნელი. ამის მიზეზია კროსინგოვერის ჩახშობის პროცესი. კროსინგოვერი მომხდარი ქრომოსომების ერთ ადგილში, ახშობს კროსინგოვერს უახლოეს უბანში. ამ მოვლენას ეწოდება ინტერფერენცია. ინტერფერენცია გაიზომება ორმაგი გადაჯვარედეინების რიცხვის ფარდობით თეორიულად მოსალოდნელ რიცხვთან და გამოისახება პროცენტებში.

კროსინგოვერის აღმოჩენა მეტად მნიშვნელოვანი მოვლენაა. კროსინგოვერის ხარისხი დიდადაა დამოკიდებული ქრომოსომის სიგრძეზე, მეიოზის დროს ქრომოსომების სპირალიზაციის ხარისხა და ქიაზმების რაოდენობაზე. რაც მეტია ქიაზმების რიცხვი, მაღალია სპირალიზაციის ხარისხი და ქრომოსომის სიგრძე, მით მეტია კროსინგოვერის პროცენტი. კროსინგოვერი, რომლის შედეგადაც ხდება უბნების გაცვლა შთამომავლობაში, იწვევს ახალი ნიშან-თვისებების განვითარებას, ხოლო ახალი ნიშან-თვისებები გარემო პირობებთან ცოცხალი ორგანიზმების უკეთ შემგუებლობის საშუალებას იძლევა.

უკანასკნელ ხანებში განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გენეტიკური რუკების შედგენას. ქრომოსომების გენეტიკურ რუკებს უწოდებენ გენების შეფარდებით მდებარეობას, რომელნიც იმყოფებიან შეჭიდულობის ერთ ჯგუფში. ასეთი რუკები იქმნება ჰომოლოგიური ქრომოსომების თითოეული წყვილისათვის. რუკების შედგენისათვის საჭიროა მუტანტური გენების დიდი რაოდენობის შესწავლა. მაგალითად, დროზოფილაში ნაპოვნია 500-მდე გენი, რომელიც ლოკალიზებულია შეჭიდულობის 4 ჯგუფში, სიმინდში 400-მდე მუტანტური გენი ლოკალიზებულია შეჭიდულობის 10 ჯგუფში და სხვ.

ციტოპლაზმური მემკვიდრეობა

მემკვიდრეობის მატერიალურ მატარებლად შეიძლება ჩაითვალოს ის სტრუქტურული ელემენტი, რომელიც აკმაყოფილებს სამ ძირითად პირობას: უჯრედის მეტაბოლისტურ პროცესში ასრულებს საჭირო ფუნქციას, აქვს თვითწარმოქმნის უნარი და უჯრედის გაყოფის დროს ნაწილდება შვილეულ უჯრედებში. როგორც მორგანის ცდებიდანაა ნათელი, ამ მოთხოვნას აკმაყოფილებს ბირთვის სტრუქტურული ელემენტი-ქრომოსომა.

ციტოპლაზმაში არსებული ორგანოიდები თითქმის ყველა ასრულებს აუცილებელ ფუნქციას მეტაბოლიზმში, მაგრამ არის ისეთი ორგანოიდებიც, რომლებიც სამივე ზემოთ აღნიშნულ პირობას პასუხობს, მაგ. ცენტრიოლები, პლასტიდები და მიტოქონდრიები. ამ უკანასკნელთ აქვთ თვითწარმოქმნის უნარიც, მხოლოდ პლასტიდები და მიტოქონდრიები გაყოფის დროს ისე ზუსტად არ ნაწილდებიან, როგორც ვთქვათ-ცენტრიოლები.

1908-1909 წელს კ. კორენსმა და ე. ბაურმა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად გულისაბაში და დევისპირაზე აღწერეს ნიშნები, რომლებიც მემკვიდრეობენ ციტოპლაზმის მეშვეობით. ასეთივე შემთხვევები აღწერილ იქნა სხვა კულტურებზედაც. პირველ ხანებში მას მიიჩნევდნენ, როგორც გადახრას მენდელისეული დათიშვიდან. შემდეგში დადგინდა, რომ მთელი მემკვიდრული მასალა თაობიდან თაობას შეიძლება გადაეცეს ბირთვის კომპონენტების (გენების, ქრომოსომები) ურთიერთქმედებითა და ციტოპლაზმის ორგანოიდების განაწილებით შვილეულ ორგანიზმებში. მაგალითად, პლასტიდების წარმოქმნა და ფუნქცია განისაზღვრება შინაგანი მემკვიდრული ფაქტორებითა და გარეგანი პირობების ზემოქმედებით, რამდენადაც სინათლის გარეშე პლასტიდებში ქლოროფილის წარმოქმნა არ ხდება. ამავე დროს შეიძლება მივიღოთ უჯრედები მკვეთრი პლასტიდებით, რომელშიც გვქვს ქრომოსომების ნორმალური რიცხვი. მემკვიდრეობამ, რომელიც გადაეცემა ქრომოსომებით, მიიღო ბირთვული ანუ ქრომოსომული მემკვიდრეობის სახელწოდება, ხოლო მემკვიდრეობას, რომელიც გადაეცემა ციტოპლაზმის ელემენტებით ეწოდება ციტოპლაზმური მემკვიდრეობა.

ციტოპლაზმურ და ბირთვულ მემკვიდრეობას შორის არსებობს განსხვავება:

1. ბირთვი შეიცავს თითოეული სახეობისათვის ქრომოსომების ზუსტად განსაზღვრულ და დამახასიათებელ რიცხვს.

2. ბირთვს უფრო ხშირად არ შესწევს უნარი შეცვალოს ან შეასწოროს ქრომოსომების წარმოქმნილი დეფექტი. ისინი თვითწარმოქმნიან უჯრედს დაყოფის დროს. ციტოპლაზმის ორგანოიდებს გამრავლების დროს შეუძლიათ დაზიანებული ნაწილის გამოსწორება.

3. რამდენადაც მცენარეებში (ცხოველებშიც) კვერცხუჯრედი შეიცავს ციტოპლაზმას, ხოლო მამრობითი გამეტა თითქმის არა, ციტოპლაზმური მემვიდრეობა ბირთვულისაგან განსხვავებით ხორციელდება მდედრობითი ხაზიდან.

4. გარდა ამისა, ბირთვული მემკვიდრეობა, რომელიც ხორციელდება ქრომოსომების განაწილებით შვილეულ უჯრედებში, მკაცრი სიზუსტით ხასიათდება, ხოლო ციტოპლაზმური მემკვიდრეობისას ორგანოიდების განაწილება ასეთ მკაცრ კონტროლს არ ექვემდებარება.

ბირთვის, ციტოპლაზმის სტრუქტურისა და ფუნქციის განსხავავება განაპირობებს მათ სპეციალიზაციას და მიუთითებს უჯრედის, როგორც ერთიანი სისტემის მოქმედებაზე. ზემოთ აღნიშნულის საფუძველზე დ. ჯენკინსმა მოგვცა სქემა (იხ. სქემა 2).

ს ქ ე მ ა 2

გენომი→ქრომოსომები→გენები

უჯრედის მთელი გენეტიკური მასალა↕

→ პლასტიდები →

პლაზმონი → მიტოქონდრიები → პლაზმოგენები

→ ციტოპლაზმის ძირითადი →

ნივთირებები

პლაზმონი-ეს არის ციტოპლაზმის მთელი გენეტიკური მასალა, რომელიც შეესაბამება ბირთვის გენომს (ქრომოსომთა ერთობლიობა). ციტოპლაზმის ორგნოიდების ცალკეულ ნიშან–თვისებათა გადაცემა ხდება პლაზმოგენის საშუალებით ბირთვული გენების შესატყვისად.

პ ლ ა ს ტ ი დ ე ბ ი ს მ ე მ კ ვ ი დ რ ე ო ბ ა. მცენარეებში პლასტიდები წარმოადგენს ნახშირწყლების სინთეზის თავისებურ ლაბორატორიას. უჯრედის დაყოფის დროს პლასტიდების განაწილებაზე სხვადასხვა მოსაზრება არსებობს. ზიგიერთ შემთხვევაში დადგენილია, რომ პლასტიდები მრავლდება დაყოფით და შვილეულ უჯრედებში ნაწილდება დაყოფის დროს. არის შემთხვევები, როცა განაყოფიერების დროს თითოეულ უჯრედში ორი პლასტიდია, ხოლო შერწყმის შემდეგ ზიგოტაში-ოთხი.მეიოზის პროცესში ხშირად პლასტიდებიც განიცდის რედუქციას, ხოლო შემდეგ იყოფა ერთხელ და გამეტაში ვღებულობთ ორს. მაშასადამე, მეიოზში შეიძლება მოხდეს პლასტდების თავისებური რედუქცია. უჯრედებს, რომლებმაც მთლიანად დაკარგეს პლასტიდები, არ შესწევთ ახლის წარმოქმნის უნარი. წლალმცენარე ევგლენაში 70-100 ქლოროპლასტია, ხოლო თუ გადავიტანთ სიბნელეში, მათი რეპროდუქცია წყდება და მიიღება ინდივიდები, რომელთაც არა აქვთ პლასტიდები და არცა აქვთ ახლის მიღების უნარი.

პლასტიდების ერთიანობას, რომელიც გადასცემს მემკვიდრეობის ინფორმაციას, უჯრედის სტრუქტურა ეწოდება. პლასტიდური მემკვიდრეობა ციტოპლაზმის ორგანოიდებიდან ყველაზე მოსახერხებელი შესასწავლია, რადგან თაობებში მათი გამოვლენა მორფოლოგიური განსხვავებულობით ხასიათდება.

ე. ბაუერმა და კ. კორენსმა (1908) სწავლობდნენ რა მემკვიდრეობას თეთრ და ჭრელ გულისაბაში, დაამტკიცეს, რომ მათში გვხვდება სხვადასხვა სახის უჯრედები:1. პლასტიდებით, რომელთაც ქლოროფილის წარმოქმნა არ შეუძლიათ და 2. ნორმალური პლასტიდებით. ამის გამო მიიღება მცენარეები მთლიანად მწვანე ან თეთრი შეფერვით. თეთრღეროიანი მცენარიდან მიღებული თესლი სიცოხცხლის უნარს მოკლებულია.

ჭრელი მცენარეების დამტვერვით მწვანე მცენარეებით და შებრუნებულ ნაჯვარში მიიღება განსხავევბული შედეგები. ასე მაგალითად, ♀ ჭრელი X ♂ მწვანე ყველა ჰიბრიდიდან შეიძლება ნაწილი იყოს მწვანე, ნაწილი ჭრელი, ნაწილი თეთრი. ეს უკანასკნელი იღუპება. შებრუნებულ ნაჯვარში ♀ მწვანე X ♂ ჭრელი თაობაში მიიღება მხოლოდ მწვანე მცენარეები, მწვანეყვავილიანის დამტვერვით ვღებულობთ

მხოლოდ მწვანე მცენარეებს, ხოლო თეთრყვავილიანის დამტვერვით ყველა შემთხვევაში მიიღება უსიცოცხლო თაობა. ამის შედეგად შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ სიჭრელის მემკვიდრეობა დაკავშირებულია პლასტიდების ორ ტიპთან-მწვანესთან და თეთრთან, რომლებიც გადაეცემა მხოლოდ კვერცხუჯრედით და ხორციელდება მდედრის ხაზით (არის გამონაკლისიც, მაგალითად გერანშიც პლასტიდების გადაცემა შეიძლება მოხდეს როგორც კვერცხუჯრედის, ისე სპერმის საშუალებით).

მწვანე და თეთრი ფერის განმაპირობებელი პლასტიდების განაწილება უჯრედებში დამოკიდებულია თვითწარმოქმნის სიჩქარესა და მის განაწილებაზე უჯრედული დაყოფის დროს. ხშირ შემთხვევაში განაწილება მიმდინარეობს არათანაბრად. პლასტიდების შემთხვევითი განაწილება სქემატურად შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად: თუ უჯრედი შეიცავს ორი სახის პლასტიდს A და B-ს (შეფერილს და შეუფერავს) შეიძლება წარმოქმნას უჯრედები სხვადასხვა უბნებით-ჭრელი და თეთრი, ან მწვანე და ჭრელი. (ნახ.3).

ნახ.3. პლასტიდების მემკვიდრეობა

დადგენილია, რომ პლასტიდების თავისებურებას განსაზღვრავს ბირთვული გენები, რომლებიც აკონტროლებენ მათი შეცვლის კანონზომიერებებს. ამიტომ პლასტიდების და სხვა ორგანოიდების შეცვლა შენარჩუნებულია გენეტიკური უწყვეტობით და ატარებს გენეტიკურ ინფორმაციას.

ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილურობა. ციტოპლაზმური მემკვიდრეობის ყველაზე ნათელი მაგალითია ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილურობა (ცმს) რომელიც აღმოჩენილია სიმინდში(მ. ხაჯინოვი 1930, მ. როდსი 1930), მზესუმზირაში (ა. კოპელოვი 1929), ხახვში (დ. ჯინსი 1924), სელში (ვ. ბეტსონი 1924). დღეისათვის იგი აღმოცენილია ასევე პამიდორში, თამბაქოში და სხვ.

აღმოჩნდა, რომ სიმინდის ზოგიერთ ჯიშში იყო მცენარეები, რომელთაც ჰქონდათ ქეჩეჩო-განუვითარებელი მტვრის მარცვლებით. აღმოჩნდა, რომ ეს ნიშანი გამოწვეულია ციტოპლაზმით. მცენარეებს მამრობითი სტერილობით, რომელთაც ნორმალური მტვრის მარცვლები აქვთ, თუ დავამტვერიანებთ სხვა მცენარის მტვრით, ხშირად ვიღებთ მცენარეებს-სტერილური მტვრით. ასეთ შეჯვარებას თუ გავიმეორებთ რამდენიმეჯერ, მამრობითი სტერილურობა არ ქრება., თუნდაც ათივე ქრომოსომა შერეული იყოს ნორმალური მცენარის ქრომოსომებთან. სტერილურობის გადაცემა ხდება მდედრობითი ხაზიდან, რაც დასაბუთდა იმით, რომ სტერილურობის მემკვიდრეობა გადაეცემა ციტოპლაზმის საშუალებით. ციტოპლაზმა, რომელიც განსაზღვრავს მტვრის სტერილურობას, აღინიშნება s-ით, ხოლო ციტოპლაზმა ფერტილური მტვრის მარცვლებით-აღინიშნება N-ით (ფერტილობის გენებს აღნიშნავენ-დომინანტურს Rf-ით, რეცესიულს rf-ით). დადგენილია, რომ გენოტიპი განსაზღვრავს მცენარის ციტოპლაზმის სტერილურობას. სტერილური ციტოპლაზმა (ცმს^{s}) სტერილურობას განსაზღვრავს მხოლოდ რეცესიულ, ჰომოზიგოტურ მდგომარეობაში (ცმს^{s} rf rf). თუ იგივე გენი იქნება დომინანტურ მდგომარეობაში, მცენარეს ექნება ნორმალური მტვრის მარცვალი; მაგ. ცმს^{s} Rf Rf ან ცმს^{s} Rf rf. მაშასადამე, ალელი Rf წარმოადგენს ფერტილობის აღმდგენელს. აქედან გამომდინარე ნორმალურ ციტოპლაზმიანი მცენარეების მტვრის მარცვალი ფერტილურია ყველა შემთხვევაში: ცმს^{N} RfRf; ცმს^{N}

rfrf; ცმს^{N} Rfrf; ასევე ცმს^{s} RfRf; მთლიანად სტერილური იქნება ცმს^{s} rfrf; შეჯვარება ♀ცმს^{s}rfrf X ♂ცმს^{N} rfrf ყოველთვის მოგვცემს სტერილურ მტვრის მარცვალს, მხოლოდ შეჯვარებით ცმს^{s}rfrf X ცმს^{s} (RfRf ან ცმს^{N} RfRf) შეიძლება მივიღოთ ნორმალური მტვრის მარცვალი., მიუხედავად სტერილური ციტოპლაზმისა. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ გენი Rf კი არ ცვლის ციტოპლაზმის სტრუქტურას, მხოლოდ ამუხრუჭებს მას. ცმს შესწავლამ ცხადყო ბირთვული ციტოპლაზმური დამოკიდებულების გენეტიკური ანალიზი.

არსებობს ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილობის სხადასხვა ფორმა:

1. მამრობითი გენერაციული ორგანო-მტვრიანები საერთოდ არ ვითარდება. ასეთი შემთხვევა აღმოჩენილია თამბაქოში:
2. მტვრის მარცვლები ყვავილში ვითარდება, მაგარამ ისინი მოკლებეულია ცხოველმყოფელობას. სტერილურობის ეს ფორმა უფრო ხშირად გვხვდება სიმინდში.
3. სამტვრე ბუდეებში ნორმალურად ვითარდება მტვრის მარცვლები. მაგრამ მტვრის პარკი არ სკდება და ამიტომ განაყოფიერებაც არ ხდება. ეს ფორმა გვხვდება პამიდორსა და სიმინდში.

ც მ ს გამომწვევი მიზეზების შესახებ წამოყენებული იქნა სამი ჰიპოთეზა: პირველი ეს არის ვირუსული ინფექცია, როდესაც ინფექცია სქესობრივი გამრავლების დროს ხვდება კვერცხუჯრედის ციტოპლაზმაში. თანამედროვე გამოკვლევებით მთლიანად დადასტურებულია, ასეთ შემთხვევას ციტოპლაზმურ მემკვიდრეობასთან არავითარი კავშირი არა აქვს.

მეორე-ც მ ს გამოწვეულია შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს სხვადასხვა სახეობის ციტოპლაზმისა და ბირთვის შეუთავსებლობით. ხშირია შემთხვევები, როცა ეს მოვლენა ხდება შორეული ჰიბრიდიზაციის გარეშეც, ამიტომ ამ მოვლენას განიხილავენ როგორც პლაზმოგენების სპეციფიკურ მუტაციას.

მესამე ჰიპოთეზა გამომწვევ მიზეზებად ასახელებს ციტოპლაზმის მემკვიდრეობის მუტაციას, ასეთი ცვლილებები, რა თქმა უნდა, შეინახება პირველ და შემდგომ თაობებში. სიმინდში ასეთი ტიპის მცენარეების დამტვერვით ნორმალური მცენარის მტვრის მარცვლებით, მივიღებთ თაობას, სადაც საგველა იქნება სტერილური. რეციპროკნული შეჯვარების შესწავლით არის შემთხვევები, როცა მიიღება ნორმალური მცენარეებიც. ასეთ შემთხვევაშიც სტერილურობა გადაეცემა კვერცხუჯრედის მეშვეობით. ნაჯერი შეჯვარების დროს ბირთვული მემკვიდრული მასალის შეფარდება იცვლება შემდეგი თანმიმდევრობით:

	მდედრობითი ხაზი	მამრობითი ხაზი
	1/2	1/2
პირველი თაობა	1/4	3/4
მეორე თაობა	1/8	7/8
მესამე თაობა	1/16	15/16

და ა. შ.

ყოველი შეჯვარების შემდეგ მდედრობითი ხაზის მემკვიდრული ფაქტორები მცირდება და მცირდება. მე-6 და მე-7 თაობაში მცენარეები მთლიანად მამრობითი ფორმის მსგავსია, თუმცა გვხვდება მცენარეებიც მამრობითი სტერილურობით, მათ უწოდებენ ფერტილური ხაზის სტერილურ ანალოგებს.

ც მ ს^{s}rfrf X ცმს^{N} rfrf

↓

ცმს^{s}rfrf (სტერილურობის დამაგრება)

მართალია, მამრობითი სტერილურობა გამოწვეულია ციტოპლაზმაში არსებული პლაზმოგენებით, მაგრამ აღწერილია შემთხვევები, როცა სტერილურობას იწვევს ბირთვული გენების ურთიერთმოქმედება. ამიტომ ანსხვავებენ ბირთვული ან გენურ და ციტოპლაზმურ მემკვიდრეობას. ბირთვული სტერილურობა გამოწვეულია ქრომოსომის რეცესიული გენებით ms. ფერტილობის გენები დომინანტურია Ms. ასეთ შემთხვევაში შეჯვარებით პირველ თაობაში მიიღება ფერტილური და სტერილური მცენარეები- შეფარდებით 3:1.

ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილურობის პრაქტიკული გამოყენება ჰიბრიდული თესლის მისაღებად

ხანგრძლივი მეცნიერული გამოკვლევების შედეგად ყოფილ საბჭოთა და ამერიკელი მეცნიერების მიერ აღმოჩენილია ცმს-ს მრავალი ფორმა, რომელთაგან სიმინდის კულტურაში ყველაზე მეტად გავრცელებულია მოლდავური, ტეხასის, ბოლივიური და სხვ. ყველაზე უკეთ შესწავლილია მოლდავური და ტეხასის ტიპი. მოლდავური ტიპის მცენარეებში მტვრის მარცვლები ვითარდება, მაგრამ სტერილურია, ტეხასის ტიპში სამტვრე პარკში მტვერი ნორმალურია, მაგარამ პარკი არ სკდება და ამიტომ განაყოფიერებაც არ ხდება. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ტეხასის ტიპი გვხვდება მხოლოდ ამერიკის კონტინენტზე, ხოლო მოლდავური ტიპი გვხვდება ყველგან: ამერიკაში, ევროპაში, აზიაში.

1964 წელს პირველად ყოფილ საბჭოთა კავშირში ბ. ხაჯინოვის მიერ გამოყენებული იქნა ც მ ს ჰიბრიდული თესლის მისაღებად, იმ მიზნით, რომ 30-40%-ით მეტ მოსავალს მივიღებდით. ჯერ კიდევ ადრე იყო ცნობილი ის ფაქტი, რომ ჯვარედინ დამამტვერიანებელ მცენარეებში ჰიბრიდული თაობა ხასიათდება მაღალი ცხოველმყოფელობითა და პროდუქტიულობით, რასაც შემდეგ ჰეტეროზისი ეწოდა. ჰიბრიდული თესლის მიღება ჩვეულებრივ პირობებში მეტად რთულია, რადგან მოითხოვს მდედრობითი და მამრობითი ორგანოების ერთმანეთისაგან მოცილებას. კასტრაცია შრომატევადი და რთულია. ცმს მოვლენა საშუალებას იძლევა ეს უკანასკნელი გამოვთიშოთ და სიმინდის ჰიბრიდული თესლი ვაწარმოოთ ხელით შრომის გარეშე.

ჰიბრიდული სიმინდის მიღება ქეჩეჩოს მოშორების გარეშე ცმს გამოყენებით პირველად შემოგვთავაზეს ამერიკელმა გენეტიკოსებმა დ. ჯინსმა და ნ. ევერსტმა. იმისათვის, რომ ვაწარმოოთ ჰიბრიდული თესლი, აუცილებელია:

1.სტერილური ფორმების მიღება; 2.სტერილურობის შენარჩუნება; 3.სტერილურობის აღდგენა (ნახ.4).

სტერილური ანალოგების მისაღებად შეიძლება გამოვიყენოთ ყველა ფორმა, რომელიც ხასიათდება ცმს-ით. ამ უკანასკნელის მაჯერი შეჯვარებით იმ ხაზთან, რომლის სტერილური ანალოგიცაა საჭირო, ვღებულობთ აბოლიტურად სტერილურ ფორმას. სტერილური ანალოგების მიღების სქემა შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად

(მამრობითი სტერილობის წყაროს მატარებელი ხაზი ავღნიშნოთ $ხ_{სტ}$ ხაზი, რომლის ანალოგის მიღებაც გვინდა, ავღნიშნოთ ხ).

პირველი წელი	$ხ_{სტ}$ X ხ
მეორე წელი	($ხ_{სტ}$ X ხ) X ხ
მესამე წელი	($ხ_{სტ}$ X ხ) X ხ X ხ

და ა. შ.

დადგენილია, რომ მე-4 და მე-5 თაობაში ასეთი შეჯვარების შემდეგ მიიღება თვითდამტვერილი ხაზების სტერილური ანალოგები. ხაზს, რომლის დამტვერვის დროსაც სტერილურობა შენარჩუნდება ეწოდება სტერილურობის დამამაგრებელი.

ხაზს, რომლის შეჯვარებითაც სტერილურ ხაზთან აღდგება ნაყოფიერება, ეწოდება ფერტილურობის აღმდგენელი. თუ ხაზს ან ჯიშს

ნახ.4 ცმს გამოყენებით ჰიბრიდული სიმინდის მიღება

არა აქვს აღმდგენლის უნარი, შეიძლება იგი შევძინოთ მას მაჯერი შეჯვარებით, ამისათვის საჭიროა სტერილური ხაზი შევუჯვაროთ ფერტილობის აღმდგენელ ხაზს. მიღებული ფორმა კვლავ უჯვარდება იმ ფორმას, რომლის აღდგენაცაა საჭირო და ა. შ. ხუთი თაობის მანძილზე ($ხ_{სტ}$ ხაზი სტერილური ხ-ფ.ა.-ფერტილობის აღმდგენელი, ჰ-მდედრობითი ფორმა, ჰიბრიდი აღდგენილი ფერტილობით, ხ-რომელშიც საჭიროა გადავიდეს აღმდგენელის უნარი). ფერტილობის აღდგენის სქემა მიიღებს ასეთ სახეს:

პირველი წელი	$ხ_{სტ}$ X ხ ფ.ა.ჰ
მეორე წელი	ჰ X ხ ჰ ხ
მესამე წელი	ჰ ხ X ხ ჰ ხ
მეოთხე წელი	ჰ ხ X ხ ჰ ხ
მეხუთე წელი	ჰ ხ X ხ ჰ ხ

და ა. შ.

სხვადასხვა სტერილური და ფერტილური ფორმების მიღება აუცილებელია იმისათვის, რომ ყველა ხაზის შეჯვარების შემდეგ არ მიიღება მაღალმოსავლიანი ჰიბრიდული თაობა. აუცილებელია წინასწარ შეირჩეს შესაჯვარებელი ფორმები.

ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილურობის გამოყენებით ყოფილ საბჭოთა კავშირში, ამერიკაში, ყოფილ იუგოსლავიასა და სხვა ქვეყნებში შექმნილია სიმინდის მრავალი მაღალმოსავლიანი ჯიშები. უკანასკნელ ხანებში პრაქტიკულად მიღებულია მზესუმზირის, შაქრისა და საკვები ჭარხლის ჰიბრიდული ჯიშები.

გენეტიკური კვლევის შედგად მრავალი დიდი პრაქტიკული საკითხია გადაწყვეტილი, მათ შორის ერთ ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანია სიმინდის ჰიბრიდული თესლის მიღება ცმს გამოყენებით. ჰიბრიდული თესლის მისაღებად იქცევიან შემდეგნაირად: გამოყოფენ შესაჯვარებელ მშობელ ფორმებს მაღალი კომბინაციური უნარით, რომელსაც თესენ სქემით: 4+2, 4+4 ან 6+2. პირველი ციფრი გვიჩვენებს, რომ დედად შერჩეული მცენარეები ითესება ოთხ მწკრივად, ხოლო მამამწარმოებელი (დამამტვერიანებელი) ორ მწკრივად, ან ოთხ მწკრივად მდედრობითი, ოთხ მწკრივად მამრობითი ფორმა და ა. შ. ჯვარედინი დამტვერვის შედეგად დედამწარმოებლიდან ღებულობენ ჰიბრიდულ თესლს, რომელშიც მოსავლიანობა 30-40% -ითაა გაზრდილი. სირთულეს მხოლოდ ის წარმოადგენს, რომ თესლის მიღება აუცილებელია მოვახდინოთ ყოველწლიურად, მაგრამ საერთო შედეგი იმდენად მაღალია, რომ

წარმოება ამ სიძნელეს თავს არიდებს. სიმინდის ჰიბრიდული თესლის ყველაზე დიდი მწარმოებელია ყოფილი იუგოსლავია, აშშ, რომლებიც ამარაგებს მსოფლიოს მრავალ ქვეყანას.

თავი V

მემკვიდრეობის მოლეკულური საფუძვლები

გენეტიკური კვლევის უზარმაზარ მიღწევას წარმოადგენდა ქრომოსომების, როგორც მემკვიდრული ორგანიზაციის შესწავლა. მენდელისა და მორგანის თეორიები, რომელთაც ახსნეს მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის კანონზომიერებანი, საშუალებას არ იძლეოდა პასუხი გაეცა ნიშან-თვისებათა მემკვიდრეობის ცალკეულ შემთხვევებზე. ნ. კოლცოვის იდეა- რომ ქრომოსომაეს არის გიგანტური ბიოქიმიური მოლეკულა, რომელსაც შესწევს თვითგაორმაგების უნარი, სადაც ცილის შემადგენლობა და მისი მოლეკულების ურთიერთქმედება განაპირობებს ორგანიზმის ნიშან–თვისებებს, მოითხოვდა უფრო ღრმა შესწავლას მოლეკულურ დონეზე. ბიოქიმური პროცესების შესწავლა უმაღლესი ორგანიზმების უჯრედში მეტად გაძნელებულია, მიკრორგანიზმებსა 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 ერთტიპიურობამ დააყენა ჰიპოთეზა მისი, როგორც მემკვიდრეობის ძირითადი მატარებლის შესახებ. თანდათანობით დაგროვდა ფაქტები, რომ ერთტიპიურობას თან ახლავს ორგანიზმთა სპეციფიკური განსხვავებულობა, რასაც მოსდევს პურინული და პირომიდინული ფუძეების განაწილება დნმ-ს მოლეკულაში. შემდეგში დნმ-ს გენეტიკური მნიშვნელობა მრავალი ფაქტით დასაბუთდა. მაგალითად 1. ერთი ორგანიზმის ფუნქციის უჯრედებისათვის დნმ-ს რაოდენობა კონსტანტურია. 2. უჯრედების 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 ერთადერთი კომპონენტია უჯრედისა, რომელსაც შესწევს გაორმაგების უნარი.

დნმ-ს გენეტიკური როლის პირდაპირი დამტკიცება მოგვცა ბაქტერიებზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა. 1928 წელს ინგლისელმა მეცნიერმა ფ. გრიფიტსმა

შენიშნა პნევმოკოკების მემკვიდრული ცვლილებები, რომელიც გამოწვეული იყო სხვა უჯრედებზე რომელიღაც ნივთიერების ზემოქმედებით. პნევმოკოკებს გააჩნიათ ორი სახის შტამი, კაფსულიანი და უკაფსულო. ფ. გრიფიტსი თაგვებს უკეთებდა ინექციას-ცოცხალ უკაფსულო პნევმოკოკებს მკვდარ კაფსულიდან პნევმოკოკებთან ერთად. დაავადებული თაგვების სხეულიდან გამოიყო ცოცხალკაფსულიანი პნევმოკოკები. ცდა გვიჩვენებს, რომ Дნმ-ის მეშვეობით მკვდარი უჯრედებიდან თვისება ცოცხალ უჯრედებში გადავიდა. ამ მოვლენას ეწოდება ტრანსფორმაცია. ტრანსფორმაცია ეს არის გარკვეული თვისების გადაცემა ერთი უჯრედიდან მეორეში. 1944 წელს ო. ევერმა თანამშრომლებთან ერთად ახსნა ამ უცნაური მოვლენის თავისებურება. მათ აიღეს ორი შტამი: (R) არავირულენტური და (S) ვირულენტური (R უკაფსულო, დანაოჭებული კლონებით, S კაფსულიანი, გლუვი კლონებით). წინასწარ შეისწავლეს თითოეული შტამის ბუნებრივი მუტაციები. დადგინდა, რომ გლუვფორმიანი იშვიათად, მაგარამ მაინც ბუნებრივ პირობებში ცვლის R ფორმას, ხოლო R ფორმა პრაქტიკულად არ ცვლის S ფორმას ე. ი. მუტაციები მიმდინარეობს მხოლოდ ერთი მიმართულებით: S →R, მაგრამ თუ R ფორმაში მოვათავსებთ S ფორმის მკვდარ ექსტრაქტს, მაშინ ცვალებადობის სიხშირე R-S იზრდება 10 000-ჯერ. ნათელია, ერთი შტამის თვისება გადადის მეორე შტამზე. წარმოქმნილი მემკვიდრული თვისება კი შენარჩუნდება შემდგომ თაობებში. ტრანსფორმაციის მემკვიდრული თვისება კი შენარჩუნდება შემდგომ თაობებში. ტრანსფორმაციის აგენტად ბიოქიმიური შემადგენლობიდან კი შეიძლება იყოს მხოლოდ Дნმ.

დღეისათვის მრავალი ბაქტეროლოგიური ტრანსფორმაციით დამტკიცებულია, რომ ნიშან–თვისებათა ცვლილება მიმდინარეობს Дნმ-ით.

1952 წელს ნ. ცინდერის და დ. ლედერბესტის მიერ გამოკვლეულ იქნა, რომ გამრავლების დროს შემთხვევით ქრომოსომაში შეიძლება მოხვდეს მეორე უჯრედის ნაწილი ქრომოსომისა, საიდანაც გადადის მეორე უჯრედის გენებიც და ხდება ნიშნების გადატანა ერთი უჯრედიდან მეორეში. ეს გადატნა ხდება უფრო ხშირად ფაგებით (ШаВІ-ეს არის ვირუსით დაავადებული ბაქტერია). ქრომოსომის უბნის გადატანის დროს ხდება ე.წ. Дნმ-ით „შესხურება". ფაგებით მემკვიდრული მასალის ასეთ გადატანას ტრანსდუქცია ეწოდება.

ნუკლეინმჟავების სტრუქტურა და ფუნქცია

მას შემდეგ, რაც დადგინდა Дნმ-ს როლი მემკვიდრეობაში, დადგა საკითხი ნუკლეინმჟავების ქიმიური ორგანიზაციის შესწავლისა. ნუკლეინის მჟავას სახელწოდება წარმოდგა ლათინური სიტყვიდან „ნუკლეუს", რაც ქართულად ნიშნავს ბირთვს. არსებობს ნუკლეინმჟავების ორი ძირითადი ტიპი: 1. დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა (Дნმ) და 2. რიბონუკლეინის მჟავა (რნმ).

Дნმ თავისი ბუნებით ბიოლოგიური პოლიმერია, გამოირჩევა რთული ხაზოვანი სტრუქტურით. Дნმ-ს თავისი ბუნებით ბიოლოგიური პოლიმერია, გამოირჩევა რთული ხაზოვანი სტრუქტურით. Дნმ-ს მოლეკულური წონა უდრის 4-8 მლნ-ს, მაგრამ შეიძლება მიაღწიოს 10-16 მლნ-ს.

Дნმ 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 Дნმ-ს მოლეკულაში ოთხია: ადენინი და გუანინი (პურინის წარმოებული) და ციტოზინი და თიმინი პირიმიდინული. მათ, გამოსახვის გასამარტივებლად აღნიშნავენ შემოკლებით, ასოებით: ა. ბ. C. T.

РНმ-ს აგებულება ძირითადად მსგავსია Дნმ-სი. ამიტომ მიუხედავად განსხვავებებისა, შეიძლება მათი აგებულება გამოვსახოთ საერთო ფორმულით:

აზოტოვანი ფუძეები (პურინული და პირიმიდინული)	→	შაქრები (დეზოქსირიბოზა და რიბოზა)	→	ფოსფორის მჟავა

აზოტოვანი ფუძეების მიხედვით (პურინული და პირიმიდინული) Дნმ და РНმ წარმოდგენილია შემდეგნაირად.

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

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

ДНМ-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. ამის მეოხებით ДНМ-ს ორივე ძაფი ერთიმეორის შემავსებელია, ე.ი. კომპლემენტარებია. მაშასადამე, თუ დაუშვებთ რომ ამა თუ იმ ჯაჭვის რომელიმე ერთ სეგმენტს აქვს აგებულება შესაბამისი აღნიშვნებით ბბათცთთაცათ, მაშინ ამ სეგმენტებს ორმაგ ჯაჭვში ექნება შემდეგი შემცველობა:

ბგათცთთაცათ
ცცთაგაათგთა

უოტსონ-კრიკის მოდელზე (ნახ.5) არის ორი სპირალი-ფოსფატურ-დეზოქსი რიბოზული ჯაჭვი. ჰორიზონტალური ხაზი-აზოტოვანი ფუძეების წყვილია, რომლებიც აერთებენ ორივე ჯაჭვს, შემდგომში ამ ორი ძაფის კომპლემენტარული აგებულება უზრუნველყოფს ზუსტ რედუპლიკაციას. ქრომოსომების წარმოქმნის სქემაზე შეიძლება დავინახოთ, რომ ორმაგი ჯაჭვის თითოეულად დაშლის შემდეგ (სპირალის გაშლის შედეგად) უკანასკნელი ივსება თავისუფალი ფუძეების ხარჯზე.

ნახ. 5 უოტსონისა და კრიკის დნმ-ის მოდელი

ამასთანავე თითოეული ჯგუფი ბ-იერთებს ც-ჯგუფს, ხოლო თითოეული ჯგუფი ა-ჯგუფი თ-ს და ა. შ.

დნმ მოლეკულის რედუპლიკაცია დაკავშირებულია პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვებს შორის წყალბადური კავშირების გაწყვეტასთან და პურინული და პირიმიდინული ფუძეების განთავისუფლებასთან, ამასთანავე მიმდინარეობს ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვის გაშლა, ირგვლივ მყოფი გარემოდან თავისუფალი ფუძეების მიზიდვა და უკვე არსებული ტიპის მიხედვით წარმოიქმნება ახალი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი. (ნახ. 6).

ნახ.6 დნმ-ის გაორმაგების სქემა

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

აღმოჩნდა, რომ სხვადასხვა ბიოლოგიური წარმოშობის ნუკლეინმჟავები თავიანთი ნუკლეოტიდების სხვადასხვა ოდენობითი თანაფარდობებით ხასიათდებიან. მონაცემები ადასტურებს, რომ უმაღლესი მცენარეებისა და ცხოველების დნმ-ის შედგენილობა უფრო ნაკლებად მერყევია სახეობიდან სახეობამდე, ვიდრე დაბალი ორგანიზმების შედგენილობა. მცენარეული დნმ ხასიათდება 5-მეთილციტოზინის 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 გაორკეცება არ ხდება და მიღებული შეხედულების თანახმად არ იცვლება უჯრედში დნმ-ის შემცველობა ფიზიოლოგიური ცვლილებების შემთხვევაშიც. აღნიშნული შეხედულება რასაკვირველია, ყოველთვის სწორი არაა. დნმ-ის საკმაო რაოდენობა აღმოჩენილია ციტოპლაზმაშიც.

პოლინუკლეოტიდების ბიოსინთეზი შედგება სამი მთავარი ფაზისაგან: 1. ნუკლეოზიდ-მონოფოსფატის ბიოსინთეზი; 2. მისი დაფოსფორება ტრიფოსფატის სტადიამდე; 3. ნუკლეოტიდური ერთეულების პოლიმერიზაცია (მაღალი მოლეკულური წონის მქონე ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა დაბალმოლეკულურ ნივთიერებათაგან).

გრიუნბერგ-მონაგომ და ოჩოამ (1955) აღმოაჩინეს ფერმენტი პოლინუკლეოტიდფოსფორილაზა, რომელიც ნუკლეოტიდდიფოსფატებს გარდაქმნის პოლირიბონუკლეოტიდებად. სინთეზურად მიღებული პოლიმერები ჰგვანან ბუნებრივ რნმ-ს. პოლინუკლეოტიდფოსფორილაზა, როგორც ჩანს ახორციელებს რნმ-ის შიდაუჯრედულ სინთეზს მიკროორგანიზმებში. ეს ფერმენტი გავრცელებული აღმოჩნდა სხვადასხვა ბაქტერიებში და აგრეთვე ზოგიერთ მცენარეულ და ცხოველურ ქსოვილში. ოჩოას შემდგომი გამოკვლევით, რნმ აღმოჩენილია ყველა პურინული და პირიმიდინული ფუძეებიდან. მიღებული რნმ-სბუნება მნიშვნელოვნად ექვემდებარება მცირე რაოდენობით სარეაქციო ნარევში შეტანილ ბუნებრივ რნმ-ს ფალიას (საპირისწამლო) ხასიათს.

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

რნმ უხვადაა აღმოცენილი ციტოპლაზმის ფრაქციებსა და ბირთვაკში. ბირთვში Дნმ-ს და რნმ-ს ფარდობა ცვალებადობს. მაგ. თიმუსის ქრომოსომებში შეფარდებაა 40:1, ხოლო ღვიძლში-10:1. ადრე ითვლებოდა, რომ რნმ-ს რაოდენობა ბირთვში ისე მცირეა, რომ მისი აღმოჩენა შესაძლებელია მხოლოდ Дნმ-ის ბირთვიდან ენზიმური გამოყოფის შემდეგ. სავიცკიმ და სტენდიმ აღმოაჩინეს, რომ რნმ-ის მნიშვნელოვანი რაოდენობაა ბირთვში, ე. ი. უფრო მეტი, ვიდრე აქამდე ითვლებოდა (ერთ პროცენტზე მეტი).

ქიმიური თვისებებით რნმ ძლიერ ემსგავსება Дნმ-ს და მოლეკულური კონფიგურაციით მისგან არც თუ ისე განსხვავებული უნდა იყოს. რნმ-ს მოლეკულები ძლიერ დახვეულია. სათანადო შესწავლის საფუძველზე დადგენილია, რომ რნმ-ის ჯაჭვს შეუძლია მიიღოს Дნმ-ს ცნობილი კონფიგურაციის მსგავსი კონფიგურაცია. რნმ მოლეკულა ერთჭიმიანი პოლინუკლეოტიდია. ამჟამად მეტად თუ ნაკლებად გადაჭრილია საკითხი, რომ რნმ-ს მოლეკულა სპირალისებრია.

რნმ-ს სამი სახეა ცნობილი: ინფორმაციული (ი- რნმ), ე. წ. მატრიცული ან შუალედური რნმ, სატრანსპორტო (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 ნანომეტრია, შედგება 7—მდე ნუკლეოტიდისაგან. მათი დახმარებით ამინომჟავები მიდის ცილის სინთეზის ადგილამდე. რიბოსომული რნმ შედის რიბოსომის შემადგენლობაში. მოლეკულარული მასალაა 1,5-2 მლნ. შედგება 4000-6000 ნუკლეოტიდისაგან.

უკანასკნელი გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ Дნმ-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 Дნმ-ის თიმინით.

დნმ-ს მატრიცაზე რნმ სინთეზი

ზემოთ უკვე ავღნიშნეთ, რომ დნმ მონაწილეობს ყველა სახის ცილის სინთეზში. დნმ ძირითადად მოთავსებულია ბირთვის სტრუქტურებში-ქრომოსომებში, ხოლო ცილის სინთეზი მიმდინარეობს ციტოპლაზმაში, კერძოდ რიბოსომებში. საფიქრალია, უნდა არსებობდეს რაღაც 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-ის და ნიშანდობლივი ატომების შეყვანით დადგინდა, რომ დნმ-ის ფაგის ფორმა წარმოდგენილი იყო ჩვეულებრივი კომპლემენტარობის პრინციპით: ა=თ და ბ=ც, ხოლო რნმ ხელახლა წარმოიქმნა ზუსტად მისი შესატყვისი კომპლემენტარობით: ა=უ და ბ=ც. რადიოავტოგრაფიის საშუალებით ზუსტად იქნა დადგენილი, რომ რნმ-სა და ცილას შორის შუამავლის როლს ასრულებს რნმ. (ნახ. 7). ზუსტი ცდებით დადგენილია, რომ რნმ-ს რაოდენობა ზუსტად შეესაბამება სინთეზირებული ცილების რაოდენობას.

ნახ.7 დნმ-ის მატრიცაზე რნმ-ის სინთეზი

უჯრედები თუ მდიდარია რნმ-ით, წარმოიქმნება მეტი ცილა, ხოლო თუ ღარიბია, სითეზირდება ნაკლები ცილა.

მემკვიდრეობის მატრიცული თეორია სქემატურად შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

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

რეპლიკაცია ეს არის დნმ-ის თვითგაორმაგება, სადაც მატრიცა თვით დნმ (დნმ-ის გაორმაგება ხდება თვითწარმოქმნით). ტრანსკრიპცია-გადატანაა (გადაწერა) ინფორმაციისა დნმ-დან რნმ-ზე (დნმ-ის 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 გავეცნოთ გენეტიკურ კოდს.

გენეტიკური კოდი

ყოველი ორგანიზმი ერთმანეთისაგან განსხვავდება ცილების სტრუქტურითა და რაოდენობით. ამიტომ მთავარია გავერკვეთ თუ როგორ ხდება გენეტიკური ინფორმაციის ჩაწერა დნმ-ს ქიმიურ სტრუქტურაზე და მისი გამეორება ცილის მოლეკულაში. ცილები-ეს ბიოლოგიური პოლიმერია. მაკრომოლეკულები შედგება 20 მონომერის–ამინომჟავისაგან. ამინომჟავების თანმიმდევრობა, რაოდენობა და განლაგება განსაზღვრავს ცილის სპეციფიკურობას. ოცმა ამინომჟავამ შეიძლება მოგვცეს 10^{24} კომბინაცია. ამდენად, ნიშან–თვისებათა განსხვავება ცილის მოლეკულისა, პრაქტიკულად დაუსრულებელია. შესაძლებლობა არსებობს დედამიწაზე სიცოცხლის

ევოლუცია გაგრძელდეს 10 მლრდ წელს. ერთი ამინომჟავის შეცვლაც კი იწვევს ცილის თვისების შეცვლას.

 დნმ ასევე ბიოპოლიმერია. დნმ შედგება მონომერებისაგან, მაგარამ აქ ნაცვლად 20 ამინომჟავისა, გვაქვს ოთხი ნუკლეოტიდი: ა, თ, ბ, ც. შაქრები და ფოსფორის მჟავა ყველგან ერთნაირია. დნმ-ს განსხვავება მხოლოდ აზოტოვანი ფუძეებით განისაზღვრება. დნმ-ს მოლეკულაში აზოტოვანი ფუძეების მორიგეობა განსაზღვრავს ცილის მოლეკულაში ამინომჟავების მორიგეობას. აქედან გამომდინარე ფორმა და ფუნქცია ყველა ორგანიზმისა, 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. ყველა მემკვიდრული ინფორმაცია „ჩაწერილია" ოთხი ნიშნით. საჭირო გახდა გენეტიკური კოდის გაშიფვრა, რომელიც გენეტიკოსების, ფიზიკოსების, ქიმიკოსებისა და მათემატიკოსების ერთდროული მონაწილეობით მოხდა. ამ პრობლემის გადაწყვეტაში 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 შეთანაწყობას ეწოდება ტრიპლეტური კოდი. ამინომჟავები დნმ-ს მოლეკულაში მოცემულია სამი ნუკელოტიდით მაგ: ააა, ცბც და ა.შ.

მ. ნირენბერგმა და გ. მატეიმ მოახდინეს ყველა ამინომჟავას ტრიპლეტის გაშიფვრა. შემდეგში დადგინდა, რომ ერთი და იგივე ამინომჟვას შეიძლება განსაზღვრავდეს რამდენიმე ტრიპლეტი (ცხრ.13).

ც ხ რ ი ლ ი 13

ამინომჟავების ტრიპლეტში ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა

პირველი ნუკლეოტიდი	მეორე ნუკლეოტიდი				მესამე ნულკეოტიდი
	უ	ც	ა	გ	
	უუუ	უცუ	უაუ	ჟგჟ	უ
	ფენოლანინი		ტიროზინი	ცისტეინი	
უ	უუც	უცს სერინის	უაც	უგც	ს
	უუა ლეიცინი	უცა	უაა*	უგა*	ა
	უუგ	უცგ	უაგ*	უგგ	გ
				ტრიფტოფანი	
	ცუუ	ცუუ	ცაუ		უ
	ცუც	ცცც	ჰისტიდინი	ცგუ	ც
ც	ლეიცინი	პროლინი	ცაც	ცგც	ა
	ცუა	ცცა	ცაა	არგონინი	გ
	ცუგ	ცცგ	გლიცინი	ცგა	

			ცაგ	ცგგ	უ
	აუუ	აცუ			ც
	იზოლეიცინი	აცც	ააუ	აგუ	ა
ა	აუც	თრეონინი	ასპარაგინი	სერინი	გ
	აუა	აცა	ააც	აგც	
	აუგმეთიონინი	აცგ	ააა	აგა	უ
			ლიზინი	არგონინი	ც
	გუუ	გცუ	ააგ	აგგ	ა
	გუც	გცც			გ
	ვალინი	ალანინი	გაუ	გგუ	
გ	გაუ	გცა	ასპარაგინი	გცც	
	გუგ	გცგ	გაც	გლიცინი	
			გაა	გგა	
			გლუტამინი	გგგ	
			გაგ		

*შ ე ნ ი შ ვ ნ ა: აღნიშნული კოდონები ტრანსლაციის შეწყვეტა ან დასასრულია. მათი დანიშნულება განისაზღვრება შესაბამისი მუტანტით.

ცილის სინთეზირება

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

როგორც წინა საკითხში იყო აღნიშნული Дნმ-ს მატრიცაზე მიმდინარეობს რნმ-ს სინთეზი, მაგარამ 1960 წელს ს. გერშეზონის მიერ აღმოჩენილი იქნა რნმ-ს მატრიცაზე დნმ-ს სინთეზი. ფერმენტ რევერტაზას დახმარებით ხდება შებრუნებითი ტრანსკრიპცია. მაშასადამე, ცილების ფორმულირება შეიძლება გამოვსახოთ: ДНМ→ РНМ→ცილა.

ორივე შემთხვევაში ჯერ ინფორმაცია გადაიწერება რნმ, ხოლო შემდეგ გადადის ცილაში ამინომჟავების თანმიმდევრობაზე. ყოველი ცილის სინთეზირება ხდება განსაკუთრებულ მატრიცაზე, თავის ი-რნმ. 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-სინთეთაზა.

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 იცნოს საჭირო ნუკლეოტიდი. ყველა ს- რნმ-ს შეესაბამება განსაზღვრული ამინომჟავა. აქედან გამომდინარე ს- რნმ უნდა იყოს სხვადასხვა სახის.

მესამე ეტაპზე იწყება ამინომჟავების აწყობა განსაზღვრული თანმიმდევრობით. პოლირიბოსომაში პეპტიდპოლიმერაზას 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-ის აქტიურ ამინომჯავას, იწყება პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სინთეზი. ა. სპირინის მიხედვით რ- რნმ კონვეირული სისტემით ახდენს ცილის მოლეკულის აწყობას.

მეოთხე ეტაპზე ცილის მოლეკულა ღებულობს სწორხაზოვან სტრუქტურას, იგრიხება სპირალად და ღებულობს ბიოლოგიურად აქტიურ კონფიგურაციას.

აღნიშნულიდან ნათლად ჩანს, რომ მთელი მემკვიდრული ინფორმაცია ინახება Дნმ მოლეკულის სტრუქტურაში, ხოლო მემკვიდრეობის რეალიზაცია ხდება ცილის მოლეკულის სინთეზის პროცესში.

ცილების სინთეზირებაში დიდ როლს თამაშობს 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 გამომუშავდეს 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. ჯაკობომ და ჟ. მონომ (1961) (ნახ.9)

ნახ. 9 ცილის სინთეზირების სქემა

ყველა გენები იმყოფებიან Дნმ-ს თვითგაორმაგებად სტრუქტურაში, მაგრამ ისინი თავისი ფუნქციებით ერთმანეთისაგან განსხვავებულია. ერთნი განსაზღვრავენ ამინომჟავების მორიგეობას ცილის მოლეკულაში და ეწოდებათ სტრუქტურული გენები, ხოლო მეორენი აწარმოებენ ამინომჟავების გააქტიურებას და ეწოდებათ რეგულატორები. Дნმ-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 შეუქცევადი ხასიათი.

გენის სტრუქტურა და ფუნქცია

გ. მენდელის მიერ მემკვიდრეობის დისკრეტული ბუნების დამტკიცებამ დღის წესრიგში დააყენა საკითხი, რომ სასქესო უჯრედების განვითარების დროს მემკვიდრულ ნიშან-თვისებებს უნდა განსაზღვრავდეს გარკვეული ერთეულები. მენდელმა მათ ფაქტორები უწოდა. მართალია მან არ იცოდა მემკვიდრეობის ქიმიური ბუნება, მაგრამ სწორად განსაზღვრა ფაქტორი, როგორც მემკვიდრეობის ელემენტი.

1909 წელს დანიელმა გენეტიკოსმა იოჰანსენმა მემკვიდრულ ფაქტორს გენი უწოდა. შემდეგში ცნობილი გახდა, რომ გენები მოთავსებულია ქრომოსომებში, ხოლო მორგანმა ქრომოსომული თეორიის დამუშავებით აღმოაჩინა, რომ ალელური გენები კროსინგოვერს არ განიცდიან, არაალელური გენები კი კროსინგოვერის შედეგად უცვლელნი რჩებიან, ანუ გენი განუყოფელია. ქრომოსომულ რუკებზე გენი მოცემულია წერტილით, რომელსაც უჭირავს გარკვეული ადგილი.

მრავალი გამოკვლევის საფუძველზე წარმოებული გენის სტრუქტურის შესწავლით დადგინდა, რომ გენი არ არის განუყოფელი, პირიქით-მას აქვს რთული აგებულება და შედგება ცალკეული პატარა უბნებისაგან (sites-უბანი).

გენის სირთულის ერთ-ერთი დამამტკიცებელი საბუთი იყო მრავლობითი ალელიზის მოვლენა, აღმოჩენილი სხვადასხვა ლოკუსებისათვის სულ სხვადასხვა ორგანიზმებში. მრავლობითი ალელიზმის აღმოჩენა მოწმობს გენის უფრო მეტ ფუნქციონალურ ლაბილობას, ვიდრე ამას წინათ ფიქრობდნენ. აშკარა გახდა, რომ გენი შეიძლება იყოს არა მარტო დომინანტურ და რეცესიულ მდგომარეობაში, არამედ მას უნარი აქვს მიიღოს სხვადასხვა შუალედური მდგომარეობა. მაგრამ გენი მკვლევართა წარმოდგენაში მაინც რჩებოდა ქრომოსომების განუყოფელ უბნად.

საკითხი გენის ფუნქციონალური სირთულის შესახებ დაყენებული იყო პირველად სერებროვსკის, დუბინინის და სხვათა მიერ. 1928 წლიდან ეს მოვლენა აღნიშნული რუსი გენეტიკოსების მიერ წოდებული იყო საფეხურებრივ ალელომორფიზმად. რ. გოლდშმიდტის კრიტიკის გავლენით თვით ავტორებმა საკმაოდ ვერ შეაფასეს თავიანთი აღმოჩენების მნიშვნელობა, რომელიც, როგორც ცნობილია, ამჟამად ძლიერ დიდია.

აღნიშნულმა ავტორებმა გამოიკვლიეს მრავლობითი ალელების სერია დროზოფილის Scute ლოკუსში. მთლად გამოკვლეული იყო 13 სხადასხვა მუტაცია იმდენად, რამდენადაც ლოკუს Scute-ს თითოეული მუტანტური ალელი შეეხება ჯაგრების გარკვეულ ნაწილს, ე. ი. მათი მოქმედება გამოვლინდება ერთგვარად საფეხურისმაგვარად, ამიტომ ამ მოვენას ეწოდება საფეხურებრივი ალელიზმი. თუ მრავლობითი ალელების სერიები წარმოადგენენ გენის ელემენტებს და მათ შეუძლიათ განიცადონ გადაჯვარედინება, მაშინ რეკომბინანტების გამომჟღავნებისათვის საჭიროა ინდივიდთა ძლიერ დიდი ამონაკრები. ლიუსის მიერ სათანადოდ ჩატარებულმა ცდებმა (1938) ცხადყვეს კროსინგოვერის შესაძლებლობა ერთი გენის ალელებს შორის, რაც გამოიყურებოდა როგორც უცნაური და უჩვეულო, რის გამოც ასეთი ალელებისათვის გამოყენებული იქნა ტერმინი ,,ფსევდოალელები'', ხოლო თვით მოვლენას ეწოდება ფსევდოალელიზმი. ეს უკანასკნელი კი წარმოადგენს წესს და არა გამონაკლისს, რომელსაც პრინციპული მნიშვნელობა აქვს გენის აგებულების ანალიზისათვის, ფსევდოალელების აღმოჩენამ დაამტკიცა, რომ გენი შედგება უფრო მცირე ელემენტებისაგან, რომელთაც შესწევთ უნარი განიცადონ მუტაცია და გადაჯვარედინება. ყველა გენები (ბაზიგენები) შედგებიან ცალკეული ნაწილებისაგან-ცენტრებისაგან, ე. ი. ტრანსგენებისაგან, რომელთაც აქვთ ერთმანეთის მსგავსი ფუნქციები. ასეთ ტრანსგენებს შორის ისეთივე კავშირია, როგორც ცალკეული ფუნქციის გენებს შორის. მუტაცია შეიძლება მოხდეს ერთ ტრანსგენში ისე, რომ იგი არ შეეხოს მეორეს.

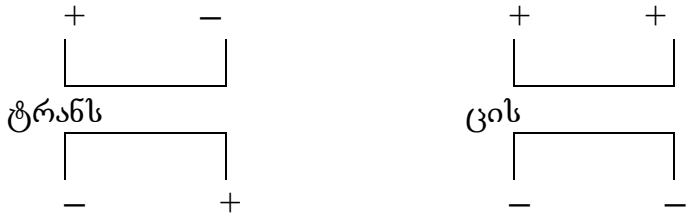
ერთი გენის ფარგლებში გენეტიკური მასალის რეკომბინაციის განხორციელების შესაძლებლობის აღმოჩენამ დაარღვია გენის, როგორც ფუნქციისა და რეკომბინაციის ერთეულის ცნობილი „კლასიკური" განსაზღვრა, ამ გამოკვლევებმა მწვავედ დასვეს საკითხი გენის გაგების შეცვლის შესახებ.

ამჟამად ყველაზე ფართოდ გამოიყენებენ ს. ბენზერის მიერ მოწოდებულ გენის ერთეულებს. თითოეული ერთეული შეესაბამება გენის განმარტების გარკვეულ ასპექტს: 1. რეკონი-რეკომბინაციის ერთეული, ე. ი. ქრომოსომის მინიმალური უბანი, განუყოფელი კროსინგოვერის დროს. 2. მუტონი-მუტაციის ერთეული, ე. ი. ქრომოსომის მინიმალური უბანი, რომლის შეცვლას შეუძლია მიგვიყვანოს მუტაციამდე. 3. ცისტონი-ფუნქციონალური ერთეული, რომელიც განისაზღვრება ცის-ტრანს-ტესტის საფუძველზე.

ტესტი კომპლემნტურობაზე დამუშავებული იყო დროზოფილზე ლიუისის მიერ და მის მიერვე იყო წოდებული როგორც ცის-ტრანს-ტესტი. ამ ტესტს საფუძვლად უდევს მუტანტური გენის წყვილის ორი სხვადასხვა მდებარეობის ფენოტიპური ეფექტის შედარება.

ტრანს მდებარეობაში დიპლოიდური ბირთვის თითოეულ გენომს აქვს გარეული ტიპის ერთი გენი და ერთი მუტანტური გენი. თუ მუტაციები იმყოფებიან სხვადასხვა ფუნქციონალურ ერთეულებში, მაშინ ტრანს მდებარეობა უზრუნველყოფს გარეულ ფენოტიპს, რადგან თითოეულ უჯრედში იმყოფება თითოეული ტიპის სრულღირებულებიანი ფუნქციონალური ერთეული.

თუ ორივე მუტაცია იმყოფება ერთსა და იმავე ფუნქციონალურ ერთეულში, მაშინ ჰეტეროზიგოტას აქვს მუტანტური ფენოტიპი. ცის-მდებარეობაში ჰეტეროზიგოტის ერთ გენომში განლაგდება გარეული ტიპის ორივე გენი, ხოლო მეორე გენომში-ორივე მუტანტური ალელი, ამიტომ მოცემული მუტანტები იმისაგან დამოუკიდებლივ ეხებიან ერთსა და იმავე სხვადასხვა ფუნქციონალურ ერთეულს. ცის-მდებარეობა არის უბრალოდ ტრანს-ტესტის ფორმალური კონტროლი, რის გამოც შეიძლება ცის-ტესტს გვერდი ავუაროთ



გენტიკის განვითარებამ უკუაგდო გენის გაგება როგორც მუტაციისა და რეკომბინაციის ერთეულის, ხოლო გენის გაგება, როგორც ფუნქციის ერთეულისა, უფრო და უფრო კონკრეტიზებული ხდებოდა. გენი-ნიშანი-თვისება, გენი-რეაქცია, გენი-ცილა, ასეთია პირობითად გამოყოფილი გენის გაგების კონკრეტიზაციის ეტაპები, როგორც ფუნქციონალური ერთეულისა. ყველაზე ფართო გავრცელება მიიღო გენის განმარტებამ, როგორც გენეტიკური მასალისა, უბნისა, რომელიც გამოიყენება როგორც გარკვეული ცილის სინთეზის მატრიცა, მაგრამ ასეთი გენების აღმოჩენის შემდეგ, რომელნიც მონაწილეობდნენ მხოლოდ ცილების სინთეზის პროცესებში (გენი-რეგულატორი, გენი-ოპერონი) აშკარა გახდა, რომ განმარტება მიეკუთვნება მხოლოდ გენების ერთ ფუნქციონალურ კატეგორიას, ე.წ. სტრუქტურულ გენებს. გენი-

რეგულატირების აღმოჩენა სრულიადაც არ ეწინააღმდეგება გენის განმარტებას, როგორც ფუნქციონალური ერთეულისას. გენი არის გენეტიკური მასალის ელემენტარული სქტუქტურული ერთეული და ასრულებს სპეციფიკურ ფუნქციას. პრინციპულად არაა მნიშვნელოვანი ხდებოდა თუ არა ეს სპეციფიკურობა თვით გენის დონეზე, გენის პროდუქტის დონეზე უშუალოდ, თუ ცილის მოლეკულის დონეზე. გენი მთლიანად ერთ ცისტრონს წარმოადგენს, ზოგიერთ შემთხვევაში ცისტრონი შეიძლება შეადგენდეს მხოლოდ გენის ნაწილს. იმდენად, რამდენადაც გენი, როგორც ფუნქციონალური ერთეული შენარჩუნებულია, გამართლებულია ალელის გაგება. ალელს ბაქტერიებში ჩვეულებრივ ეწოდა უბანი. უბანი შეიძლება განხილული იქნეს, როგორც გენის უმცირესი სტრუქტურული ერთეული განუყოფადი კროსინგოვერის დროს.

გენის თანამედროვე გაგება და გენეტიკური ინჟინერია

გენი თანამდროვე გაგებით არის თვითგაორმაგებული მოლეკულის უბანი, რომლიც განსაზღვრავს ამინომჟავების თანმიმდევრობას ცილის ერთ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში. იგი დისკრეტული ერთეულია მემკვიდრეობის ინფორმაციისა, უბანია ქრომოსომისა, რომელიც ახდენს სპეციფიკურ გავლენას ორგანიზმის განვითარებაზე. ყოველ გენს აქვს სიდიდე, რაც განისაზღვრება ნუკლეოტიდების რიცხვით და მოლეკულარული მასით. გენის ზომა იმ ცილის მოლეკულის ზომას შეესაბამება, რომელსაც იგი აკონტროლებს. საშუალოდ ცილის მოლეკულა 300-500 ამინომჟავისაგან შედგება. ხოლო საშუალო ზომის გენი შედგება 1500 ნუკლეოტიდის წყვილისაგან, ხოლო მოლეკულარული მასა მასში დაახლოებით 1 000 000-ია.

გენები განსაზღვრავენ ორგანიზმის მორფოლოგიურ და ბიოქიმიურ დიფერენციაციას და განუწყვეტლივ მოქმედებენ მთელი სიცოცხლის მანძილზე. გენეტიკის თანამდროვე მიღწევებმა საშუალება მოგვცა გამოგვეყო სუფთა სახით და მოგვეხდინა ქიმიური და ფერმენტული სინთეზი.

1969 წელს ამერიკელმა მეცნიერმა დ. ბეკვისტმა პირველად მოახდინა ასობითსა და ათასობით გენიდან ერთი გენის გამოყოფა. ქრომოსომებში ფაგებით მოახდინეს ინტეგრირება და ტრანსლოკაციის დროს გენების ინვერსიით, ფაგი-ტრანსდუქტორებმა განიცადეს დათიშვა და გამრავლდნენ სუფთა სახით. შემდეგში Дნმ-ს ორმაგ სპირალს აცალკევებდნენ. სპეციალური ფერმენტის მოქმედებით ფაგები იშლებოდა, ღებულობდნენ სუფთა გენებს. ექსპერიმენტები გენის სუფთა სახით გამოყოფაზე დღესაც გრძელდება.

1970 წელს ამერიკელმა გ. ხორანამ პირველმა მოახდინა საფუარის სოკოს უჯრედში გენის სინთეზი. ფერმენტ ლიგაზას დახმარებით საფუარში შეძლეს 77 დეზოქსირიბონუკლეოტიდის დაკავშირება Дნმ-ს ჯაჭვში, რომელიც კომპლემენტარულია ალანინური ტრანსპორტული რნმ-ს. 1972 წელს გენის ფერმენტული სინთეზით სისხლის ჰემოგლობინში მოხდა გლობინის ი-რნმ-ს ბიოლოგიური გააქტიურება ადამიანის, ბოცვერისა და თაგვის უჯრედში. ასეთ ი-რნმ-ს მატრიცაზე შებრუნებული ტრანსკრიპტაზის დროს შენდებოდა შესაბამისი გენები. უკანასკნელ ხანს განხორციელებულია გენის სინთეზი მარტივ ბაქტერიებში.

უკანასკნელ წლებში მოლეკულარული ბიოლოგიის, როგორც ახალგაზრდა მეცნირების განვითარებით ჩამოყალიბდა ახალი მიმართულება-გენეტიკური ინჟინერიის

სახელწოდებით. ადამიანს ფანტასტიკური შესაძლებლობა ექმნება გენეტიკური ინჟინერიის მიღწევების გამოყენებით.

გენეტიკური ინჟინერია მოიცავს შემდეგ ძირითად პროცესებს: შერჩეული ორგანიზმიდან გენის გამოყოფას, ამ გენების შერევას ვექტორალურ Дნმ-თან, რომელსაც საშუალება ექნება თვითწარმოქმნის, ე. ი. რეპლიკაცია-გაორმაგებისა; მიღებული ჰიბრიდული (რეკომბინირებული) Дნმ-ს შეტანას ახალ ორგანიზმში და უცხო გენების აქტივობის უზრუნველყოფას. თითოეული ეს პროცესი შედგება უამრავი ეტაპისაგან და მრავალ დაბრკოლებას მოიცავს. განსაკუთრებით აღსანიშნავია Дნმ-ს მოლეკულიდან ცალკეული გენის გამოყოფა. Дნმ-ს მოლეკულა, რომელიც ორმაგი სპირალისაგან შედგება, დაახლოებით 2,8-10 მეგადალტონის ტოლია, ხოლო გენეტიკური ინფორმაცია ნიშნების მიხედვით გაცილებით მცირეა. თითოეულ Дნმ-თან დაკავშირებულია არა ერთი, არამედ რამდენიმე ნიშანი. ჰიბრიდული Дნმ კი ქმნის სრულიად განსხვავებულ მემკვიდრულ მასალას, რომელც არ ჰქონდა აქამდე არსებულ არც ერთ ცხოველს და მცენარეს.

გენეტიკური ინჟინერიით შეიქმნა მეტად საჭირო შენაერთები, ფერმენტები, ამინომჟავები, ანტიბიოტიკები, ვიტამინები, საკვები ცილები, ადამიანთა და ცხოველთა პეპტიდური ჰორმონები.

გენეტიკური ინჟინერიის მეთოდთა დახმარებით შეიძლება მივიღოთ სასოფლო-სამეურნეო მცენარეთა ჯიშები, რომლებშიც თავმოყრილი იქნება განსხვავებული გვარების დადებითი ნიშან-თვისებები. აღსრულდება სელექციონერთა ოცნება-შეიქმნება დაავდებებისა და მავნებლებისადმი აბსოლიტურად გამძლე ფორმები. მეცნიერები ცდილობენ შექმნან მცენარეები, რომელებშიც იქნება ფერმენტ ნიტროგენაზის გენი, რომელსაც შესწვს უნარი ატმოსფერული აზოტის ასიმილაცია. ასეთი გენები გვხვდება ზოგიერთ ბაქტერიებში. ამ გენების გადანერგვით Escherichia coli-ში მოხდა ცილის სინთეზი ჰაერის აზოტით. განსაკუთრებით საყურადღებოა ვირუსების დახმარებით კულტურულ მცენარეებში სხვადასხვა გენების შეტანა. მაგალითად, ჰოლანდიელი მეცნიერის რასტის მიერ შეყვანილია ფოთლის მოზაიკის საწინააღმდეგო გენი, ხოლო ბუტენკომ (1960) მიიღო კარტოფილის უვირუსო ფორმები.

გენეტიკური იჟინერიით ონკოლოგიაში მიღებულია ბაქტერიული უჯრედული გენები, რომლებიც აკონტროლებენ ვირუსულ სიმსივნეს. შვეიცარიელი მეცნიერის ვეისმანის მიერ გენეტიკური ინჟინერიით მიღებულია ინტერფერონი. ქიმიური სინთეზით კი სულ ახლახან მიიღეს ინსულინი.

გენეტიკური ინჟინერიით შესაძლებელი გახდება გადაიჭრას ენერგეტიკული პრობლემებიც. შეიძლება შეიქმნას ისეთი ბაქტერიები, რომლებიც გამოიწვევენ ნავთობის დაშლას და მოხდება მისი სრული გადამუშავება. მეცნიერები იკვლევენ შესაძლებლობებს ბაქტერიებიდან სათბობის მისაღებად.

გენეტიკურმა ინჟინერიამ, როგორც ახალმა მეცნიერებამ, კარგა ხანია მოიპოვა აღიარება და შემდეგშიც უსაზღვროდ გაზრდის შესაძლებლობებს შორეულ ჰიბრიდიზაციაში.

თავი VI
ორგანიზმების ცვალებადობა

ორგანიზმთა გამრავლებას თან ახლავს თანდაყოლილი თვისებები მემკვიდრეობა და ცვალებადობა. სიცოხცხლის უმნიშვნელოვანესი გამოვლინებაა ცვალებადობა. იგი გამოიხატება ინდივიდებს შორის სხეულის ცალკეული ორგანოს ნიშნებისა და ფუნქციების განსხვავებაში. ჩ. დარვინმა თავის მოძღვრებებში „სახეობათა წარმოშობა" ცვალებადობას განსაკუთრებული ადგილი მიუძღვნა. ერთი სახეობის ინდივიდებს შორის განსხვავება შეიძლება დამოკიდებული იყოს თვით მემკვიდრეობით ფაქტორებზე გენების ცვლილებაზე, რომლებიც მიიღეს მშობლებისაგან ან გარემო პირობების გავლენით. ამის შესაბამისად ცვალებადობის ორი ფორმა არსებობს გენეტიკური და მოდიფიკაციური.

მოდიფიკაციური ცვალებადობა

მოდიფიკაციური (ფენოტიპური) ცვალებადობა ეს არის ერთი და იგივე გენოტიპის რეაქცია იმ გარემო პირობების მიმართ, რომელშიც მიმდინარეობს ორგანიზმის განვითარება. გარემო პირობები უდიდეს გავლენას ახდენს განვითარებადი ორგანიზმების ნიშნებსა და თვისებებზე. ამას ადასტურებს მრავალი მაგალითი. ადრე გაზაფხულზე ყოჩივარდას დაბალ ტემპერატურაზე აქვს მუქი ვარდისფერი შეფერვა, ხოლო ტემპერატურის მომატებასთან დაკავშირებით ფერის ინტესივობაც კლებულობს. ფურისულას 15-20°C ტემპერატურაზე წითელი ყვავილი აქვს, ხოლო 30-35°C ტემპერატურაზე თეთრად ყვავილობს. წვნიანი საკვების შემთხვევაში ძროხა მეტს იწველის, ხოლო მშრალი საკვების დროს გაცილებით ნაკლებ რძეს იძლევა. თუ ახალგაზრდა ბაბუაწვერას მცენარეს გავყოფთ ორ ნაწილად და ერთ მათგანს დავრგავთ ბარის პირობებში, ხოლო მეორეს–მთაში, ვნახავთ, რომ მცენარე რომელიც მთაში გაიზარდა გაცილებით უფრო მცირე ზომისაა, განსხვავდება ყვავილის წვერით, ფოთლების აგებულებით და შებუსულია. რაკი ვიცით მცენარეთა საერთო წარმოშობა, შეიძლება ვთქვათ, რომ ერთი და იგივე გენოტიპი სხვადასხვა გარემო პირობების ზემოქმედებით განსხვავებული ფორმით გამოვლინდება.

ორგანიზმის, მისი გენოტიპის მემკვიდრეობითი თვისებები არ შეიძლება დახასიათდეს ერთი რომელიმე ფორმის ფენოტიპის გამოვლენით. გენოტიპს ახასიათებს რეაქციის ნორმა, ანუ შეცვლილ გარემო პირობებზე რეაგირების უნარი. რეაქციის ნორმა გამოვლინდება ორგანიზმის მოდიფიკაციური ცვალებადობის პროცესში. იგი წარმოადგენს კანონზომიერ ბიოლოგიურ მოვლენას, რომელიც ორგანიზმების გამრავლების მუდმივი თანამგზავრია. ცალკეული ჯიშის მოსავლიანობა ვერ დახასიათდება თუ არ ვიცით რა პირობებშია იგი მიღებული. თუ მოსავალი მიღებულია ღარიბ ნიადაგზე და უარყოფით აგროტექნიკურ პირობებში, მაშინ ჯიში კარგია, ხოლო თუ მოსავალი მიღებულია ნაყოფიერ ნიადაგებზე და ტენითა და საკვებით უზრუნველყოფილ პირობებში, მაშინ ეს ჯიში მცირემოსავლიანია.

ორგანიზმის ყველა ნიშან-თვისების განვითარება ხორციელდება გენოტიპის საფუძველზე და ყოველთვის მიმდინარეობს განსხავევბულ გარემო პირობებში. ამიტომ ყოველი ნიშნის თუ თვისების მემკვიდრეობა მისი მოდიფიკაციის სხვადასხვა ფორმით

ვლინდება. ცვალებადობის მოვლენის შესწავლის დროს მკვლევარს ყოველთვის აქვს საქმე ინდივიდების ერთობლიობასთან, რასაც გენერალურს უწოდებენ. იგი ხასიათდება დიდი რიცხვისაგან, რომლის შესწავლა შეუძლებელი ხდება. ამიტომ საჭირო ხდება ცალკეულ შემთხვევათა გამოყოფა რასაც ამოკრეფითი ერთობლიობა ანუ ამონაკრები ეწოდება. ამონაკრების შემადგენელ ერთეულთა რაოდენობას ეწოდება მისი მოცულობა. ამონაკრების ერთეულებს შორის არის განსხვავება და ყოველი შესასწავლი ნიშანი ცვალებადობს. ერთობლიობის ერთეულებს შორის ასეთ სხავობას უწოდებენ ვარიაციას, ანუ დისპერსიას. ყველა ვარიაცია რომელიც გამოწვეულია გარემო პირობების გავლენით, თუ ეს უკანასკნელი არ იწვევს გენოტიპის შეცვლას ,,თავსდება’’’ მისი რეაქციის ნორმაში. განსხვავებულ ფენოტიპებს, რომლებიც გამოხატავენ ორგანიზმის რეაქციის ნორმას, აქვთ ადაპტური მნიშვნელობა და წარმოადგენენ გარემო პირობების ცვალებადობის მიზანშეწონილ პასუხს. რაც უფრო მნიშვნელოვანია განსაკუთრებული ნიშნები გამრავლებასა და გადარჩენისათვის, მით უფრო მიდრეკილია ისინი მოდიფიკაციური ცვალებადობისაკენ.

გენეტიკური ცვალებადობა

უჯრედული სტრუქტურის ცვალებადობა, რომელიც უზრუნველყოფს ახალი ორგანიზმის წარმოქმნას შეცვლილი გენოტიპით გენეტიკური ცვალებადობა ეწოდება. გენეტიკური ცვალებადობა შეიძლება იყოს კომბინაციური და მუტაციური. ცვალებადობა, რომელიც მიღებულია მშობელი ფორმის გენების ურთიერთქმედებით და შერწყმის შედეგად და ხასიათდება ახალი წარმონაქმნებით ეწოდება კომბინაციური ანუ ჰიბრიდული ცვალებადობა. კომბინაციური ცვალებადობის დროს ახალი გენები არ წარმოიქმნება, მაგრამ მისი როლი დიდია მცენარეთა და მიკროორგანიზმთა სელექციასა და ევოლუციაში.

გენებისა და ქრომოსომების სტრუქტურულ ცვლილებებს, რომლებიც იწვევენ ორგანიზმების ახალი მემკვიდრეობითი ნიშნებისა და თვისებების გამოვლენას ეწოდება მუტაციური ცვალებადობა. ასეთ ცვალებადობას ნახტომისებრი თვისობრივი ხასიათი აქვს. მაგალითად: ფხიანი ხორბლის შეცვლა უფხო ფორმით მუტაციის წარმოქმნის პროცესს მუტაგენეზი ეწოდება. მუტაციები ძირითადი ,,საშენი მასალაა’’, რომელიც მოიხმარება ორგანიზმის ევოლუციის დროს.მუტაგენეზი შეიძლება იყოს ბუნებრივი და ხელოვნური. ტერმინი მუტაცია პირველად იხმარა ჰოლანდიელმა გენეტიკოსმა დე-ფრიზმა. ენოთერაზე თავისი დაკვირვებების განზოგადების შედეგად, დე-ფრიზმა შექმნა მუტაციური თეორია, რომელიც ჩამოაყალიბა წიგნში ,,მუტაციები და მუტაციის პერიოდი სახეობათა წარმოშობისას.’’ გენეტიკის შემდგომა განვითარებამ აჩვენა, რომ დე-ფრიზმა სწორად განსაზღვრა მუტაციის ბუნება და მუტაციური პროცესის თავისებურება.

ბუნებრივი მუტაგენეზი

დე-ფრიზის მუტაციურმა თეორიამ ხელი შეუწყო სხვადასხვა მცენარეთა მუტაციების გამოვლენას და აღწერას.

აღმოჩნდა, რომ დედამიწის ბიოსფეროში მუდმივად მოქმედებს მაიონიზებელი გამოსხივება-კოსმოსური სხივების სახით და დედამიწის ქერქში იმყოფებიან რადიოაქტიური ელემენტები, ასევე ქიმიური ნივთიერებები რომელთა ზეგავლენით მუდამ წარმოიშობა მუტაციები. მუტაციები, როლებიც მიიღება ბუნებაში, ბუნებრივი ფაქტორების ზეგავლენით ეწოდება ბუნებრივი ანუ სპონტანური მუტაციები. გარდა ენოთერასი ბუნებრივი მუტაციები ახასიათებს ქრისტესისხლას, კოწახურს, ლემას, ასტრას, ყოჩივარდას, ნეკერჩხალს, სიმინდს, წიწაკას და სხვ. ბუნებრივ პირობებში მუტაციის სიხშირე შედარებით იშვიათია. მაგ. ბაქტერიებში ერთი გენის საშუალო მუტაციური სიხშირე ტოლია 1:10 000 000, ადამინაში 1:200 000, დროზოფილაში 1:100 000. აღსანიშნავია ისიც, ბევრი მცირე ბიოქიმიური და ფიზიოლოგიური მუტაციის შემჩნევა შეუძლებელია. გენის სპონტანური მუტაციების სიხშირე დამოკიდებულია, როგორც გენოტიპზე, ასევე ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ ცვლილებებზე. მუტაცია არის ახალი მემკვიდრეობითი ცვალებადობის ერთადერთი პირველადი წყარო, ურომლისოდაც შეუძლებელია ორგანიზმის ევოლუცია.

ხელოვნური მუტაგენეზი

მცენარეების, ცხოველებისა და მიკროორგანიზმების მუტაციები, რომლებიც გამოწვეულია ექსპერიმენტალურად სხვადასხვა ქიმიური და ფიზიკური ზემოქმედებით ხელოვნური ანუ ინდუცირებული მუტაგენეზი ეწოდება. 1925 წელს ლენინგრადის რადიუმის ინსტიტუტის სწავლულებმა გ. ნადსონმა და გ. ფილიპოვმა, მსოფლიოში პირველად მიიღეს საფუარა სოკოს მუტაცია-რადიუმის სხივების გავლენით. 1927 წელს ამერიკელმა გენეტიკოსმა გ. მიულერმა ხელოვნური მუტაციების მისაღებად გამოიყენა რენტგენის სხივები. 1932 წელს ვ. სახაროვმა დროზოფილას მუტაცია მიიღო კალიუმ-იოდის ხსნარით, ხოლო 1933წელს ლობაშევმა იმავე ობიექტის მუტაცია ამიაკით შეძლო. აუერბახმა და რობსონმა აღმოაჩინეს იპრიტის მუტაგენური მოქმედება, რაპოპორტმა კი აღმოაჩინა ფორმალდეჰიდის მუტაგენური თვისება. მუტაციები ვლინდება სხვადასხვა პირობების გავლენით, რომელთაც მუტაგენური ფაქტორები ანუ მუტაგენები ეწოდება, ხოლო მიღებულ ფორმებს მუტანტი.ხელოვნური მუტაციების მისაღებად გამოყენებული მუტაგენები ორგვარია: ფიზიკური და ქიმიური. ფიზიკურ მუტაგენებს მიეკუთვნება: რადიაცია, მაღალი და დაბალი ტემპერატურა, მექანიკური ზემოქმედება, ულტრაბგერები. ქიმიურ მუტაგენებად იყენებენ:ეთილენიმინი, დიეთილსულფატი, კოფეინი, კოლხიცინი და სხვ.

მუტაციების ძირითადი ტიპები და მათი კლასიფიკაციის პრინციპები

მუტაციები ბუნებაში მიმდინარეობს სხვადასხვა მიმართულებით და ამა თუ იმ ორგანიზმზე ნებისმიერი მათგანის გამოვლენა შემთხვევითი მოვლენაა. ამასთანავე მუტაციური პროცესი მთლიანად ემორჩილება გარკვეულ კანონზომიერებებს, რომ ნებისმიერი ორგანიზმის შესაძლო მუტაციების ბუნება განსაზღვრულია სახეობის (გვარის) გენეტიკური სისტემით. აქედან გამომდინარე მუტაციების კლასიფიკაცია

მეტად რთულია და ეხება ორგანიზმის მორფოლოგიურ, ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ აგებულებას.

<u>მუტაციების კლასიფიკაცია მემკვიდრეობით სტრუქტურაზე მათი მოქმედების მიხედვით</u>. უჯრედის ბირთვის მემკვიდრეობით სტრუქტურაზე მოქმედების მიხედვით მუტაციის სამ ტიპს განასხვავებენ. ქრომოსომთა რიცხვის შეცვლა (გენომების გარდაქმნა). იგი შეიძლება გამოვლინდეს : ა) ქრომოსომების რიცხვის ჯერად გადიდებაში-პოლიპლოიდია; ბ) ერთი ან რამდენიმე ქრომოსომის დაკარგვა ან დამატება-ანეუპლოიდია; გ) ქრომოსომები რიცხვის ჯერადი შემცირება ჰაპლოიდია. 2. ქრომოსომთა სტრუქტურის შეცვლა (ქრომოსომული აბერაციები). იგი ვლინდება ა) ქრომოსომის რომელიმე უბნის დაკარგვით (დელეცია); ბ) ქრომოსომების რომელიმე უბნის გაორმაგებით (დუპლიკაცია); გ) ქრომოსომის რომელიმე უბნის 180° 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.

<u>მუტაციების კლასიფიკაცია ორგანიზმზე მათი მოქმედების და გავლენის მიხედვით</u>. 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 მუტაგენეზის ზემოქმედებით, ეწოდება მუტაციის სპექტრი.

<u>გენერატიული და სომატური მუტაციები</u>. ორგანიზმებში ხდება განსაკუთრებით მგრძნობიარეა 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 მრავლდებიან ვეგტატიურად. 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.

<u>პირდაპირი და შებრუნებული მუტაციები.</u> მუტაცია არის ახალი მემკვიდრული ცვალებადობის ერთადერთი პირველადი წყარო. მუტაცია სასარგებლოა და საზიანოც.ბევრი ორგანიზმი მავნე რეცესუილი 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: A↔a. პირდაპირი მუტაციები რეცესიულია, ხოლო შებრუნებული დომინანტური. ამიტომ გენების უმეტესობისათვის პირდაპირი მუტაციების სიხშირე უფრო მაღალია, ვიდრე შებრუნებულისა.

<u>მსხვილი და მცირე მუტაციები.</u> მსხვილ მუტაციებს მიეკუთვნება დე ფრიზის მიერ აღწერილი ენოთერას მუტაცია. მსხვილი მუტაციები დაკავშირებულია მთელი 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-სასრგებლო და ბიოლოგიური ნიშნების უზარმაზარ მემკვიდრეობით ცვლილებებს, რომლებსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სელექციაში. ცნობილია, რომ მსხვილ მუტაციებს, გარდა მცირე გამონაკლისისა, არ შეუძლიათ ახალი სახეობის მოცემა.

<u>გენის მდებარეობის ეფექტი და მრავლობითი ალელიზმი.</u> გენეტიკოს ა. სტერტევანტის მიერ დროზოფილაში და ნ. დუბინინის, ა. სიდოროვის და ვ. ხვოსტოვას მიერ დადგინდა, რომ გენის მოქმედების შეცვლა დაკავშირებულია ქრომოსომაში მის მდებარეობაზე. ამ მოვლენას ,,გენის მდებარეობის ეფექტი '' ეწოდა. დაადგინეს, რომ ქრომოსომის კომპლექსში გენის გადაადგილებას შეიძლება მოჰყვეს მისი მოქმედების შეცვლა და დომინანტობის შესუსტება. ყოველი გენი მემკვიდრეობის დისკრეტული ერთეულია. მაგრამ ამავე დროს იგი ძველი გენოტიპის სისტემაში ავლენს თავის მოქმედებას.

მუტაციების შესწავლამ დაგვანახა, რომ ქრომოსომის ერთი და იგივე ლოკუსი (ნაწილი) მისი შენების შეცვლის შედეგად შეიძლება მოხვდეს სხვადასხვა მდგომარეობაში და წარმოქმნას ალელების არა ორი, არამედ მთელი სერია. ამ მოვლენას მრავლობითი ალელიზმი ეწოდება. მრალობითი სერიის დომინირების მოვლენას ის თვისებები ახასიათებს, რომ მის ყოველ წევრს შეუძლია მთლიანად ან ნაწილობრივად ჩაახშოს ნებისმიერი სხვა წევრის გამოვლენა. მრავლობითი ალელიზმი ადასტურებს მუტაციების შემთხვევით ბუნებას და გენის სხვადასხვა მიმართულებით შეცვლის უნარს.

ჰომოლოგიური მწკრივების კანონი მემკვიდრეობით ცვალებადობაში

დარვინი თავის მოძღვრებაში ,,სახეობათა წარმოშობა'' აღნიშნავს, რომ ,,ცალკე სახეობანი ისე ანალოგიურად იცვლება, რომ ერთი სახეობა იძენს მეორე მონათესავე სახეობის ნიშანს, ან იბრუნებს ადერეული წინაპრის ნიშნებს''.მრავალფეროვანი მემკვიდრეობითი ცვალებადობის შესწავლის დროს ნ. ვავილოვმა დაადგინა, რომ სისტემატიკურად დაახლოებულ მცენარეთა სახეობებს აქვთ მემკვიდრეობითი ფორმების მსგავსი და პარალელური რიგები და წარმოშობით, რაც უფრო ახლოს არიან სახეობები, მით უფრო იშვიათად გამოვლინდება მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური ნიშნების მსგავსება. მარცვლოვანების სხვადასხვა სახეობებში: ბრინჯში, ხორბალში, ქერში, ჭვავში აღმოჩენილია მემკვიდრული ცვალებადობის მსგავსი რიგები: თავთავის ფხიანობა, შეფერვა, ფორმის და მარცვლის კონსისტენცია, ადრეულობა, ზამთარგამძლეობა. ნ. ვავილოვმა ჩამოაყალიბა მემკვიდრეობითი ცვალებადობის ჰომოლოგიური რიგის კანონი- გენეტიკურად მახლობელი სახეობები და გვარები ხასიათდებიან მემკვიდრეობითი ცვალებადობის მსგავსი რიგებით ისე, რომ თუ ერთი სახეობის შიგნით არსებული ფორმები ვიცით, შეიძლება ვივარაუდოთ პარალელურ ფორმათა არსებობა სხვა სახეობებსა და გვარებშიც. ეს კანონი შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით:

$$L_1(a+b+c.....)$$
$$L_2(a+b+c.....)$$
$$L_3(a+b+c.....)$$

L აღნიშნავს მცენარეთა მონათესავე სახეობებსა და გვარებს, ხოლო ფრჩხილებში მოთავსებული ასოები კი-მსგავსი მემვიდრეობითი ნიშნების რიგებს.

ჰომოლოგიურ ცვლილებებს საფუძვლად უდევს ორი მიზეზი:1. მსგავსი სახეობებისა და გვარების გენეტიკური სტრუქტურის მთლიანობა, მათი წარმოშობის ერთიანობა. 2. გამორჩევის გარკვეული მოქმედება შედარებით მსგავს გარემო პირობებში. ჰომოლოგიური რიგების კანონი საშუალებას გვაძლევს მოინახოს ამა თუ იმ სახეობის ისეთი ფორმები, რომელთა წარმოქმნა სასურველია, მაგრამ მოცემული დროისათვის არ არსებობენ. ასევე, მონათესავე სახეობებს იგი არ გააჩნია და შეიძლება მათი ხელოვნურად შექმნა. ჰომოლოგიური რიგების კანონი გამოხატავს მუტაციური პროცესებისა და ორგანიზმის ფორმათა წარმოქმნის საერთო კანონზომიერებებს.

მუტაციების მიღების წესები

მუტაციები ბუნებაში სხვადასხვა მიმართულებით მიმდინარეობს. და ამა თუ იმ ორგანიზმზე ნებისმიერი მათგანის გამოვლენა შემთხვევითი მოვლენაა. ამავე დროს მუტაციური პროცესი მთლიანად ემორჩილება გარკვეულ კანონზომიერებებს. სხვადასხვა კულტურაზე მუტაციების მისაღებად იქცევიან შემდეგნაირად.

ხორბლის კარგად განვითარებულ, სიცოცხლისუნარიან 1000 მარცვალს ათავსებენ მინის ჭურჭელში, დაასხივებენ რენტგენის სხივების გარკვეული რაოდენობით. დასხივებისათვის იყენებენ სამედიცნო ან სპეციალურ სამრეწველო რენტგენის

აპარატებს. დასხივებულ მარცვლებს ითვლიან, თესენ და აკვირდებიან მთელი ვეგეტაციის პერიოდში. დოზების შერჩევის დროს უნდა გავითვალისწინოთ მცენარის გენეტიკური თავისებურებები. მარცვლის სიმრავლე აუცილებელია იმისათვის, რომ ბევრი მარცვალი ხშირად კარგავს აღმოცენების უნარს.

ხორბალს გააღივებენ და ფესვაკით ათავსებენ ცხრილზე. ცხრილს ათავსებენ ჭურჭლის ზედაპირზე, რომელშიც ჩასხმულია ეთილენიმინის 0,01-0,1%-იანი წყალხსნარი.ხსნარი მოქმედებს ფესვაკის უჯრედების დაყოფაზე და იწვევს მუტაციურ დარღვევას. მოქმედების ხანგრძლივობა შეიძლება იყოს 12, 24, 36, 48 საათი. შემდეგ რეცხავენ გამდინარე წყალში და თესენ მინდორში. მთელი ვეგეტაციის პერიოდში ატარებენ ფენოლოგიურ დაკვირვებებს. კარტოფილის ტუბერის ახალგაზრდა ღივაკზე ათავსებენ ეთილენიმინის მჟავას 0,01-0,02%-იან წყალხსნარში დასველებულ ტამპონს, სხვადასხვა ექსპოზიციით 24, 36, 48 საათი. შემდეგში რეცხავენ გამდინარე წყალში და რგავენ მინდორში. მთელი ვეგეტაციის პერიოდში აკვირდებიან მათ განვითარებას.

მცენარეებისაგან სადღეისოდ მიღებული 1000 ინდუცირებული მუტანტიდან, სელექციისათვის საშუალოდ ერთი წარმოადგენს საინტერესოს. ამიტომ ფიზიკური და ქიმიური მუტაგენეზი მოითხოვს ფართე მასშტაბებს. სასარგებლო მუტაციების მისაღებად გასათვალისწინებელია მრავალი ფაქტორი: ჯიშის გენოტიპი, შესაცვლელი ნიშნის გენეტიკური ბუნება (რამდენი გენით განისაზღვრება იგი), მცენარის განვითარების ფაზა და ქსოვილის მიტოზური მდგომარეობა, მუტაგენის სახე და დოზა და მოქმედების ხანგრძლივობა, მუტაგენური ეფექტის მოდიფიცირების რეპარაციულ პროცესებზე გამოვლენის შესაძლებლობა.

ფიზიკური და ქიმიური მუტაგენები ხასიათდებიან განსხვავებული მოქმედებით. ფიზიკური მუტაგენების მოქმედება უფრო ზუსტია და ორგანიზმში არ რჩება, ამიტომ ისინი უფრო ხშირად იძლევიან ნეიტრალურ ან სასარგებლო მუტაციებს, მაგრამ თაობაში მრავალფეროვნება არ აღინიშნება. ქიმიური საშუალებები კი ძირითადად სითხეები, რომლებიც ხშირად იჭრებიან უჯრედის სტრუქტურაში, იწვევენ ღრმა ცვლილებებს და ხშირად თავის მოქმედებას აგრძელებენ ცდის დამთავრების შემდეგაც. ამიტომ ქიმიური მუტაგენეზის დროს უფრო მეტად მიღება ჯუჯა, მახინჯი ფორმები. ქიმიური მუტაგენები ხასიათდება დიდი მრავლფეროვნებით. ფიზიკური და ქიმიური მუტაგენები მზა სასელექციო საწყის მასალას არ იძლევა. იგი საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ მრავალფეროვანი სასელექციო-საწყისი მასალა, რომელთა გამოყენება ჰიბრიდიზაციაში საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ პრაქტიკულად საინტერესო ახალი ჯიშები და ფორმები.

ბუნებრივი და ექსპერიმენტული მუტაგენეზის ძირითადი თვისებების შესწავლის საფუძველზე, გენეტიკაში წარმოიშვა მემკვიდრეობითი ცვალებადობის მიზნობრივად მიღების პრობლემა. აღმოჩნდა, რომ ქიმიურ მუტაგენებს შორის ხორბლის ფიზიოლოგიური მუტაციის გამოწვევის შესაძლებლობით გამოირჩევა ეთილენიმინი. გამა-სხივები იძლევიან მეტი რაოდენობით ადრეულ ფორმებს, ეთილმეთანსულფონატი-მრავალპარკიან და კომპაქტურად განლაგებულ ფორმებს. ულტრაიისფერი სხივებით შეიძლება დნმ მოლეკულის თანდათანობითი დენატურაცია.

სპეციფიკური მუტაგენის გამოყენებითა და მათი მემკვიდრეობით ცვალებადობის გენეტიკის ცოდნით შესაძლებელია მიზნობრივი მუტაციის მისაღებად მუტაციური

პროცესის შეცვლა. მუტაციის მიზნობრივად მიღების პროცესის დაუფლებამ, შეიძლება მომავალში უზრუნველყოს სასურველი მემკვიდრეობითი ნიშნების მქონე ფორმების შექმნის შესაძლებლობა და სელექციაში მათი გამოყენება.

ექსპერიმენტალური მუტაგენეზის გამოყენება მცენარეთა სელექციაში

სელექციაში ექსპერიმენტული მუტაგენეზის გამოყენების პრობლემას მხოლოდ 50-წლების დასაწყისში მიაქციეს განსაკუთრებული ყურადღება. იგი დაკავშირებული იყო ფიზიკის და ქიმიის დიდ მიღწევებთან. პირველი მკვლევარები, რომლებმაც აღიარეს ხელოვნური მუტაციის მნიშვნელობა მცენარეთა სელექციაში იყო ა. საპეგინი და ლ. დელონე. მათ მიიღეს ხორბლის სამეურნეო და სასარგებლო მუტანტური ფორმები. მანამდე ბევრი მკვლევარი მუტაგენების გამოყენებას სელექციაში უარყოფითად უყურებდა. მცენარეთა სელექციაში ექსპერიმენტალური მუტაგენეზის გამოყენებაზე ფართოდ გაიშალა მუშაობა შვეციაში, ყოფილ საბჭოთა კავშირში, იაპონიაში, აშშ, ინდოეთში, ჩეხოსლოვაკიაში, საფრანგეთსა და სხვ. ქვეყნებში.

ექსპერიმენტალური მუტაგენეზის საშუალებით მიღებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ისეთი ფორმები, რომელთაც აქვთ: ჩაწოლისადმი გამძლეობა, ყინვაგამძლეობა, ადრეულობა, ცილის და წებოგვარას გადიდებული შემცველობა, სოკოვანი და სხვა დაავადებებისადმი გამძლეობა. არსებობს ხელოვნური მუტაციის სელექციური გამოყენების ორი ძირითადი გზა. 1. ყველაზე საუკეთესო დარაიონებული ჯიშებისაგან მიღებული მუტაციის პირდაპირი გამოყენება; 2. მუტაციის გამოყენება ჰიბრიდიზაციის პროცესში. პირველ შემთხვევაში ხდება არსებული ჯიშის ზოგიერთი სამეურნეო-ბიოლოგიური ნიშნის გაუმჯობესება და ცალკეული ნაკლის გამოსწორება. თუ მუტაციის პირდაპირი გამოყენება არ იძლევა სწრაფ შედეგს საჭირო ხდება საწყისი მასალის გამოყენება ჰიბრიდიზაციაში. შეჯვარება თვისობრივად ცვლის ცალკეული მუტაციის გავლენას მრავალ ნიშან-თვისებების განვითარებაზე.

ექსპერიმენტალური მუტაგენეზის გამოყენებით წარმატებით შეიძლება გადაიჭრას შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს შეუჯვარებლობა, აგრეთვე ტრანსლოკაციის გზით ველური ფორმების ქრომოსომების ცალკეული ლოკესების გადანერგვა კულტურულ მცენარეთა ქრომოსომულ კომპლექსში. ე. სირსმა შეძლო ეგილოპსიდან ხორბლის გენომში გადაეტანა ქრომოსომის ნაწილაკი, რომელიც აკონტროლებდა ჟანგასადმი გამძლეობას. ფ. ელიოტმა ჟანგასთან ხორბლის გენომში გადაიტანა ღეროს ჯანგასა და გუდაფშუტას მიმართ გამძლეობის ლოკუსი.

მცენარეთა თაობას, რომელიც მიღებულია მუტაგენებით დამუშავებული თესლიდან აღინიშნება M ასოთი, ხოლო მისგან მიღებული თაობა M_1-ით და ა. შ. M_n.

დღეისათვის მსოფლიოში შექმნილია სასოფლო-სამეურნეო მცენარეთა 1000-ზე მეტი მუტანტური ჯიში. თუ 1980 წლისათვის წარმოებაში დარაიონებული ჯიშებიდან მუტაგენებით მიღებული იყო 2%, 2000 წლისათვის ეს მაჩვენებელი 35%-მდე ავიდა. მნიშვნელოვანი მუტაციური ფორმები და ჯიშები მიღებულია ხორბლის, ქერის, სოიას, ბარდის, მზესუმზირას, ბრიჯის, შვრიის კულტურაში.

თავი VII
პოლიპლოიდია და ქრომოსომების რიცხვის სხვა ცვლილებები

ადამიანი უხსოვარი დროიდან გამოარჩევდა თავისი ინტერესების შესაბამისად შეცვლილ მცენარეთა პრაქტიკულად საინტერესო პოლიპლოიდურ ფორმებს. 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 მარტივი მეთოდი კოლხიცინი. ამჟამად პოლიპლოიდები, როგორც სასელექციო მასალა, მიღებულია თითქმის ყველა კულტურულ მცენარეში.

მემკვიდრეობით ცვალებადობას, რომელიც დაკავშირებულია ქრომოსომათა ბაზისური რიცხვის ჯერად გადიდებასთან უწოდებენ პოლილოიდიას. პოლიპლოიდია ნიშნავს ქრომოსომების რიცხვის ცვალებადობას. 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 პოილიპლოიდია უწოდა. ციტოლოგიური გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ფარულთესლოვან 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 შეიძლენა განხვიხილოთ, როგორც პოლიპლოიდიის განვითარების პირველი ნაბიჯი, ზიგოტა კი პირველი პოლიპლოიდური ფორმაა. პოლიპლოიდია იწვევს მცენარის ბუნების ღრმა და მრვალმხრივ ცვლილებას, პოლიპლოიდია იწვევს ბირთვის და უჯრედის ზომების, ბაგეების და ქლოროპლასტების რიცხვის ზრდას, იზრდება ფოთლის, ყვავილის ნაყოფის, თესლის, ვეგეტატიური მასისა და მცენარის საერთო სიძლიერე. უმჯობესდება ტექნოლოგიური თვისებები. სწორედ ამიტომ, პ.

ჟუკოვსკი ამბობდა: ადამიანი უმეტესწილად იკვებება პოლიპლოიდიის პროდუქტებით. უფრო ხშირად ველური ფორმებით. 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, ლობიო. ნათელია ამ გვარების ევოლუცია მიმდინარეობდა ქრომოსომების რიცხვის შეუცვლელად, ერთი და იმავე გენომის ქრომოსომის სტრუქტურული გადახალისების საფუძველზე.

პოლიპლოიდიის ტიპები და პოლილოიდების კლასიფიკაცია

ევოლუციის პროცესში და ექსპერიმენტული ზემოქმედებისას, პოლიპლოიდური ფორმები უმეტესწილად წარმოიქმნებიან მიტოზის და მეიოზის დარღვევის შედეგად აქედან გამომდინარე არჩევენ პოლიპლოიდიის წარმოქმნის ორ ტიპს: მიტოზურ 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 მათ შერწყმა ხშირად უშედეგოა და პოლიპლოიდური 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 ორჯერადი გადიდებით მიიღება ტეტრაპლოიდები, ექვსჯერადით-ჰექსალოიდები, რვაჯერადით-ოქტაპლოიდებით. თუ ჰაპლოიდური ანაწყობი იზრდება სამჯერ მიიღება ტრიპლოიდი, თუ ხუთჯერ პენტაპლოიდი. ავტოპოლიპლოიდია კულტურულ მცენარეებში გვაძლევს ვეგეტატიური ორგანოების ზრდას, ნაყოფის და თესლის სიმსხოს 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 კუტურის სელექციურ მუშაობაში. მისი დახმარებით შეიძლება მივიღოთ საწყისი მასალა, განსაკუთრებით გამოიყენება ახალი კონსტანტური ფორმების მისაღებად. მიზანშეწონილია ავტოპოლიპლოიდების მიღება უსქესო და ვეგეტატიური გამრავლების დროს. ავტოპოლიპლოიდიის მნიშვნელოვანი

შედეგია მიღებული მრავალ კულტურაში, რომელთაგან განსაკუთრებით აღსანიშნავია: ჭვავის მოკლეღეროიანი ტეტრაპლოიდური ფორმები, რომელთაც აქვთ მსხვილი მარცვალი (გერმანია და შვეცია); დატოტვილთავთავიანი ტეტრაპლოიდური ჭვავი, რომელიც გამოირჩევა მაღალპროდუქტიულობით (აკად. ნ. ციცინი); ტეტრაპლოიდური საშემოდგომო ჯიში-ბელტა, რომელიც მოკლეღეროიანია, მკვრივი და მსხვილი მუხლთშორისებით (ბელორუსია). მიღებულია სამყურას ტეტრაპლოიდური ფორმები, რომლებიც მწვანე მასის მოსავლიანობით ერთნახევრჯერ და მეტად აჭარბებენ საწყის ფორმებს (რუსეთი). წიწიბურას ტეტრალოიდური ფორმები გაცილებით მსხვილმარცვლიანია და მაღალმოსავლიანი (რუსეთი). გამოყვანილია სიმინდის ტეტრაპლოიდური ხაზი Ca^{s}–გენით, რომელიც არ მტვერიანდება ჩვეულებრივი დიპლოიდური ჯიშებით (რუსეთი). ავტოპოლიპლოიდიის განსაკუთრებით დიდი მიღწევაა ტრიპლოიდური შაქრის ჭარხლის მიღება, რომელშიც გაზრდილია შაქრიანობა და მაღალმოსავლიანობა (რუსეთი). საზამთროს ტეტრაპლოიდური და დიპლოიდური ფორმების შეჯვარებით მიღებულია ტრიპლოიდური უთესლო საზამთრო (იაპონია). ავტოპოლიპლოიდური ფორმები წარმატებით გამოიყენება ვაშლის, ვაზის, ციტრუსების და ჩაის კულტურაში.

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 ერთი-ავტოსინთეზი, როცა ხდება ერთ მშობლიურ ფორმაში ქრომოსომების ერთმანეთს შორის კონიუგაცია და მეორე-ალოსინთეზი, როცა ხდება სახვადასხვა გენომის ქრომოსომებს შორის კონიუგაცია. ეს კი მიუთითებს, რომ ამფიდიპლოიდებს აქვთ შესაძლებლობა გენომების ახალი კონიუგაციის დროს მოახდინოს ლოკუსების რეკომბინაცია და წარმოქმნას ახალი ფორმები. ალოპოლიპლოდებს ახასიათებს მკვეთრად გამოხატული ჰიბრიდული სიძლიერე, რომელიც მტკიცედ ინახება შემდგომ თაობებში.

ალოპოლიპლოიდიის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს გ. კარპეჩენკოს მიერ მიღებული კომბოსტოსა და ბოლოკის ჰიბრიდი. მიუხედავად იმისა, რომ ამ გვარებს დიპლოდურ ანაწყობში აქვთ ქრომოსომების ერთნაირი ანაწყობი (2n=18), . ჰიბრიდები სრულიად სტერილურია. აღმოჩნდა, რომ ქრომოსომები (n=9) კონიუგაციაში არ შედის ბირთვის ქრომოსომებთან (n=9). ამიტომ ჰიბრიდი უნაყოფოა. შემდეგში ხელახალი განაყოფიერებით აღდგა ნაყოფიერება, რადგან თვითოეულ გამეტას ჰქონდა 9+9 ანაწყობი, ხოლო ჰიბრიდს 36 ქრომოსომა, ბოლოკის და კომბოსტოს ორი სრული ანაწყობი. ასეთ შემთხვევაში მეიოზი წარიმართება ქრომოსომის თავისივე მეწყვილე ქრომოსომასთან. ამიტომ მიიღება, როგორც ნაყოფიერი ასევე კონსტანტური ფორმებიც. გ. კარპეჩენკოს შრომებმა შემდგომში საფუძველი ჩაუტყარა ალოპოლიპლოიდიის პრაქტიკულ გამოყენებას. ცნობილია, რომ ყველა გვარს აქვს

თავისი შესაძლებლობის ზღვარი მოსავლიანობისა და პროდუქტიულობის მიხედვით. ამფიდიპლოიდების მიღებით საშუალება გავქვს გადავლახოთ ცალკეული გვარის შესაძლებლობის ზღვარი. 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 კულტურული გვარის ტრიტიკალეს შექმნა, რომელიც მიღებულია ხორბლის და ჭვავის შეჯვარებით.

ხორბალი ძირითადი სასურსათო კულტურაა, რომელშიც შესანიშნავადაა თავმოყრილი ადამიანისათვის საჭირო ყველა ამინომჟავები და განსაკუთრებით შეუცვლელი ამინომჟავები. ხორბლის პოლიპლოიდურ რიგში აღმოჩნდა, რომ 42 ქრომოსომიანი ფორმები ზღვარია, რომლის შემდეგაც მოსავლიანობა კი არ მატულობს, არამედ კლებულობს. ხორბალს აქვს, რიგი დადებითი თვისებები-პლასტიურობა, მაღალპროდუქტიულობა, მაღალხარისხოვანი მარცვალი, მაგრამ აქვს უარყოფითი ნიშნებიც, ადვილად ავადდებიან სოკოვანი დაავადებებით, ხასიათდებიან ნაკლებ თავთუნიანობით, ჭვავში გავქვს მრავალთავთუნიანობა, ჩაწოლისადმი გამძლეობა და რაც მთავარია სოკოვანი დაავადებებისადმი გამძლეობა. ზემოთ აღნიშნული დადებითი ნიშან-თვისებების ერთ ორგანიზმში გაერთიანება, საფუძველს ქმნის ახალ გვარში მკვეთრად გაიზარდოს მოსავლიანობის პოტენციალური შესაძლებლობა. პირველი ხორბალ-ჭვავის ჰიბრიდი 1988 წელს აღმოაჩინა რიმპაუმ გერმანიაში, ხოლო პისარევმა და სალევმა უწოდეს ტრიტიკალე-Triticale (ხორბალი-Triticum და ჭვავი-Secale). შემდეგში დერჟავინის, პისარევის, ციცინის, შულინდინის მიერ შეიქმნა ტრიტიკალეს მრავლთესლოვანი პოლიპლოიდური ფორმები.

დღეისათვის ტრიტიკალეს მიღების სამი გზა არსებობს. რბილი ხორბლის შეჯვარებით ჭვავთან 56 ქრომოსომიანი ტრიტიკალეს მიღება.

$A_1A_1B_1B_1D_1D_1$ X RR

რბილი ხორბალი ჭვავი

(2n=42) ↓ (2n=14)

A_1B_1DR

21+7

კოლხიცინირება

↓

$A_1A_1B_1B_1DDRR$

2n=56

56 ქრომოსომიანი ოქტაპლოიდური ტრიტიკალეს ტიპისათვის დამახასიათებელია მსხვილი თავთავი, სწრაფი ზრდა, ზამთარგამძლეობა, დაავადებებისადმი გამძლეობა, ცილისა და ლიზინის მაღალი შემადგენლობა. ტრიტიკალეს ამ ტიპისათვის დამახასიათებელია დაბალი ნაყოფიერება და შემარცვლა, რაც გამოწვეულია ანეუპლოიდების დიდი რაოდენობით.

ტრიტიკალეს მიღების მეორე გზაა მაგარი ხორბლის შეჯვარება ჭვავთან, საიდანაც ვღებულობთ 42 ქრომოსომიან ფორმას.

AABB X RR

მაგარი ხორბალი ჭვავი

(2n=28) ↓ (2n=14)

ABR

14+7

კოლხიცინირება

↓

AABBRR

2n=42

42 ქრომოსომიანი-ჰექსაპლოიდურ ტრიტიკალეში იცვლება თავთავის მორფოლოგიური ნიშნები და ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური თვისებები. იზრდება თავთავის შემარცვლა, მაგრამ მარცვალი ძლიერ დანაოჭებულია. ხორბლის A და B გენომი ადვილად კონიუგირდება, ხოლო ჭვავის B გენომის ავტოსინთეზი საშუალებას იძლევა გაიზარდოს ტრიტიკალეს ნაყოფიერება. ამიტომ კიშში უფრო პერსპექტიულ გზად ჰექსაპლოიდური ფორმების მიღებას მიიჩნევს.

ა. შულინდინის მიერ შემოთავაზებულია ტრიტიკალეს მიღების მესამე გზა, სადაც შესაძლებელია ერთ ორგანიზმში გაერთიანდეს მაგარი და რბილი ხორბლის და ჭვავის გენომები. იგი გვთავაზობს პირველი თაობის (რბილი ხორბალი X ჭვავი) ჰიბრიდები დაიმტვეროს მაგარი ხორბლის მტვრის მარცვლებით. ამ დროს ხდება რბილი ხორბლის D გენომის, ასევე მაგარი და რბილი ხორბლის A და B გენომის ელიმინაცია და მიიღება ფორმა, რომელშიც არის 14-14 რბილი და მაგარი ხორბლის ქრომოსომა და 14 ჭვავის ქრომოსომა.

$A_1A_1B_1B_1DD$ X RR

რბილი ხორბალი ჭვავი

↓

A_1B_1DR X AB

მაგარი ხორბალი

↓

AA_1BB_1RR

2n=42

ა. შულინდინის მიერ ამ გზით მიღებულია საუკეთესო ჯიშები AD-206, AD-201, AD-196, რომელიც დარაიონებულია და გაცილებით მაღალმოსავლიანია ვიდრე ხორბალი.

ანეუპლოიდები-ისეთი ორგანიზმებია, რომელთა ქრომოსომების ძირითად ანაწყობს ემატება ან აკლდება ერთი ან რამდენიმე ქრომოსომა. ანეუპლოიდებს, რომელთაც აკლიათ ერთი წყვილი ჰომოლოგიური ქრომოსომა ეწოდება მონოსომიკები (2n-1). თუ ქრომოსომთა ანაწყობს ემატება ერთი ქრომოსომა მიიღება ტრისომიკები (2n+1), ხოლო თუ ქრომოსომთა ანაწყობს აკლია ორი ჰომოლოგიური ქრომოსომა ეწოდება ნულისომიკები (2n-2). ყოველ გადახრას აღნიშნავენ პოლისომიკებით.

ბუნებაში ანეუპლოიდების სიხშირე 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 მეოხებით შესაძლებელი გახდა ,,გენეტიკური ინჟინერიის'' გამოყენება, ერთი ჯიშიდან მეორეში საჭირო ქრომოსომების გადატანა ან დამატება.

პოლიპლოიდიის საპირისპირო პროცესია ჰაპლოიდია. ჰაპლოიდები ისეთი ორგანიზმებია, რომლებშიც საწყის ფორმასთან შედარებით განსხვავებულია 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. ხელოვნური ჰაპლოიდების მისაღებად იყენებენ რამდენიმე მეთოდს. 1. უცხო მტვრით დამტვერიანება. ამ დროს ხდება ჰაპლოიდური პართენოგენეზის სტიმულაცია, უცხო მტვრით ირღვევა განაყოფიერების პროცესი. 2. რენტგენის ან გამა სხივებით დასხივებული მცენარის მტვრით დამტვერიანება. ამ დროს დასხივებული მტვრის მარცვალი კარგავს განაყოფიერების უნარს და სტიმულირებას უკეთებს კვერცხუჯრედს. 3. ტყუპების მეთოდი-როცა ერთი თესლისაგან შეიძლება განვითარდეს ორი ან მეტი ინდივიდი-ტყუპი. შეიძლება ისინი დავაშოროთ და გავზარდოთ ცალ-ცალკე. 4. დამტვერიანების დაყოვნება. დამტვერვის დაგვიანებისას შეიძლება კვერცხუჯრედისაგან, სინერგიდისაგან, ანტიპოდისაგან მივიღოთ ჰიბრიდები. 5. სამტვრეს კულტურა. ამ დროს ხდება ჰაპლოიდური უჯრედის და ქსოვილის კულტურის მიღება და მათგან ჰაპოლიდური მცენარეთა რეგენერაცია.

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

თავი VII

შორეული ჰიბრიდიზაცია

შორეულ ჰიბრიდიზაციას დიდი ხნის ისტორია აქვს. სელექციური მუშაობის პრაქტიკა ნათლად გვიჩვენებს, რომ ცალკეული ამოცანის გადასაწყვეტად, სახეობის ფარგლებში შეჯვარება ხშირად არაეფექტურია. თეორიული და პრქატიკული თვალსაზრისით, შორეული ჰიბრიდაზცია ძალიან საინტერესოა. მრავალ კულტრულ მცენარეთა გვარებისა და სახეობების ევოლუციაში მას გადამწყვეტი როლი

მიეკუთვნება. პირველად, ორ საუკუნეზე მეტი ხნის წინ, ი. კერლეიტერმა ჩაატარა შორეული ჰიბრიდიზაცია და გამოიყენა 13 ბოტანიკური გვარის 50-ზე მეტი სახეობა. შორეული ჰიბრიდიზაცია ეს არის სხვადასხვა სახეობების და გვარის ორგანიზმთა შეჯვარება. აქედან გამომდინარე შორეული ჰიბრიდიზაცია შეიძლება იყოს სახეობათაშორისი და გვარათაშორისი. მაგალითად, სახეობათაშორისია რბილი ხორბლის შეჯვარება მაგართან, ან ხორბლის სხვადასხვა სახეობების ურთიერთშეჯვარება. გვართაშორისი შეჯვარებაა ხორბლის ჭვავთან, ქერთან ან ჭანგასთან შეჯვარება. განმეორებული შორეული ჰიბრიდიზაციისას გენეტიკური მასალის ერთი გვარიდან ან სახეობიდან მეორეში სპონტანური ჩართვა (ინტროგრესია), ძლევს მათ შორის საიზოლაციო ბარიერს. შორეული ჰიბრიდიზაციის მიზანია სახეობების და გვარების ნიშან-თვისებების შერწყმით მივიღოთ ახალი ფორმები და ჯიშები. დედამიწაზე არსებულ ფარულთესლოვან მცენარეტა სახეობებიდან ადამიანი დაახლოებით 0,12%-ს იყენებს. აღსანიშნავია, რომ ველური მცენარეები ატარებენ ისეთ განსაკუთრებულ თვისებებს, რაც სრულებით არ აქვთ ან სუსტად აქვთ გამოხატული კულტურულ ჯიშებს. შორეული ჰიბრიდიზაცია საშუალებას გვაძლევს შეიქმნას ისეთი ჯიშები, რომლებსაც მაღალპოდუტიულობასთან ერთად ექნებათ ადაპტაციის მაღალი უნარი, დაავადებებისა და მავნებლებისადმი გამძლეობა და სხვ.

შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს ადგილი აქვს რთულ ფორმათა წარმოქმნის პროცესს. გენების რეკომბინაციის შედეგად წარმოიქმნება ფორმები ისეთი ნიშან-თვისებებით, რომელთა მიღება შეუძლებელია სახეობისშიგა ჰიბრიდიზაციისას. შორეული ჰიბრიდები, ხშირად გამოირჩევიან ძლიერი განვითარებითა და გვალვაგამძლეობით, ნაყოფისა და თესლის სიდიდით, ზამთარგამძლეობით, დაავადებებისადმი გამძლეობით. დედამიწაზე ცოცხალ ორგანიზმთა ევოლუციამ მოახდინა მის ცალკეულ დისკრეტულ ერთეულებად დიფერენცირება. მცენარეთა გეოგრაფიულად, ანატომიურ-მორფოლოგიურად, ფიზიოლოგიურად და გენეტიკურად დიფერენცირებულ ბიოლოგიურ სახეობებს შორის კი შორეული ჰიბრიდიზაცია აწყდება მრავალ დიდ წინააღმდეგობებს, როგორც ბუნებაში, ისე პრაქტიკულ სელექციაში.

სახეობების შეუჯვარებლობა, მისი მიზეზები და დაძლევის მეთოდები

შორეული ჰიბრიდების მიღების ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია შეუჯვარებლობა, რაც უფრო მაღალი ხარისხის ტაქსონომიური ერთეულების შეჯვარება ხდება, მით გაძნელებულია შეჯვარება. შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს შეუჯვარებლობას, როგორც ბუნებაში ისე პრაქტიკულ სელექციაში იწვევს:ა. სახეობების გეოგრაფიული იზოლაცია და მათი არეალის განცალკევებულობა; ბ. მცენარეთა დამტვერიანების გაძნელება, რაც გამოწვეულია გამრავლების ციკლის დაუმთხვევლობასთან, სასქესო ორგანოების აგებულების თავისებურებასთან და სამტვრე მილისა და ბუტკოს ქსოვილის შეუთავსებლობასთან; გ. განაყოფიერებისადამი ხელის შემშლელი პირობები, რაც განპირობებულია შერწყმაში მონაწილე სასქესო უჯრედების გენოტიპების, ან ბირთვის და ციტოპლაზმის შეუთავსებლობით, რაც იწვევს განაყოფიერებული კვერცხუჯრედის ნაკლებ სიცოცხლისუნარიანობას, ჰიბრიდის სრულ ან დაბალ ნაყოფიერებას.

შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს შეჯვარების უნარიანობაზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა, ჰაერის ტენიანობა, მცენარის ასაკი, გენერაციული ორგანოების განვითარების ხარისხი. სხვადასხვა სახეობათა შეჯვარების დროს შეიმჩნევა რეციპროკნული შეჯვარების გავლენა მარცვლის გამონასკვაზე. მაგალითად, ჰიბრიდულ კომბინაციაში საშემოდგომო ხორბალი X ჭვავი, გამონასკვის პროცენტი იყო 60,5%, ხოლო შებრუნებულ კომბინაციაში ჭვავი X საშემოდგომო ხორბალი, 3,6%. მართალია შორეული შეჯვარებისას ხშირად ხდება განუვითარებელი მარცვლების მიღება, მაგრამ ცნობილია ისიც, რომ დიდი რაოდენობით ყვავილის მტვრით დამტვერიანებისას მაინც მიიღება ერთეული ჰიბრიდული თესლი.

შორეული ჰიბრიდიზაციის პრობლემის ფუძემდებელია ი. კერლეიტერი, რომელმაც 1761 წელს პირველმა გამოაქვეყნა ცნობა თამბაქოს ორი სახეობის შეჯვარების შესახებ. წეკოს და თამბაქოს შეჯვარების შედეგად მან შეძლო დაედგინა გენეტიკისა და სელექციისათვის მნიშვნელოვანი დებულებები: 1. მცენარეში სქესის არსებობა; 2. ჰეტეროზისი პირველ თაობაში; 3. ჰიბრიდული მცენარეებისაგან საწყისი სახეობების აღდგენის შესაძლებლობა; 4. ჰიბრიდულ მცენარეებში ფორმათაწარმოქმნის პროცესი;

სხვადასხვა სახეობების და გვარების შეუჯვარებლობის დასაძლევად გამოყენებულია სხვადასხვა მეთოდები: ბუტკოს ამუშავებენ ზრდის სტიმულატორებით, თესლკვირტებს აკულტივირებენ საკვებ არეში, წინასწარ ზემოქმედებას ახდენენ მდედრობით ფორმაზე რადიაციითა და ქიმური ნივთიერებებით, ცვლიან მშობლების პლოიდურობის დონეს, შეჯვარებაში სხვადასხვა ბიოტიპის გამოყენება, შუამავლის გამოყენება, რეციპროკნული შეჯვარება, სვეტის შემოკლება, ნარევი მტვრით დამტვერიანება, მტვრის მარცვლების ხანგრძლივი დროით შენახვა.

შორეული ჰიბრიდიზაციისას მცენარეთა შეუჯვარებლობის დასაძლევად რუსი სელექციონერი ი. მიჩურინი წარმატებით იყენებდა შემდეგ მეთოდებს: ნარევი მტვრით დამტვერიანება, წინასწარი ვეგეტატიური დაახლოება და შუამავლის მეთოდი.

მიჩურინმა შეძლო ვაშლის და მსხლის, ალუბლის და შოთხვის, კომშის და მსხლის, ჭერმის და ქლიავის ჰიბრიდების მიღება ნარევი მტვრით დამტვერიანებით. სხვადასხვა მტვრის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა ბუტკოს დინგის სტიმულირება, რამაც ხელი შეუწყო ფერმენტულ პროცესებს და მოხდა მტვრის გაღივება.

წინასწარ ვეგეტატიური დაახლოების დროს მიჩურინი იყენებდა მყნობას. ერთ მცენარეზე ამყნიდნენ სხვადასხვა გვარის ან სახეობის მცენარეს, რის შედეგადაც ხდებოდა ნამყენი ქსოვილების შეზრდა და სტიმიულაცია ეძლეოდა მეორე მცენარის სამტვრე მილის გაღივებას. ასე შეძლო მან ვაშლის და მსხლის შეჯვარება.

შუამავლის მეთოდის გამოყენების დროს მიჩურინმა გამონახა, ისეთი სახეობა რომელიც უჯვარდება მეორე სახეობას. მაგალითად A არ უჯვარდება B-ს, მაგრამ B უჯვარდება C-ს. იგი ჯერ უჯვარებდა B-სა და C-ს, ხოლო შემდეგ მიღებულ ჰიბრიდს უჯვარებდა A-ს. კულტურული ატმის და ველური ნუშის შეჯვარება სწორედ ამ მეთოდით შეძლო (შუამავალი იყო დავიდის ატამი).

შორეული ჰიბრიდების უნაყოფაობა, მისი მიზეზები და დაძლევის ხერხები

შორეული ჰიბრიდის მიღებაში ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემაა უნაყოფობა. უნაყოფობის მიზეზია: ა. გენერაციულ ორგანოთა განუვითარებლობა; ბ. მეიოზის დარღვევა, რომელიც იწვევს სხვადასხვანაირი დონით არასიცოცხლისუნარიანი მტვრის და ანომალური კვერცხუჯრედის წარმოქმნას.ორივე შემთხვევაში ვლინდება ჰიბრიდთა სტერილობა ან ნახევრად სტერილობა.

გ. კარპეჩენკომ, რომელიც სწავლობდა შორეულ ჰიბრიდთა ციტოგენეტიკას, მოგვცა ჰიბრიდთა კლასიფიკაცია. მან ისინი დაყო ორ ჯგუფად: კონგრუენტული და ინკონგრუენტული. კონგრუენტული უწოდა ისეთ მახლობელ სახეობათა შეჯვარებას, როცა მშობელ ფორმებს აქვთ ქრომოსომების შესაბამისი ანაწყობი. მაგ. 2n=42 X 2n=42; 2n=28 X 2n=28; 2n=14 X 2n=14 და ა.შ.; ინკონგრუენტული ისეთი შეჯვარებაა, როცა მშობელი ფორმები ხასიათდებიან ,,არაშესაბამისი'' ქრომოსომული ანაწყობით. ამის შედეგად გვაქვს არასწორი მეიოზი, რაც იწვევს პირველი თაობის სტერილობას. მაგ. 2n=42 X 2n=28; 2n=42 X 2n=14; ან ხორბალი და ჭვავი, კომბოსტო და ბოლოკი.

შორეული ჰიბრიდების სტერილობის ძირითადი მიზეზები მიკრო და მაკროსპოროგენეზთან დაკავშირებით შეიძლება იყოს:1. შესაჯავარებელ სახეობათა ქრომოსომების განსხვავებული რაოდენობა, რაც იწვევს უნივალენტების წარმოქმნას. განსხვავებული სახეობები პირველ თაობაში ვერ ახერხებენ ქრომოსომთა დაწყვილებას, მეიოზში არ წარმოქმნიან ბივალენტებს და რჩებიან უნივალენტებად. მაგ. ხორბალი და ჭვავი. 2. პირველი თაობის ჰიბრიდებში ქრომოსომთა კონიუგაციის უქონლობა ან დარღვევა თანაბარი რაოდენობის ქრომოსომების მქონე სახეობების შეჯვარებისას. ამ დროს ხდება კონიუგაცია, მაგრამ იგი წარიმართება არასწორად და რჩება ბევრი უნივალენტი, რაც იწვევს უნაყოფობას. მაგ. ტრიტიკუმ დურუმ X ტრიტიკუმ ტიმოფეევი. 3. ერთი სახეობის ქრომოსომების მეორე სახეობის ციტოპლაზმასთან შეუთავსებლობა. შესაჯვარებელი მშობელი ფორმების ციტოპლაზმის ბიოქიმიური შეუთავსბელობა იწვევს ნორმალური რეპლიკაციის უნარს, რის შედეგადაც იხშობა მიტოზი და ჰიბრიდი რჩება უნაყოფო, ან ციტოპლაზმის და ბირთვის შეუთავსებლობამ შეიძლება გამოიწვიოს ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილობა. 4. შესაჯვარებელ სახეობათა ჰიბრიდებში ცალკეულ ქრომოსომთა ურთიერთშენაცვლების უუნარობა. მშობლები ინარჩუნებენ კონიუგაციის და ბივალენტების წარმოქმნის უნარს, მაგრამ გენეტიკურად იმდენად განსხვავებული აღმოჩნდენენ, რომ მეიოზის პროცესში ვერ შეძლეს ფუნქციონირება რეკომბინაციის დროს. ასეთ დროს ხშირად მიიღება მახინჯი ფორმები.

ჩვენ უკვე ავღნიშნეთ, რომ ჰიბრიდების სტერილურობა ან ნაყოფიერების დაბალი დონე შეიძლება განპირობებული იყოს ქრომოსომებით, გენებით, მშობელი ფორმების შეუთავსებლობოთ. ამიტომ უნაყოფობის დასაძლევად შეიძლება გამოვიყენოთ მრავალი მეთოდი. ჰიბრიდებში სტერილობის დასაძლევად გამოყენებულია: 1. პირველი თაობის ჰიბრიდების შეჯვარება ერთ-ერთ მშობელ ფორმასთან. ამ მეთოდს წარმატებით იყენებენ ხორბალ-ჭვავის ჰიბრიდების მისაღებად, მაგრამ განმეორებითი დამტვერიანების დროს ხდება ერთი მშობელი ფორმის გაძლიერება და მეორე თაობაში მცირდება მეორე

მშობლის ნიშან-თვისებები, რაც ხშირ შემთხვევაში არასასურველია. 2. პირველი თაობის ჰიბრიდების ფერტილურ მცენარეთა მტვრის მარცვლებით დამტვერვა. დიდი მასშტაბით მუშაობისას, ხშირად გამოერევა ისეთი მცენარე, რომელსაც აქვს ფერტილური მტვრის მარცვალი, მისი გამოყენებით კი შეიძლება შთამომავლობაში აღვადგინოთ ფერტილობა. 3. მიჩურინი უნაყოფობის დასაძლევად იყენებდა მენტორის მეთოდს, უნაყოფო მცენარის კალამს ამყნობდა მსხმოიარობის უნარის მქონე მცენარეზე, რითაც ახალგაზრდა ჰიბრიდული მცენარე იძენდა მსხმოიარობის უნარს. 4. უანყოფობის დაძლევის ყველაზე ქმედითი და თანამედროვე მეთოდია პოლიპლოიდია. ქრომოსომთა რიცხვის გაორმაგება ამფიდიპლოიდების მისაღებად, ბალანსირებულ ქრომოსომთა რაოდენობის მიხედვით.

შორეულ ჰიბრიდებში ფორმათა წარმოქმნის თავისებურებანი და მათი გამოყენება მცენარეთა სელექციაში

გვართაშორისი და სახეობათაშორისი ჰიბრიდები ხასიათდებიან ცვალებადობის გაცილებით დიდი სპექტრით. ცვალებადობის ხასიათი და სიდიდე არაერთგვაროვანია და დამოკიდებულია მათი მშობელი ფორმების ფილოგენეტიკურ სიახლოვეზე, ქრომოსომთა რიცხვსა და მათი სტრუქტურის სპეციფიკურობაზე. ფენოტიპის მიხედვით ჰიბრიდთა ნაწილი ემსგავსება ერთ მშობელს, მეორე მეორე მშობელს, ხოლო ზოგიერთს უნვითარდება სრულიად ახალი ნიშნები. შორეული ჰიბრიდების მეორე თაობაში და შემდგომ მიმდინარეობს ფორმათა წარმოქმნის დიდი და რთული პროცესი. ხშირად ეს პროცესი გრძელდება 5-8 თაობის მანძილზე. ფორმათა წარმოქმნის პროცესი კარგად აქვთ შესწავლილი გ. მეისტერს, ნ. ციცინს, გ. ლაპჩენკოს და სხვ. ხშირად შორეულ ჰიბრიდებში წარმოიქმნება ისეთი ფორმებიც, რომლებიც სრულიად არ გვხვდება ამ კულტურათა გავრცელების არეალში. ფორმთა წარმოქმნის თავისებურება განაპირობებულია მშობელი ფორმების ფილოგენეტიკურ სიახლოვეზე. ამის მიხედვით შეიძლევბა იყოს: 1. გვართაშორისი ჰიბრიდიზაცია; 2. მრავალგვარობრივი და მრავალსახეობრივი ჰიბრიდიზაცია; 3. ახლომონათესავე სახეობების შეჯვარება.

შორეული ჰიბრიდიზაცია მნიშვნელოვნად ადიდებს მუტაგენური ზემოქმედების ეფექტურობას. უკანასკნელი გამოკვლევებით დადგინდა, რომ შორეულ ჰიბრიდთა მუტაგენური ზემოქმედება ზრდის პროდუქტიულობას, იწვევს მაღალცილიანობას, მსხვილთავთავიანობას, დაავადებებისადმი გამძლეობას, მოკლეღეროიანობას და სხვ.

მცენარეთა სხვადასხვა გვარებისა და სახეობების შეჯვარებით მიღებულია ბუნებაში არ არსებული ახალი ფორმები. ისინი მკვეთრად განსხვავდებიან ბუნებაში არსებული სახეობებისაგან (ტრიტიკალე, კომბოსტო-ბოლოკის ჰიბრიდი). შორეული ჰიბრიდიზაციის და პოლიპლოიდიის შერწყმით შესაძლებელია არა მარტო ახლის სინთეზირება, არამედ არსებული სახეობების ხელოვნურად აღდგენაც. ამან სახეობების სინთეზირების სახელწოდება მიიღო. ექსპერიმენტულად გაშიფრულია კულტურული ხორბლის წარმოშობა. დადასტურებულია, რომ რბილ ხორბალში A გენომი მომდინარეობს ველური ცალმარცვალასაგან (ე. კიხარა და ე. სირსი), ხოლო B გენომი ეგილოპსიდან (სპელტოიდეს). რბილი ხორბლის D გენომის წყაროა ეგილოპს სკვაროზა (ე. კიხარა).

შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს ჰიბრიდში გადადის როგორც დადებითი ისე უარყოფითი ნიშნებიც. არასასურველ ნიშანთა თავიდან აცილების მიზნით იყენებენ სასურველი გენების მატარებელი ქრომოსომების უბნების ტრანსლოკაციას. ეს მეთოდი პირველად გამოიყენა ე. სირსმა, რომელმაც შეძლო ეგილოპსიდან ხორბალში გადაეტანა გამძლეობის განმაპირობებელი ქრომოსომის უბნის გადატანა. ამის შემდეგ შორეულ ჰიბრიდიზაციას ფართედ იყენებენ მცენარეთა სელექციაში. მიღებულია ხორბალ-ჭანგას ჰიბრიდები, რომლებიც იტანს დამლაშებულ ნიადაგებს, ხორბალ-ჭვავის ჰიბრიდები, რომლებიც გაცილებით მაღალმოსავლიანია, ვიდრე ჭვავი. ტრიტიკალეს ფორმები ასევე გამძლეა დაავადებებისადმი. ველური და კულტურული შაქრის ჭარხლის შეჯვარებით მიღებულია ვირუსული სიყვითლისადმი გამძლე ფორმები. მზესუმზირაში მიღებულია სკლეროტინისადმი გამძლე და ნეგოს ბუგრის გამძლე ფორმები. კარტოფილის ყინვაგამძლე, კიბოს რასებისადმი და ვირუსული დაავადებებისადმი გამძლე ფორმები. მიღებულია სიმინდის თეოსინთეზთან შეჯვარებით თვითმტვერია ხაზები.

შორეული ჰიბრიდიზაცია პოლიპლოიდიის გამოყენებით მნიშვნელოვანი წყაროა ბუნებრივი და ხელოვნური გამორჩევისათვის ევოლუციასა და სელექციაში.

ინბრიდინგი და ჰეტეროზისი

მცენარეთა მრავალფეროვან სახეობებში სხვადასხვა დონითაა გამოვლენილი ახლონთესაური და შორეული შეჯვარება.არანათესაურ ორგანიზმთა შეჯვარებას ეწოდება აუტბრიდინგი (autbreeding-არანათესაური). ახლონათესაურ შეჯვარებას კი ეწოდება ინბრიდინგი (inbreeding-ახლონათესაური). მცენარეებში მას ხშირად ინცუხტის (inzucht) სახელწოდებით მოიხსენიებენ. აუტბრიდინგი თუ იწვევს მემკვიდრეობით ცვალებადობის ზრდას, ინბრიდინგი იწვევს პირიქით ჰომოზიგოტურობას და მემკვიდრეობის კონსტანტურობას. ჰეტეროზიგოტულობის შემცირება ჰომოზიგოტულობისაკენ თვითეული ალელის მიხედვით მიდის ფორმულით $\left(\frac{1}{2}\right)^n$, სადაც n ინბრიდული თაობის რაოდენობაა. მაგ. თუ პირველ თაობაში ჰეტეროზიგოტული არის 100% მცენარეებისა, მეორე თაობაში იქნება 50%, მესამეში 25% და ა.შ. ჰომოზიგოტულობის სიდიდე კი გამოისახება ფორმულით $1-\left(\frac{1}{2}\right)^n$. აქედან ცანს, რომ ყველა ინბრიდული თაობის პოპულაციაში ინახება ჰეტეროზიგოტული ორგანიზმის ძალიან მცირე ნაწილი.

ინბრიდინგის საბოლოო სახეა თვითგანაყოფიერება, რომელიც დამახასიათებელია მცენარეთა დიდი ნაწილისათვის. მრავალი სახეობის ორგანიზმში არსებობს ბიოლოგიური და გენეტიკური ბარიერი, რომელიც აფერხებს თვითგანაყოფიერებას და ახლონათესაური ორგანიზმების შეჯვარებას. ჯერ კიდევ ჩ. დარვინი 1876 წელს აღნიშნავდა ჯვარედინ და თვითდამტვერვის უმნიშვნელოვანეს როლზე მცენარეთა სელექციასა და ევოლუციაში. როგორც აღმოჩნდა ჯვარედინმტვერია მცენარეებში ხელოვნური თვითდამტვერვა მეტად უარყოფით შედეგებს იწვევდა.ჯვარედინმტვერია მცენარეთა დეპრესია, რომელიც გამოწვეულია ინბრიდინგით, ვლინდება მცენარის

სიმაღლის, მისი სიძლიერის, სიცოცხლისუნარიანობის და მოსავლიანობის შემცირებაში. ინბრიდინგის შედეგად ორგანიზმში გამოწვეული პროდუქტიულობისა და ცხოველმყოფელობის დაცემას ეწოდება ინბრიდინგული დეპრესია ან ინბრიდული გადაგვარება. ყოველ მომდევნო თაობაში ინბრიდინგული გადაგვარება მატულობს და გარკვეულ თაობაში აღწევს მაქსიმუმს, ამას ინბრიდინგული მინიმუმი ეწოდება. ამ დროს დეპრესია აღწევს თავის უმაღლეს გამოხატულებას. ინბრიდინგული მინიმუმი ყველა კულტურისათვის განსხვავებულია.და შეიძლება მერყეობდეს 4-15 თაობამდე. სიმინდისათვის მაგ. ინბრიდინგული მინიმუმი შეიძლება მივიღოთ 5-6 თაობაში.

თანამედროვე გენეტიკურ-სელექციური მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა კონსტანტური ინბრიდული ხაზების გამოყენება მაღალმოსავლიანი ჯიშების მისაღებად. მრავალი მეცნიერის მიერ ჯვარედინმტვერია კულტურებში ახალი ჯიშების მისაღებად გამოყენებულია ინცუხტები. განსაკუთრებით სრულფასოვნი სელექციური მასალა მიღებულია სიმინდში, მზესუმზირაში, შაქრის ჭარხალში და კომბოსტოში.

თვითგანაყოფიერებას ხელს უშლის ბიოლოგიური მოვლენა-შეუთავსებლობა. ეს არის მოვლენა როცა მტვრის მილებს განაყოფიერებისათვის ნასკვის სვეტში გაღივების უნარი არ აქვთ. თვითდამტვერვის დროს შეუთავსებლობას ეწოდება თვითშეუთავსებლობა, ხოლო შეუთავსებლობა, რომელიც ხდება ერთი და იმავე სახეობის მცენარეთა შეჯვარების დროს ჯვარედინი შეუთავსებლობა ეწოდება. შეუთავსებლობა შეიძლება იყოს გამეტოფიტული და სპოროფიტული. გამეტოფიტული შეუთავსებლობა განპირობებულია მტვრის მარცვალში და სვეტში ორი შეუთავსებელი ალელის დამოუკიდებელი მოქმედებით. სპოროფიტული შეუტავსებლობის დროს მტვრის მილის გაღივების შესაძლებლობა დამოკიდებულია სპოროფიტის გენოტიპზე, ანუ მცენარეზე, რომელიც ინვითარებს მოცემულ მტვერს. შეუტავსებლობას აკონტროლებს მრავლრიცხოვანი ალელების სერია (S_1-S_n), რომელთა რაოდენობა სხვადასხვა სახეობებში განსხვავებულია.

მცენარეებში შეუთავსებლობის გენეტიკურმა სისტემამ, რომელიც აკონტროლებს სასქესო პროცესებს, შეიძლება ფართო გამოყენება ჰპოვოს ჰეტეროზისული თესლის მიღებაში.

ჰეტეროზისი და მისი დამაბრეების გზები

ჰიბრიდული ძალა ანუ ჰეტეროზისი ზოგად ბიოლოგიური 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 ჰეტეროზიგოტულობა, რაც უზრუნველყოფს ორგანიზმთა ცვალებადობას და მათ ცხოველმყოფელობას. ი. კერლეიტერის მიერ თამბაქოს ორი სახეობის (ვირჯინიის ჩვეულებრივი თამბაქო X პერუს თამბაქო) შეჯვარებით პირველ თაობაში აღინიშნა მცენარეთა ძლიერი ზრდა, ადრეულობა და მეტი ნამხრევების განვითარება.

ჰეტეროზისის მოვლენა შედეგია მემკვიდრულად განსხვავებული სხვადასხვა ფორმის შეჯვარებით მიღებული ჰიბრიდული ორგანიზმების ჰეტეროზიგოტულობის. ჰიბრიდს მშობლებთან შედარებით აქვს გენების მეტი რაოდენობა, რომლებიც ავსებენ ერთმანეთს. ჰიბრიდებში ჰეტეროზისი გამოიხატება : ზრდის გაძლიერებით, მწვანე მასის მაღალი მოსავლიანობით, ნივთიერებათა ცვლის უფრო ინტენსივობით, ადრეულობით.

ჰეტეროზისის ტიპები

დ. შელმა, რომელმაც ახსნა ჰეტეროზისის ბუნება დაასაბუთა, რომ იგი შეიძლება განვიხილოთ როგორც გენეტიკური, ციტოპლაზმური, ბიოქიმიური და ფიზიოლოგიური ფაქტორების კომპლექსური მოქმედების შედეგი. ამიტომ შვედმა 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 გაძლიერებული განვითარება-ღეროს, ფოთლების, ძირხვენების. 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 ეცემა, შემდგომში კი მთლიანად ქრება. ეს მოვლენა დაკავშირებულია მცენარეთა ჰეტეროზიგოტების 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 ყოველ წელსაა საჭირო.

ჰეტეროზისის დამაბრების პრობლემა

ჰეტეროზისის უნარიანი ჰიბრიდების მისაღებად განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება შესაჯვარებელი მშობელი ფორმების შერჩევას. ხაზებში მორფოლოგიური და

ფიზიოლოგიური ნიშნების ერთგვაროვნების მიღწევის შემდეგ, მათ აფასებენ კომბინაციური უნარის მიხედვით. ანუ მაღალპროდუქტიული ჰიბრიდების მოცემის უნარიანობით. კომბინაციურ უნარს აქვს გენოტიპური ბუნება, რასაც აკონტორლებს პოლიმერული გენები.არსებობს ზოგადი და სპეციფიკური კომბინაციური უნარიანობა. ზოგად კომბინაციურ უნარს განსაზღვრავენ ხაზების ჯიშთან შეჯვარების შედეგებით ან მარტივი ჰიბრიდებით, რომლებიც გამოყენებულია მამისეულ ფორმად. მათ ტესტერი ეწოდება. იგი უნდა ხასიათდებოდეს ფართე გენეტიკური საფუძვლით. სპეციფიკურ კომბინაციურ უნარს განსაზღვრავენ ხაზების რომელიმე ერთ ხაზთან ან მარტივ ჰიბრიდთან შეჯვარებით. ამიტომ მიმართავენ დიალელურ (ციკლურ) შეჯვარებას, როდესაც ცალკეულ ხაზს უჯვარებენ თვითოეულ დანარჩენს, ყველა შესაძლებელი კომბინაციის მისაღებად და შესაფასებლად. იგი მეტად შრომატევადია და მოითხოვს კომბინაციათა სიმრავლეს. კომბინაციათა რაოდენობას განსაზღვრავს ?????? ფორმულით:

$$K=\frac{n(n-1)}{2}$$

სადაც K-მიღებული ჰიბრიდების რაოდენობაა, n-საანალიზო ხაზების რაოდენობა.

ჰეტეროზისისუნარიანი ჰიბრიდულ მცენარეთა რთული გენეტიკური ბუნება იწვევს ჰეტეროზისის დამაგრების პრობლემას. ჰეტეროზისის დამაგრების პრობლემის წარმატებით გადაწყვეტა ძირფესვიანად შეცვლიდა მის პრაქტიკულ გამოყენებას მემცენარეობაში. ვეგეტატიურად მამრავლ მცენარეებში ამ პრობლემის მიღწევა შესაძლებელია გამრავლების გზით (კალმით, გორგლით, ბოლქვით და სხვ), ხოლო ერთწლიან კულტურებში იყენებენ თანამედროვე გენეტიკურ მეთოდებს, როგორიცაა აპომიქსისი, პოლიპლოიდია, ცმს-ის მოვლენა, დომინირების მართვა და სხვ.

თავი X

ორგანიზმთა ინდივიდუალური განვითარება და გენეტიკური პროცესები პოპულაციაში

ინდივიდუალური განვითარების გენეტიკური საფუძვლები ორგანიზმთა მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის საკითხების მნიშვნელოვანი ნაწილია.

სასქესო უჯრედების შერწყმის შედეგად ვითარდება ზიგოტა, რომელიც შემდგომი განვითარების პროცესში კვლავ წარმოქმნის ახალ თაობას (ინდივიდებს).

ინდივიდუალური განვითარება (ონთოგენეზი) ორგანიზმთა გარემო პირობებთან ხანგრძლივი ურთიერთკავშირის შედეგია, რომელიც შემდგომში გამორჩევის გზით მაგრდება ორგანიზმის გენოტიპში. ე.ი. ინდივიდუალური განვითარება ხორციელდება გენოტიპის საფუძველზე.

ონთოგენეზი მიმდინარეობს მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური პროცესების თანმიმდევრული გავლით. ადგილი აქვს სომატური უჯრედების დიფერენციაციას, ბირთვი და ქრომოსომები განიცდიან ცვლილებებს, კარგავენ ერთგვაროვნებას.

ო ნ თ ო გ ე ნ ე ზ ი (ბერძნ. ontos-არსება, genesis-წარმოშობა) ორგანიზმების ინდივიდუალური განვითარების პროცესია, კვერცხუჯრედის განაყოფიერებიდან მის ბუნებრივ სიკვდილამდე. ანუ ონთოგენეზი არის ფარულთესლოვან მცენარეთა

სასიცოცხლო ციკლის განხორციელება, როცა თანმიმდევრულად სრულდება მემკვიდრული ინფორმაცია, რომელიც დაპროგრამებულია მცენარის გენოტიპში.

ონთოგენეზის პროცესში ორგანიზმი გაივლის ოთხ ეტაპს: ემბრიონალურ, პოსტემბრიონალურ, სიმწიფისა და გამრავლების, სიბერის.

1. ემბრიონალური განვითარების პერიოდში ხდება განაყოფიერებული კვერცხუჯრედიდან ჩანასახის, შემდეგ კი ახალგაზრდა დამოუკიდებლად არსებობის უნარის მქონე ინდივიდის ჩამოყალიბება.

ახალი ორგანიზმის განვითარება იწყება განაყოფიერების მომენტიდან. კვერცხუჯრედის ბირთვი ერწყმის სპერმატოზოიდის ბირთვს, დედისეული და მამისეული ქრომოსომები ერთიანდება ერთ ბირთვში და მიიღება ახალი გენოტიპი, რომლის რეალიზაციის საფუძველზე მიმდინარეობს ორგანიზმის შემდგომი განვითარება.

2. პოსტემბრიონალური პერიოდში გრძელდება ორგანიზმების განვითარება მათი გაჩენიდან სქესობრივ მომწიფებამდე.

3. სიმწიფისა და გამრავლების პერიოდში გრძელდება ორგანიზმთა სქესობრივი მომწიფება და მიმდინარეობს გამრავლების პროცესი.

4. სიბერის პერიოდი მთავრდება ზრდადასრულებული ორგანიზმების სიკვდილით.

ინდივიდუალური განვითარების გენეტიკური პროგრამა. ონთოგენეზი გენეტიკური ინფორმაციის რეალიზაციის პროცესია. ინდივიდუალური განვითარების გენეტიკური პროგრამა არის გენების დისკრეტული სისტემა, რომელიც განსაზღვრავს მთლიანობას, სპეციფიკასა და კანონზომიერებას ორგანიზმის განვითარების ეტაპების შეცვლისას, განაყოფიერებული კვერცხუჯრედიდან, მოზრდილ ინდივიდამდე.

ინდივიდუალური განვითარების პროცესში არ მცირდება ორგანიზმების გენეტიკური ინფორმაცია, შენარჩუნებულია ყველა გენი და შესაფერის გარემო პირობებში ყოველი უჯრედისაგან შეიძლება განვითარდეს მთლიანი ორგანიზმი.

ორგანიზმების ყველა უჯრედს, რომელ უჯრედში ან ორგანიზმშიც არ უნდა იყოს იგი აქვს გენების ისეთივე სრული ანაწყობი, როგორც ზიგოტას. ყოველ უჯრედში მოქმედებს გენების მხოლოდ ის ნაწილი, რომელიც დაკავშირებულია მოცემული ტიპის უჯრედის დიფერენციაციასა და ფუნქციასთან. ზოგიერთი გენი მოქმედებს ყველა უჯრედში (გენები, რომლებიც აკონტროლებენ სუნთქვას, მემბრანებში შეღწევადობას, ატფ-ის სინთეზს და სხვ.) ზოგი მხოლოდ რომელიმე მათგანში. ყოველ უჯრედს ახასიათებს აქტიური გენების თავისი ანაწყობი. რაც მეტია სპეციალიზირებული უჯრედები, მით ნაკლებია მათში აქტიური გენები. სხვადასხვა გენები მოქმედებენ არა მარტო სხვადასხვა უჯრედში, არამედ სხვადასხვა დროსაც, ინდივიდის განვითარების სხვადასხვა პერიოდში.

<u>გენების დიფერენციალური აქტივობა</u>. განვითარების პროცესში ერთგვარი უჯრედებისაგან მორფოლოგიური ნიშნებისა და ფუნქციით განსხვავებული ტიპის უჯრედების, ქსოვილისა და ორგანოს წარმოქმნას დ ი ფ ე რ ე ნ ც ი ა ც ი ა ეწოდება. ორგანიზმის დიფერენციაციის საფუძველია განსხვავებული აქტივობის გენები. სპეციალიზირებულ უჯრედებში მუშაობს გენის განსაზღვრული ჯგუფი, რომელთა უმეტესი ნაწილი რეპრესირებულია. დიფერენცირებული უჯრედები ამჟღავნებენ მასში მოთავსებული ინფორმაციის მხოლოდ მცირე ნაწილს, ნაწილი კი ჩახშობილია. რადგან დნმ და რნმ ყველა უჯრედში არის ერთანაირი, ამიტომ მათი დიფერენციალური

აქტივობა უნდა განისაზღვროს გენების დიფერნციალური აქტივობის ისეთი მექანიზმებით, როგორიცაა განსხვავება ციტოპლაზმის სტრუქტურაში, უჯრედული ინდუქცია და ჰორმონები.

გენეტიკური ინფორმაცია ორგანიზმის განვითარების პროცესში ხორციელდება თანმიმდევრული და ურთიერთდაკავშირებული ეტაპებით:

1. ქრომოსომებისა და გენების აქტივობა შინაგანი და გარეგანი ფაქტორების დიფერენციაციის გავლენით.

2. ქრომოსომული პუფების განვითარება და ი-რნმ-ის სინთეზი აქტივირებულ გენებში.

3. ციტოპლაზმის რიბოსომებში ი-რნმ მატრიცაზე აქტივირებულ გენებში.

4. ორგანიზმის დიფერენციალური უჯრედების ნიშნების და თვისებების განვითარება, ცილოვანი მოლეკულების გარდაქმნის საფუძველზე, დაკავშირებულია ჯაჭვში თანმიმდევრულად რთულ ბიოქიმიურ და მორფოფიზიოლოგიურ გარდაქმნებთან.

ცოცხალი ორგანიზმი არის თვითმარეგულირებელი და თვითწარმომქმნელი ბიოლოგიური სისტემა, რომლის არსებობას უზრუნველყოფს ნივთიერებათა მუდივი ცვლა გარემოსთან, რომლისგანაც იგი იღებს ენერგიას და საჭირო ქიმიურ ნივთიერებებს. ცოცხალი ორგანიზმი ღიად მომუშავე სისტემაა, რომლის არსებობისა და განვითარების საფუძველი არის ცილებისა და ნუკლეინის მჟავების მუდმივი თვითგანახლება, რომელიც აპირობებს გენების მოქმედებას. ორგანიზმის მთელი მარეგულირებელი სისტემის მექანიზმი მიმართულია იქეთკენ, რომ გარემოსა და შინაგანი ზემოქმედებით გამოწვეული დარღვევებისაგან დაიცვას და შეინარჩუნოს შინაგანი ბუნების (ჰომეოსტაზის) უცვლელობა. გენიდან ინფორმაცია ი-რნმ გადაეცემა ციტოპლაზმას. გენი ამვე დროს აღიქვამს ინფორმაციას ინდივიდის ყველა სტრუქტურული ორგანიზაციისა და გარემო პირობებისაგან. გენი არის დნმ მოლეკულის ნაწილი, რომელიც ცილა-ჰისტონებთან ერთად შედის ქრომოსომის შემადგენლობაში, ქრომოსომები მოთავსებულია ბირთვში, ბირთვი კი ციტოპლაზმაში. გარკვეული ჯგუფის უჯრედების ერთობლიობა კი ქმნის ორგანიზმის შემადგენელ ნაწილს ქსოვილს.

ცალკეული გენის ან მისი ჯგუფის ფუნქციონირებაში ცვლილებებს განსაზღვრავს ორგანიზმსა და გარემო პირობებს შორის ურთიერთდამოკიდებულება. ორგანიზმის რეაქცია გარემოსთან ვლინდება ორგანოში ან ქსოვილში შესაბამისი ბიოქიმიური პროცესების ჩართვით ან გამორთვით, რომელიც დაკავშირებულია გენის მოქმედებასთან.

<u>ინდივიდუალური განვითარების პროცესში ორგანიზმის მიერ შეძენილი არამემკვიდრეობითი ნიშნები.</u> ორგანიზმების მიერ ინდივიდუალური განვითარების პროცესში შეძენილი ნიშნების მემკვიდრეობით გადაცემა არ ხდება, რადგან ასეთი ნიშნები არ მემკვიდრეობენ შთამომავლობაში და ყველა ისინი ქრება ორგანიზმის სიკვდილთან ერთად. ყოველი ახალი ორგანიზმის თაობაში ნიშან-თვისებათა განვითარება მიმდინარეობს ახალი მემკვიდრეობითი მოლეკულური სტრუქტურის-გენების გადაცემის საფუძველზე. გენები თავისთავად წარმოადგენენ მოლეკულური დონის ბიოლოგიურ ორგანიზაციას, რომელიც გენეტიკური კოდის სახით ემსახურება მმართველი სისტემის ფუნქციონირებისა და თვითწარმოქმნის ამოცანას. დნმ-ის პირველადი სტრუქტურა, რომელშიდაც ჩაწერილია გენეტიკური პროგრამა-გენეტიკური

კოდი ინდივიდუალური განვითარების დროს ცვლილებას არ განიცდის და ინახება ონთოგენეზის ყველა ეტაპზე. მისი მდგომარეობის შეცვლა შეუძლია მხოლოდ სტრუქტურული გენის მუტაციას და რეგულატორულ მექანიზმს.

გენეტიკური ინფორმაცია გენოტიპი, რეალიზდება ფენოტიპში. მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემა გენოტიპიდან ფენოტიპში, გენიდან ნიშან-თვისებამდე, ხდება უჯრედის დაყოფისა და ცილა-ფერმენტის ბიოსინთეზის პროცესში, იგი ი-რნმ გადაიტანება ბირთვიდან ციტოპლაზმაში. ინფორმაციის გადაცემის მექანიზმი ფენოტიპიდან გენოტიპში, ნიშან-თვისებიდან გენამდე ონთოგენეზში არ არის.

სახეობა სისტემატიკის ძირითადი ერთეულია, რომელსაც უკავია განსაზღვრული არეალი და წარმოადგენს ნათესაური წარმოშობის ინდივიდთა კრებულს, რომელიც თვისობრივად განსხვავდება სხვა სახეობისაგან და მათ არ უჯვარდება. ყველა სახეობის ორგანიზმები შედგებიან პოპულაციებისაგან.

პ ო პ უ ლ ა ც ი ა არის გარკვეულ ტერიტორიაზე დასახლებული ერთი სახეობის ინდივიდთა ერთობლიობა, რომელებიც თავისუფლად უჯვარდებიან ერთმანეთს და მოცემული სახეობის სხვა ჯგუფისაგან გარკვეულად იზოლირებულ ინდივიდებს წარმოადგენენ. პოპულაციებში გენეტიკური გარდაქმნების საფუძველზე მიმდინარეობს მიკროევოლუციური პროცესები, რომელიც სრულდება სახეობის წარმოქმნით.

სახეობა გენეტიკური გარდაქმნების საფუძველზე თანდათანობით ყალიბდება და გამორჩევით ეგუება განსაზღვრულ ეკოლოგიურ პირობებს. შეცვლილი გარემო პირობებისადმი სახეობის შეგუებულობას არ მოსდევს ცალკეული ინდივიდის ან მათი ნიშნების მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური ცვლილებები. პოპულაციების წარმოქმნას იწვევს გენოტიპის ერთი რეაქციის ნორმის მეორეთი შეცვლა.

სახეობა გენეტიკურად დახურული სისტემაა. სახეობათა წარმოქმნა გენეტიკურად ღია სისტემის გენეტიკურად დახურულ სისტემაში გარდაქმნის პროცესია.

ორგანიზმების ევოლუცია მიმდინარეობს პოპულაციებში ერთი გენოტიპის მეორეთი უწყვეტი შეცვლის გზით. პოპულაციების გენეტიკური ცვალებადობა შედგება მუტაციური და კომბინაციური ცვალებადობისაგან. თითოეულ პოპულაციას აქვს განსაზღვრული გენოფონდი და გენეტიკური სტრუქტურა, რომელიც დაკავშირებულია ქრომოსომული ანაწყობის შედგენილობასთან და სხვადსხვა გენის შესაბამის რაოდენობასთან. პოპულაციის გენეტიკური სტრუქტურა განსაზღვრავს მის თვისებებს. პოპულაციების ფორმირებასა და სტრუქტურაზე გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი: ინტენსივობა და მიზნობრივი გადარჩევა, გამრავლების უნარი, მიგრაცია, მუტაციური ცვალებადობის ხასიათი და ტემპი, ინდივიდთა რიცხვი, იზოლაციის სხვადასხვა სახე, გამრავლების წესი და სხვ. მათ შორის მთავარია გადარჩევა. თვითდამამტვერიანებლებისა და ჯვარედინდამამტვერიანებლების პოპულაციები ერთმანეთისაგან არსებითად განსხვავდებიან. ჯვარედინდამამტვერიანებლებში უფრო სწრაფად და მეტი პოპულაცია მიიღება. ჯვარედინი დამტვერვა უზრუნველყოფს პოპულაციების მნიშვნელოვან ჰეტეროზიგოტურობას და მუდმივად მიმდინარე გენების რეკომბინაციას, რასაც მივყავართ ისეთი ძლიერი გენეტიკური ცვალებადობისაკენ, რომ პრაქტიკულად ასეთი პოპულაციის ყველა ინდივიდი გენეტიკურად განსხვავებულია.

მცენარეებში არსებული განსხვავებული სქესის არსებობა უზრუნველყოფს ჯვარედინ დამტვერვას, გენების რეკომბინაციას და გენეტიკურ ადაპტაციას. თუმცა

ზოგიერთ ყვავილოვან მცენარეებში არსებობენ სხვა მექანიზმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჯვარედინ დამტვერვას (ჰეტეროსტილია და თვითსტერილობა).

თვითმტვერია მცენარეებში დამტვერვის წესი გარკვეულ გავლენას ახდენს პოპულაციის გენეტიკურ სტრუქტურასა და დინამიკაზე. თვითმტვერია მცენარეთა პოპულაციებში რეცესიული მუტაციები სწრაფად გადადიან ჰომოზიგოტურ მდგომარეობაში, გამოვლინდებიან ფენოტიპურად და გამოვარდებიან გადარჩევის ზემოქმედებით. ამ შემთხვევაში გადარჩევა სწრაფად იძლევა დომინანტური მუტაციის შეფასებას. ამის წყალობით, თვითდამამტვერიანებელ მცენარეთა პოპულაცია მალე თავისუფლდება ლეტალური, ნახევრად ლეტალური და მავნე გენებისაგან, ინახავს სიცოხცხლისუნარიანობისა და ნაყოფიერების გენებს.

ცოცხალ ორგანიზმთა (მცენარეთა და ცხოველთა) სახეობების უმრავლესობა მრავლდება თავისუფალი შეჯვარებით. ასეთი ორგანიზმების პოლულაციაში ევოლუციური პროცესები მიმდინარეობს ძალიან რთულად და ემორჩილება გარკვეულ კანონზომიერებებს.

პოპულაციაში ინდივიდი წარმოადგენს მინიმალურ ერთეულს. ამასთან ერთად იგულისხმება გარკვეული კავშირის არსებობა ალელების A და a სიხშირეთა და AA, Aa და aa გენოტიპებიან ინდივიდთა სიხშირეებს შორის. ეს კავშირი გამოხატულია მნიშვნელოვან კანონში ჰარდი-ვაინბერგის კანონში, რომელიც ინგლისელმა მათემატიკოსმა გ. ჰარდიმ და გერმანელმა ექიმმა ვ. ვაინბერგმა (1908) ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად ჩამოაყალიბეს. კანონი ემორჩილება ჰეტეროზიგოტისა და ჰომოზიგოტის სიხშირის განაწილებას თავისუფალი შეჯვარების პოპულაციებში. აღნიშნული კანონი გამოხატავს გენოტიპების მოსალოდნელ განაწილებას ყოველ თავისუფლად დამამტვერიანებელ პოპულაციაში. ალელების წყვილის A და a სიხშირე იცვლება 100%-დან 100-მდე. თუ ეს ალელები ხვდება თანაბარი რაოდენობით, მაშინ თითოეული მათგანის სიხშირე შეადგენს 50%.

ჰეტეროზიგოტების და ჰომოზიგოტების სიხშირე თავისუფალი შეჯვარებისას პოპულაციებში განაწილდება ალგებრული ფორმულით ნიუტონის ბინომით $(p+q)^2$. კანონის მოქმედება მოითხოვს რამდენიმე აუცილებელი პირობის შესრულებას: 1) პოპულაციას უნდა ჰქონდეს განუსაზღვრელად დიდი რიცხობრიობა: 2) პოპულაციაში ყველა ინდივიდს თავისუფლად უნდა შეეძლოს შეჯვარება: 3) მოცემული წყვილის ალელის მიხედვით ჰომოზიგოტური და ჰეტეროზიგოტური ინდივიდები უნდა იყვნენ ერთნაირად ნაყოფიერნი, სიცოხცხლისუნარიანნი და გადარჩევის გავლენას არ უნდა განიცდიდნენ; 4) პირდაპირი და შებრუნებული მუტაციები უნდა მიმდინარეობდეს ერთნაირი სიხშირით ან ისე ძალიან იშვიათად რომ შესაძლებელი იყოს მისი აცილება.

პოპულაციებში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს მუტაციის პროცესები, რაც იწვევს მის გენოფონდში ახალ-ახალი მემკვიდრული ცვლილებების შეტანას. სხვადასხვა გენს აქვს მუტაბელობის სხვადასხვა უნარი, ერთი განიცდის მუტაციას დიდი სიჩქარით, მეორე კი გამოირჩევა დაქვეითებული მუტაბელობით.

პოპულაციაში მუტაციური პროცესი სუფთა სახით კი არ ვლინდება, არამედ დაკავშირებულია გადარჩევასთან. ახლად წარმოშობილი მუტაციების უმრავლესობა ორგანიზმზე უარყოფით გავლენას ახდენენ, თუმცა ორგანიზმებს აქვთ თვითრეგულირებისა და თვითმართვის უნარი, რის შედეგადაც მუტაციების უარყოფითი

ზემოქმედება შესამჩნევად მცირდება. მუტაგენები იწვევენ ორგანიზმის მორფო-ფიზიოლოგიური განვიტარების დარღვევას, მაგარმ ამავდროულად წარმოადგენენ ევოლუციური პროცესის მნიშვნელოვან წყაროს.

<u>გადარჩევის გავლენა პოპულაციის სტრუქტურაზე</u>. პოპულაციის სტრუქტურაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს გადარჩევა, მისი ზეგავლენით ზოგი გენის კონცენტრაცია იზრდება, ზოგისა კლებულობს. მოცემულ გარემო პირობებს შეგუებული ორგანიზმები იძლევიან უფრო მრავალრიცხოვან თაობას.

ბუნებრივი და ხელოვნური გამორჩევის მოქმედების პრინციპი ერთნაირია. განსხვავება იმაშია, რომ ბუნებრივი გამორჩევისას პოპულაციების სტრუქტურები გარდაიქმნება მოცემული ადგილსამყოფელის გარემო პირობების შეცვლის გავლენით, ხოლო ხელოვნური გამორჩევისას, ისინი იცვლებიან ადამიანის მიზანმიმართული ზემოქმედების შედეგად.

გადარჩევა მოქმედებს მთლიანად ორგანიზმზე და არა მის ცალკეულ ნიშნებზე. გადარჩევის სიჩქარე რაოდენობრივად ხასიათდება გადარჩევის კოეფიციენტით (S), რომელიც გვიჩვენებს, თუ განსაზღვრული გენოტიპის ინდივიდების რა რაოდენობა იღუპება შთამომავლობის დაუტოვებლად.

ცოცხალ ორგანიზმში ნებისმიერი ნიშნის განვითარება მიმდინარეობს გენოტიპისა და გარემო პირობების ზეგავლენით, მაგარამ ზოგი ნიშანი მეტად, ზოგი კი ნაკლებად კონტროლდება გენებით. ამა თუ იმ ნიშნის განვითარებაზე გენოტიპისა და გარემო პირობების შეფარდებით გავლენის დასადგენად და პოპულაციის სელექციური გაუჯობესების შესაძლებლობის პროგნოზირებისათვის, განსაზღვრავენ დისპერსიის (ვარიანსა) შესაბამის სახეებს და მემკვიდრეობის კოეფიციენტს. პოპულაციაში ნიშნის საერთო ცვალებადობას ახასიათებს ფენოტიპური ვარიანსა ($Q^2_{ph}=\frac{\sum(x-x)^2}{n-1}$), იგი მოიცავს გენოტიპურ ვარიანსას (Q^2_{ge}), რომელიც განპირობებულია ორგანიზმის გენოტიპის განსხვავებულობით და პარატიპურ, ანუ საშუალო ვარიანსას (Q^2_e) და ვარიანსას, რომელიც გამოწვეულია მათი ურთიერთქმედებით. გენოტიპური ვარიანსა დამოკიდებულია პოპულაციაში გენეტიკური ცვალებადობის დონეზე, ხოლო პარატიპური გარემო პირობებით განპირობებულ ცვალებადობის დონეზე. გენოტოპური ვარიანსას ფენოტიპურთან შეფარდებას გამოსახავენ მემკვიდრეობითობის კოეფიციენტით ($H^2=\frac{Q_g}{Q_{ph}}$), რაც უფრო დიდია H^2 მით უფრო ეფექტურია გამორჩევა გენოტიპის მიხედვით, მისი მნიშვნელობის გადიდებით იზრდება, საუკეთესო ფენოტიპების გამორჩევის გზით, გენოტიპურად ფასეული ინდივიდების გამოყოფის ალბათობა. მემკვიდრეობითობის კოეფიციენტის ცოდნით შეიძლება განვსაზღვროთ პოპულაციის (R) სელექციური გაუმჯობესების შესაძლებლობა. გენოტიპური ვარიანსა დანაწევრებულია სამ ნაწილად: ადიტიური ვარიანსა, დომინირების ვარიანსა, ეპისტაზის ვარიანსა. ადიტიური ვარიანსა (Q^2_A), პოპულაციის მნიშვნელოვანი სელექციური პარამეტრია, რომელიც ახასიათებს ადიტიური მოქმედების გენების ცვალებადობას. მისი საშუალებით განისაზღვრება ცალკეული გენების გავლენა ნიშნებზე, სხვა გენებისაგან დამოუკიდებლად. დომინირების ვარიანსა (Q^2_D), ახასიათებს პოპულაციაში ოდენობრივი

ნიშნების საშუალო მნიშვნელობიდან დამატებით გადახრას, რომელიც წარმოიქმნება შესაბამისი ჰომოლოგიური ლოკუსების დომინანტურ და რეცესიულ გენებს შორის ალელური ურთიერთმოქმედების შედეგად. ეპისტაზის ვარიანსა (Q^2_E), დაკავშირებულია გენების არალელურ ურთიერთზემოქმედებასთან.

<u>გენეტიკურ ავტომატური პროცესები, გენების დრეიფი.</u> ბუნებრივი გადარჩევის გარდა არსებობენ ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ პოპულაციის გენეტიკური გარდაქმნის სიჩქარეზე. პოპულაციებში ადგილი აქვს გენების სიხშირის შემთხვევით მერყეობას ე. წ. გენების დრეიფს (ს. რაიტი). გენეტიკურ ავტომატური პროცესი წარმოადგენს გამონაკლისს ჰარდი-ვაიდენბერგის კანონიდან, რომელიც დამყარებულია სტატისტიკურ კანონზომიერებაზე და თავის ძალას კარგავს მცირე რიცხვის ან მცირე ამონაკრების შემთხვევაში. გენეტიკურ-ავტომატური პროცესები ორგანული ევოლუციის ერთ-ერთი ფაქტორთაგანია, დაკავშირებულია ბუნებრივ გამორჩევასთან და მასთან ურთიერთობას დაქვემდებარებული მნიშვნელობა აქვს.

<u>იზოლაციის გავლენა პოპულაციის სტრუქტურაზე.</u> იზოლაცია ბუნებაში ფართედ გავრცელებული მოვლენაა. ბუნებაში არსებული პოპულაციები ერთმანეთისაგან ასე თუ ისე იზოლირებულნი არიან. იზოლაცია იყოფა სამ ჯგუფად: გეოგრაფიული, ბიოლოგიური და ეკოლოგიური. გეოგრაფიული იზოლაცია ნათესაური ორგანიზმების რაიმე ფიზიკური ზღუდით (ზღვა, მდინარე, მთა, ქედები, უბნები, მყინვარი და სხვ.) ჯგუფებად დაყოფის შედეგია. ბიოლოგიური იზოლაცია იყოფა გენეტიკურ და ფიზიოლოგიურ იზოლაციად. გენეტიკური იზოლაციის დროს იზღუდება ან სრულიად გამორიცხულია გენების თავისუფალი კომბინაცია. გენეტიკური იზოლაციის ფაქტორებია: პოლიპლოიდია, ქრომოსომული გადახალისება, ბირთვისა და ციტოპლაზმის შეუთავსებლობა, მეიოზის ნორმალური მიმდინარეობის დარღვევა, არასიცოცხლისუნარიანი გამეტების წარმოქმნა, სტერილობის ან ლეტალური ეფექტის გამომწვევი მუტაციების წარმოქმნა და სხვ. ფიზიოლოგიური იზოლაცია ვლინდება ამორჩევით დაწყვილებაში ან დამტვერიანებაში, მწერებით სპეციფიკურ დამტვერიანებაში, უპირობო რეფლექსების მოქმედებაში. ეკოლოგიური იზოლაცია წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც ერთსა და იმავე გეოგრაფიულ ოლქში დასახლებული ორგანიზმების სხვადასხვა ჯგუფი იკავებს სხვადასხვა ადგილსამყოფელს.

ნებისმიერ პოპულაციაში შეჯვარების გზით შესაძლებელია სხვა პოპულაციის გენოტიპების ჩართვა. ასეთი მიგრაციული დაწოლის შედეგად პოპულაციებს შორის ხდება ზღვარის გაქრობა და იზრდება გენეტიკური მრავალფეროვნება.

<u>გენეტიკური ჰომეოსტაზი და პოპულაციის პოლიმორფიზმი.</u> თავისუფალი შეჯვარების უნარის მქონე ინდივიდების პოპულაცია გენების მუდმივად მიმდინარე გაცვლის საფუძველზე მოქმედებს, როგორც თვითრეგულირების უნარის მქონე ერთიანი გენეტიკური სისტემა. პოპულაციის უნარს, თვითრეგულირების შედეგად აღადგინოს ევოლუციური ფაქტორების გავლენით დარღვეული გენების განსაზღვრული სიხშირე, ეწოდება გენეტიკური ანუ პოპულაციური ჰომეოსტაზი., რომლის საშუალებითაც პოპულაცია ინარჩუნებს თავის გენეტიკურ შედგენილობას. ცნობილი გახდა, რომ პოპულაციებში არსებობს ფარული ცვალებადობის დიდი რეზერვი. (ს. ჩეტვერიკოვი, 1927). პოპულაციებში დიდი რაოდენობის მუტაციის მარაგის არსებობა არის ჰეტეროზიგოტულ მდგომარეობაში და იგი საშუალებას აძლევს ორგანიზმს სწრაფად

მოახდინოს რეაგირება შეცვლილ გარემო პირობებზე და შეეგუოს მას თავისი გენეტიკური სტრუქტურის გადახალისებით. მაღალი ჰეტეროზიგოტულობა განაპირობებს აგრეთვე ჰიბრიდულ სიძლიერეს. ჰეტეროზიგოტულობასთან ერთად პოპულაციის გენეტიკური ჰომეოსტაზის მნიშვნელოვანი მექანიზმია მათი პოლიმორფული აგებულება. პოლიმორფიზმი არის ერთი პოპულაციის არეალში ერთდროულად ორი ან რამდენიმე გენეტიკურად და ფენოტიპურად განსხვავებული ფორმების არსებობა.

I. გენეტიკის საგანი, ამოცანები და კვლევის მეთოდიკა

1. გენეტიკის სრულყოფილი განმარტება

ა) გენეტიკა შეისწავლის მემკვიდრეობას და ცვალებადობას, როგორც ორ ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ პროცესს, რომელიც უზრუნველყოფს სიცოცხლის უწყვეტობას დედამიწაზე.
ბ) გენეტიკა შეისწავლის მემკვიდრეობას და ცვალებადობას, როგორც ორ ურთიერთმჭიდროდ დაკავშირებულ მაგრამ ერთმანეთის საწინააღმდეგო პროცესს, რომელიც უზრუნველყოფს სიცოცხლის უწყვეტობას დედამიწაზე.
გ) გენეტიკა არის მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის შემსწავლელი მეცნიერება.
დ) გენეტიკა არის მემკვიდრეობის და ცვალებადობის შემსწავლელი მეცნიერება, რომელიც დაკავშირებულია გამრავლების პროცესში უჯრედის ორგანოიდების კვლავწარმოებასთან.

2. გენეტიკის კვლევის საგანია

ა) მემკვიდრეობა
ბ) ცვალებადობა
გ) მემკვიდრეობა და ცვალებადობა
დ) უჯრედი და მისი ორგანოიდები

3. ვინ უწოდა გენეტიკა

ა) მენდელმა
ბ) კორენსმა
გ) ბეტსონმა
დ) ჩერმაკმა

4. გენეტიკის ფუძემდებელია

ა) კორენსი
ბ) მენდელი
გ) ჩერმაკი
დ)დეფრიზი

5. რა არის მემკვიდრეობა

ა) ნიშან-თვისებათა მსგავსება
ბ) მშობლის თვისება გადასცეს თავისი ნიშან-თვისებები შვილეულ თაობას
გ) მშობლის თვისება გადასცეს თავისი ნიშნები, თვისებები და განვითარების სპეციფიური თავისებურებები შვილეულ თაობას

დ) გამრავლების პროცესი

6. რა არის ცვალებადობა

ა) ორგანიზმების გამრავლების პროცესში ახალი ნიშან-თვისებების წარმოქმნა
ბ) ნიშან-თვისებათა განსხვავება
გ) ორგანიზმების თვისება გამრავლების პროცესში ახალი ნიშან-თვისებების წარმოქმნა და თაობაზე გადაცემა
დ) ა და გ პუნქტებში ჩამონათვალი

7. რა არის გენეტიკის ამოცანა

ა) მემკვიდრული კანონზომიერებების შესწავლა
ბ) ცვალებადობის კანონზომიერებათა შესწავლა
გ) მემკვიდრეობის და ცვალებადობის კანონზომიერებების შესწავლა
დ) მემკვიდრეობის და ცვალებადობის კანონზომიერებების შესწავლა და მათი მართვა

8. გენეტიკის კვლევის ძირითადი მეთოდებია

ა) ჰიბრიდოლოგიური მეთოდი და სტატისტიკური მეთოდი
ბ) ჰიბრიდოლოგიური და ციტოლოგიური მეთოდი
გ) გენეტიკური ანალიზის და ონტოგენეტიკური მეთოდი
დ) ოთხივე მეთოდი ერთად

9. რას შეისწავლის ჰიბრიდოლოგიური მეთოდი

ა) მემკვიდრეობის კანონზომიერებებს
ბ) ცვალებადობის კანონზომიერებებს
გ) მემკვიდრეობის კანონზომიერებებს და მემკვიდრული ცვალებადობის აღმოჩენის საშუალებებს
დ) ქრომოსომების აგებულებას

10. რას შეისწავლის ციტოლოგიური მეთოდი

ა) მემკვიდრეობის კანონზომიერებებს
ბ) ორგანიზმების გამრავლების და მემკვიდრეობის ინფორმაციის გადაცემასთან დაკავშირებულ უჯრედის სუბმიკროსკოპულ სტრუქტურას
გ) გენების აგებულებას და სტრუქტურას
დ) ქრომოსომების აგებულებას

11. რას შეისწავლის ონტოგენეტიკური მეთოდი

ა) მემკვიდერეობის და ცვალებადობის კანონზომიერებებს
ბ) გენის მოქმედება და მისი გამოვლინება ორგანიზმის ინდივიდუალური განვითარების დროს
გ) გენის აგებულება და სტრუქტურა
დ) ქრომოსომების აგებულება და სტრუქტურა

12. რას შეისწავლის სტატისტიკური მეთოდი

ა) მემკვიდრეობის კანონზომიერებებს
ბ) ცვალებადობის კანონზომიერებებს
გ) მემკვიდრეობის და ცვალებადობის სტატისტიკურ კანონზომიერებებს
დ) მემკვიდრეობის კანონზომიერებებს, ცვალებადობის კანონზომიერებებს, მემკვიდრეობის და ცვალებადობის სტატისტიკურ კანონზომიერებებს

13. გენეტიკის განვითარებაში რამდენი პერიოდია

ა) ორი
ბ) სამი
გ) ოთხი
დ) ხუთი

14. რომელ პერიოდში მიდინარეობდა კვლევა ორგანიზმის დონეზე

ა) პირველში
ბ) მესამეში
გ) პირველ და მეორეში
დ) მეორე და მესამეში

15. რომელ პერიოდში მიდინარეობდა კვლევა უჯრედის დონეზე

ა) მესამეში
ბ) მესამე და მეოთხეში
გ) მეორეში
დ) მეორეში და მესამეში

16. რომელ პერიოდთან იყო დაკავშირებული მემკვიდრეობის მოლეკულური საფუძვლების დადგენა

ა) პირველთან
ბ) მეორესთან
გ) მესამესთან

დ) მეოთხესთან

17. რომელი პერიოდიდან ჩაეყარა საფუძველი გენეტიკის განვითარების მეოთხე პერიოდს

ა) დნმ-ის სტრუქტურის დადგენიდან
ბ) გენის აღმოჩენიდან
გ) გენის ხელოვნური სინთეზირებიდან
დ) გენის გამოყოფიდან და ხელოვნური სინთეზიდან

18. რა ძირითადი კანონზომიერებები იქნა დადგენილი გენეტიკის განვითარების პირველ პერიოდში

ა) მემკვიდრეობის
ბ) მემკვიდრეობის და ცვალებადობის
გ) ცვალებადობის
დ) ონტოგენეზის

19. რა ძირითადი კანონზომიერებები დადგინდა გენეტიკის განვითარების მეორე პერიოდში

ა) მემკვიდრეობის
ბ) ცვალებადობის
გ) მემკვიდრეობის და ცვალებადობის
დ) სტატისტიკის

20. რა ძირითადი კანონზომიერებები დადგინდა გენეტიკის განვითარების მესამე პერიოდში

ა) დნმ-ის ორმაგი სტრუქტურის აღმოჩენა
ბ) რნმ-ის აგებულება და სტუქტურის დადგენა
გ) რმნ-ის და დნმ-ის ფუნქციის განსაზღვრა
დ) სამივე ერთად

21. გენეტიკის განვითარების მეოთხე პერიოდის ძირითადი მიმართულებები

ა) გენური ინჟინერია
ბ) ვირუსების და მიკროორგანიზმების დახმარებით ნიშან-თვისებათა გააქტიურება
გ) უჯრედის და ქსოვილების კულტურა
დ) სამივე ერთად

22. ვისმა შრომებმა ჩაუყარა საფუძველი გენეტიკის განვითარების პირველ პერიოდს

ა) დეფრიზი
ბ) მენდელი
გ) ბეტსონი
დ) იოჰანსენი

23. ვისმა შრომებმა ჩაუყარა საფუძველი გენეტიკის განვითარების მეორე პერიოდს

ა) ბოკერმის, სეტონის, ვილსონის
ბ) მორგანის
გ) ნადსონის, ფილიპოვის
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილმა

24. ვისმა შრომებმა ჩაუყარა საფუძველი გენეტიკის განვითარების მესამე პერიოდს

ა) ხერშის და ჩეიზის
ბ) ბიდლას და ტატუმის
გ) უოტსონის და კრიკის
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილმა

25. რომელ მეცნიერებს მიუძღვით განსაკუთრებული ღვაწლი გენეტიკის განვითარებაში

ა) მენდელს, კორესს, ჩერმაკს, დე ფრიზს, პენეტს, ბეტსონს
ბ) მორგანს, მადსონს, ფილიპოვს, იოჰანსენს, ვეისმანს, რაპოპორტს
გ) უოტსონს, კრიკს, ოჩოას, მატეის, ჟაკობას და მონოს, ბეკვისტს, ხირანას, დუბინინს, სპირინს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

26. გენეტიკას მჭიდრო კავშირი აქვს შემდეგ მეცნიერებებთან

ა) მათემატიკა, ფიზიკა ქიმია
ბ) ციტოლოგია, ემბრიოლოგია, ბიოლოგია
გ) ბიოქიმია, ბიოტექნოლოგია, სტატისტიკა
დ) ყველა ჩამოთვლილთან

27. რომელი მეთოდით შეისწავლება დომინანტობა და რეცესიულობა, ჰომოზიგოტურობა და ჰეტეროზიგოტულობა, დათიშვის კანონზომიერებანი

ა) ციტოლოგიური მეთოდი
ბ) ონტოგენეტიკური მეთოდი
გ) ჰიბრიდოლოგიური ანალიზის მეთოდი
დ) სამივე მეთოდი

28. რომელი მეთოდით სწავლობენ უჯრედის ორგანოიდების ქცევას გამრავლების პროცესში

ა) ციტოლოგიური მეთოდი
ბ) ონტოგენეტიკური მეთოდი
გ) სტატისტიკური მეთოდი
დ) მათემატიკური მეთოდი

29. რომელი მეთოდით საწვლობენ გენის გამოვლინებას გამრავლების პროცესში

ა) ციტოლოგიური მეთოდი
ბ) ონტოგენეტიკური მეთოდი
გ)ჰიბრიდოლოგიური ანალიზის მეთოდი
დ) სტატისტიკური მეთოდი

30. რომელი მეცნიერების თეორიულ საფუძველს წარმოადგენს გენეტიკა

ა) ციტოლოგიის
ბ) ქიმიის
) სელექცია-მეთესლეობის
დ) მემცენარეობის

31. რატომ არის გენეტიკა სელექცია-მეთესლეობის თეორიული საფუძველი

ა) შეისწავლის უჯრედის აგებულებას და მათ ფუნქციებს
ბ) შეისწავლის ორგანიზმების განვითარებას ინდივიდუალური განვითარების დროს
გ) შეისწავლის დომინანტობას და რეცესიულობას, ჰომოზიგოტურობას და ჰეტეროზიგოტულობას, მუტაციებს, პოლიპლოიდიას ცმს-ის მოვლენას, ჰეტერობის მოვლენას.
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალის გამო

II. გენეტიკის ციტოლოგიური საფუძვლები

1. გენეტიკაში ციტლოგიური კვლევის რა მეთოდებს იყენებენ

ა) ელექტრონული მიკროსკოპია და ავტორადიოგრაფიული (ნიშანდებული ატომების)
ბ) ციტოქიმიური და ციტოსპექტროფოტომეტრული მეთოდები
გ) ჩქაროსნული ცენტრიფუგირება და რედგენოსტრუქტურული ანალიზი
დ) ყველა ჩამოთვლილი

2. როგორია უჯრედის ძირითადი აგებულება

ა) უჯრედი შედგება გარსის, პროტოპლაზმის და ბირთვისაგან
ბ) უჯრედი შედგება ციტოპლაზმისა და ბირთვისაგან
გ) უჯრედი შედგება გარსის, ციტოპლაზმის, ბირთვისა და ქრომოსომებისაგან
დ)უჯრედის ძირითადი ნაწილებია მიტოქონდრიები, პლასტიდები, რიბოსომები

3. რისგან შედგება ციტოპლაზმა

ა) ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის კომპლექსი, პლასტიდები
ბ) მიტოქონდრიები, რიბოსომები, ლიზოსომები
გ) ბირთვაკი, ქრომოსომები
დ) მხოლოდ ა და ბ პუნქტებში ჩამოთვლილი ორგანოიდებისაგან

4. რისგან შედგება ბირთვი

ა) ბირთვის გარსი
ბ) ბირთვაკებიი
გ) ბირთვის წვენი და ქრომატინის ნივთიერება (ქრომოსომები)
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვლისაგან

5. რა ფუნქციას ასრულებს უჯრედის გარსი

ა) იცავს უჯრედს
ბ) აძლევს ფორმას
გ) კავშირს ამყარებს სხვა უჯრედებთან
დ) ყველა ჩამონათვალს

6. რა ფუნქციას ასრულებს ენდოპლაზმური ბადე

ა) ახორციელებს ცილების სინთეზს
ბ) წარმოადგენს ნივთიერებათა ცვლის სისტემას
გ) კავშირს ამყარებს ციტოპლაზმასა და სხვადასხვა ორგანოიდებს შორის
დ) ენდოპლაზმური ბადის დახმარებით კაშირი მყარდება ციტოპლაზმის სხვადასხვა ორგანოიდებს შორის და მასზე მიმდინარეობს ცვლის პროცესები

7. როგორია ენდოპლაზმური ბადის აგებულება

ა) შედგება პლასტიდებისაგან
ბ) შედგება არხებისა და მემბრანებისაგან
გ) გრანულებისაგან

დ) ბ და გ პუნქტში დასახელებული ნაწილებისაგან

8. როგორია გოლჯის კომპლექსიის აგებულება

ა) არხებისა და ღრუებისაგან
ბ) მემბრანების, გრანულებისა და ვაკუოლებისაგან
გ) მიტოქონდრიებისაგან
დ) ყველა ჩამოთვლილი ნაწილებისაგან

9. რა ფუნქციას ასრულებს გოლჯის კომპლექსი

ა) აგროვებს ცხოველმყოფელობის პროდუქტებს
ბ) იშორებს შხამიან ნივთიერებებს და ჭარბ წყალს
გ)თვითონვე გამოიმუშავებს საჭირო ნივთიერებებს
დ) ყველას რაც მითითებული ა, ბ, გ პუნქტებში

10. როგორია ლიზოსომების აგებულება

ა) შედგება მემბრანებისაგან
ბ)სფეროსებური ნაწილაკების, რომლებიც შემოსაზღვრულია ლიპოპროტეინოვანი მემბრანით
გ) ცილა ჰისტონებისა და ვაკუოლისაგან
დ) ყველა ჩამოთვლილი ნაწილაკისაგან

11. რა ფუნქციას ასრულებს ლიზოსომები

ა) დამცველობითს
ბ) აქვთ დამცველობითი უნარი და მონაწილეობენ ენდოსპერმის საკვები ნივთიერებების მობილიზაციაში
გ) უჯრედის დაყოფის დროს მკვდარი სტრუქტურების გახსნასა და გამოყოფაში
დ) ბ და გ პუნქტებში აღწერილ ფუნქციებს

12. როგორია უჯრედის ქიმიური შედგენილობა

ა) ცილები, ცხიმები, ლიპოიდები
ბ) ცილები და ცხიმები
გ) ცილები და წყალი
დ)ცილები, ცხიმები, ლიპოიდები, ნახშირწყლები, წყალი

13. როგორია რიბოსომების ქიმური შედგენილობა

ა) შედგება ცილებისაგან

ბ) ცილების ცხიმების და ნახშირწყლებისაგან
გ) ნახევარი ცილა და ნახევარი რნმ
დ) ყველა ცამოთვლილისაგან

14. რა ფუნქციას ასრულებს რიბოსომები

ა) აწარმოებენ ნახშირწყლების სინთეზს
ბ) აწარმოებენ ცილების სინთეზს
გ) აწარმოებენ ლიპიდების სინთეზს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილის სინთეზს

15. როგორია მიტოქონდრიების აგებულება

ა) ცისტერნებისა და ღრუებისაგან
ბ) გარეთა და შიგნითა მემბრანებისაგან, რომელშიც შედის ტიხრები, ე.წ კრისტები
გ) გრანულებისაგან
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილისაგან

16. რა ფუნქციას ასრულებს მიტოქონდრიები

ა) დამცველობითს
ბ) ნარჩენი ორგანული ნივთიერების მოგროვება
გ) ნარჩენი ორგანული ნივთიერების მოგროვება და დაჟანგვა, რაც ქმნის ენერგიის წყაროს
დ) გამოყოფას

17. როგორია პლასტიდების აგებულება

ა) ცისტერნებისაგან
ბ) მემბრანებისაგან
გ) გრანების და ლიპიდებისაგან
დ)არხებისა და ღრუებისაგან

18. რა სახის პლასტიდები შეიძლება შეგვხვდეს მცენარეულ უჯრედში

ა) ლეიკოპლასტები
ბ) ქლოროპლასტები
გ) ქრომოპლასტები
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

19. რა ფუნქციას ასრულებს პლასტიდები

ა) დამცველობითს
ბ) ენერგეტიკულს
გ) გლუკოზის ბიოსინთეზი და ფოტოსითთეზი
დ) სეკრეტორული

20. უჯრედული ორგანიზაციის ძირითადი ტიპები

ა) პროკარიოტები
ბ) ეუკარიოტები
გ) პროკარიოტები და ეუკარიოტები
დ) მხოლოდ ბ პუნქტში დასახელებული უჯრედები

21. როგორია ბირთვის ქიმიური შედგენილობა

ა) მარტივი ცილები
ბ) დნმ და რნმ
გ) მარტივი ცილები და დეზოქსირიბონუკლეოტიდები
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ნივთიერებისაგან

22. რა მდგომარეობაში შეიძლება იმყოფებოდეს ბირთვი უჯრედში

ა) მოსვენებულ
ბ) დაყოფის
გ) მოსვენებულ და დაყოფის
დ) წაგრძელების

23. რა ფუნქციას ასრულებს ბირთვი

ა) დამცველობითს
ბ) გამოყოფის
გ) მემკვიდრული ინფორმაციის შენახვის და გადაცემის
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

24. ბირთვის აგებულებაში რომელია მუდმივი შემადგენელი ნაწილი

ა) ბირთვის გარსი და ბირთვაკი
ბ) ბირთვაკი
გ) ბირთვის წვენი
დ) ბირთვის წვენი და ქრომატინის ნივთიერება

25. ქრომოსომების მიხედვით როგორი ანაწყობები ახასიათებს ორგანიზმებს

ა) ჰაპლოიდური
ბ) დიპლოიდური
გ) ჰაპლოიდური და დიპლოიდური
დ) ტეტრაპლოიდური

26. რით ხასიათდება ქრომოსომების მორფოლოგია

ა) პირველადი და მეორადი წელით ანუ შეშარტვით
ბ) ტელომერებით და თანამგზავრებით
გ) ტელომერებით, თანამგზავრებით და პირველადი წელით
დ) პირველადი წელით, მეორადი წელით, ტელომერებით და თანამგზავრებით

27. როგორია ქრომოსომების სტრუქტურული აგებულება

ა) შედგება ორი ქრომატიდისაგან
ბ) ორი ქრომატიდისა და თვითოეული ორი ან ორნახევარი ქრომონემისაგან
გ) ქრომონემებისაგან
დ) ორი ქრომატიდისაგან, 2 ან 2,5 ქრომონემისაგან და ორის ჯერადი მიკროფიბრილის ძაფებისაგან

28. რა შედის მიკროფიბრილის ძაფების შემადგენლობაში

ა) რნმ-ის მოლეკულა
ბ) ატფ-ის მოლეკულა
გ) დნმ-ის მოლეკულა
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

29. ქრომოსომა ფორმის მიხედვით როგორი შეიძლება იყოს

ა) ცენტრული
ბ) აკროცენტრული
გ) აკროცენტრული და მეტაცენტრული
დ) აკროცენტრული, მეტაცენტრული და სუბმეტაცენტრული

30. რა განსაზღვრავს ქრომოსომის ფორმას

ა) ბირთვაკი
ბ)სიგრძე
გ) ცენტრომერის მდებარეობა
დ) ქიმიური შედგენილობა

31. რა განსაზღვარავს კარიოტიპს

ა) ქრომოსომის მორფოლოგია და ქრომოსომის ფორმა
ბ) ქრომოსომის რიცხვი და ფორმა
გ) ქრომოსომის მორფოლოგია, და ქრომოსომის რიცხვი და ფორმა
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალს დამატებული ქრომოსომის სტრუქტურული აგებულება

32. რა სახის სპირალს წარმოქმნის ქრომოსომული ძაფები

ა) პარანემულს
ბ) პლექტინურს
გ) რელიპციონურს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

33. როგორია ქრომოსომის ქიმიური შედგენილობა

ა) დნმ-45% ჰისტონები 55%
ბ) დნმ-50% ჰისტონები 50%
გ) დნმ-60% ჰისტონები 40%
დ) დნმ-30% ჰისტონები 70%

34. გამრავლების რა ფორმებია

ა) ვეგტატიური
ბ) სქესობრივი
გ) უსქესო
დ) სქესობრივი და უსქესო

35. უჯრედის დაყოფია რა წესები იცით

ა) მიტოზი
ბ) ამიტოზი
გ) მეიოზი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

36. რა ფუნქციას ასრულებს მიტოზი

ა) გამრავლება
ბ) ზრდა და განვითრება
გ) სასქესო უჯრედების განვითარება
დ) გამრავლება, ზრდა და განვითრება

37. რა ფუნქციას ასრულებს ამიტოზი

ა) გამრავლება
ბ) ზრდა და განვითრება
გ) დამცველობითი
დ) სასქესო უჯრედების ფორმირება

38. რა ფუნქციას ასრულებს მეიოზი

ა) გამრავლება
ბ) ზრდა და განვითარება
გ) სასქესო უჯრედების ფორმირება
დ) ქრომოსომული ანაწყობის განახევრება და სასქესო უჯრედების ფორმირება

39. რომელი ორგანიზმებისთვისაა დამახასიათებელი ამიტოზი

ა) ერთუჯრედიანებისათვის
ბ) მრავალუჯრედიანებისათვის
გ) გორგლის, ნასკვის პარენქიმის უჯრედებისათვის
დ)ა და ბ პუნქტებში მოყვანილი უჯრედებისათვის

40. რა ეწოდება უჯრედის დაყოფას

ა) ინტერკინეზი
ბ) ციტოკინეზი
გ) კარიოკინეზი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

41. რა ეწოდება ორ დაყოფას შორის მოთავსებულ უჯრედის მდომარეობას

ა) კარიოკინეზი
ბ) ციტოკინეზი
გ) ინტერკინეზი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

42. რა პროცესები მიმდინარეობს ინტერკინეზში

ა) მარტივი ცილების სინთეზი
ბ) დნმ-ის სინთეზი
გ) მარტივი ცილების სინთეზი და დნმ-ის სინთეზი
დ) მარტივი ცილების სინთეზი, დნმ-ის სინთეზი, ქრომოსომების გაორმაგება და ატფ-ის სინთეზი

43. რა ეწოდება ინტერფაზის პერიოდებს

ა) პრესინთეზი
ბ) პრესინთეზი, პოსტსინთეზი
გ) სინთეზი
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

44. რა ფაზებს განასხვავებენ მიტოზში

ა) პროფაზა და მეტაფაზა
ბ) მეტაფაზა და ტელოფაზა
გ) ანაფაზა და მეტაფაზა
დ) პროფაზა, მეტაფაზა, ანაფაზა, ტელოფაზა

45. რა პროცესები ხდება პროფაზაში

ა) ბირთვის სტრუქტურის რეორგანიზაცია
ბ) ბირთვის სტრუქტურის რეორგანიზაცია და ქრომოსომების სპირალიზაცია
გ) გარსის დაშლა და ბირთვაკის გაქრობა დ) ბირთვის სტრუქტურის რეორგანიზაცია, ქრომოსომთა სპირალიზაცია, გარსის დაშლა და ბირთვაკის გაქრობა

46. რა პროცესები მიმდინარეობს მეტაფაზაში

ა) ქრომოსომების სპირალიზაცია
ბ) დაყოფის თითისტარას ჩამოყალიბება
გ) ქრომოსომების გადაადგილება ეკვატორზე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

47. რა ხდება ანაფაზაში

ა)ცენტრომერების დაყოფა
ბ) ქრომოსომების პოლუსებისაკენ გადაადგილება
გ) დესპირალიზაცია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

48. რა ხდება ტელოფაზაში

ა) სპირალიზაცია
ბ) დესპირალიზაცია
გ) უჯრედის დაყოფა

დ) ყალიბდება ფრაგმოპლასტი, უჯრედი იყოფა ორ ნაწილად და ქრომოსომები განიცდის დესპირალიზაციას

49. რომელი ფაზაა ყველაზე მნიშვნელოვანი მიტოზში

ა) პროფაზა
ბ) მეტაფაზა
გ) ანაფაზა
დ) ტელოფაზა

50. მიტოზის შედეგად მიღებული შვილეული უჯრედების ქრომოსომული ანაწყობია

ა) დიპლოიდური
ბ) ტრიპლოიდური
გ) ტეტრაპლოიდური
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

51. მიტოზურ ციკლში რა პერიოდებს ანსხვავებენ

ა) რეორგანიზაციის
ბ) დაყოფის და მოძრაობის
გ) რეკონსტრუქციის
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

52. მიტოზში რა წარმოადგენს დაყოფის ერთეულს

ა) ქრომოსომა
ბ) ქრომატიდი
გ) ქრომონემა
დ) დნმ-ის მოლეკულა

53. რა ეწოდება მეიოზური დაყოფის ეტაპებს

ა) რედუქციული
ბ) რედუპლიკაციური
გ) რედუქციული და ეკვაციური
დ) ეკვაციური

54. რა სტადიებისაგან შედგება პროფაზა I

ა) ლეპტონემა
ბ) ლეპტონემა, ზიგონემა, პაქინემა

გ) ლეპტონემა, ზიგონემა, პაქინემა, დიპლონემა, დიაკინეზი
დ) ლეპტონემა, პაქინემა, დიპლონემა, დიაკინეზი

55. რა არის დამახასიათებელი ლეპტონემისათვის

ა) ბივალენტების წარმოქმნა
ბ) სპირალიზაცია
გ) ერთმაგი ძაფების წარმოქმნა
დ) კროსინგოვერი

56. რა არის დამახასიათებელი ზიგონემისათვის

ა) ერთმაგი ძაფების სტადია
ბ) ბივალენტების წარმოქმნა და სპირალიზაცია
გ) კროსინგოვერი
დ) ქიაზმების წარმოქმნა

57. რა არის დამახასიათებელი პაქინემისათვის

ა) დესპირალიზაცია
ბ) ქიაზმების წარმოქმნა
გ) კროსინგოვერი
დ) კონიუგაცია

58. რა არის დამახასიათებელი ლეპტონემისათვის

ა) ბივალენტების წარმოქმნა
ბ) კროსინგოვერი
გ) კონიუგაცია
დ) ქიაზმების წარმოქმნა

59. რით ხასიათდება დიაკინეზი

ა) კროსინგოვერით
ბ) ბირთვაკით
გ) ქიაზმების წარმოქმნით
დ) ბირთვაკის და გარსის გაქრობით

60. რა ეწოდება მეიოზის ორ დაყოფას შორის პერიოდს

ა) ციტოკინეზი
ბ) ინტერკინეზი

გ) კარიოკინეზი
დ) ინტერფაზა

61. როგორია ქრომოსომული ანაწყობი მეიოზის მეორე დაყოფის შემდეგ

ა) დიპლოიდური
ბ) ჰაპლოიდური
გ) ტრიპლოიდური
დ) ტეტრაპლოიდური

62. რამდენი უჯრედი მიიღება მეიოზური დაყოფის შემდეგ

ა) ორი
ბ) ოთხი
გ) ექვსი
დ) რვა

63. რომელია ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაზა მეიოზში

ა) პროფაზა I
ბ) პროფაზა II
გ) ტელოფაზა II
დ) მეტაფაზა I

64. რა წარმოადგენს მეიოზური დაყოფის ძირითად ერთეულს

ა) ქრომატიდა
ბ) ქრომონემა
გ) ქრომოსომა
დ) ცენტრომერა

65. რა მიიღება რედუქციული დაყოფის შედეგად

ა) ციტოკინეზი
ბ) კარიოკინეზი
გ) ტეტრადა
დ) დიადა

66. სად წარმოიქმნება ფარულთესლოვან მცენარეთა სასქესო უჯრედები

ა) ყვავილში
ბ) ყვავილის სამტვრეებსა და თესლკვირტში

გ) ყვავილის გვირგვინის ფურცლებში
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალში

67. ყვავილის სამტვრეებში მიკროსპორას წარმოქმნას ეწოდება

ა) გამეტოგენეზი
ბ) ონტოგენეზი
გ) მიკროსპოროგენეზი
დ) მეგასპოროგენეზი

68. თესლკვირტის ნასკვში ოგანოს განვითარებას ეწოდება

ა) გამეტოგენეზი
ბ) ონტოგენეზი
გ) მიკროსპოროგენეზი
დ) მეგასპოროგენეზი

69. საიდან მიიღება მიკროსპორის დედა უჯრედი

ა) პირველადი არქესპორიუმის უჯრედიდან
ბ) ენდოსპერმის უჯრედიდან
გ) მეორადი არქესპორიუმის უჯრედიდან
დ) ნუცელუსის უჯრედიდან

70. როგორ იყოფა მიკროსპორის დედა უჯრედი

ა) მეიოზით
ბ) მიტოზით
გ) ამიტოზით
დ) ენდომიტოზით

71. როდის ეწოდება მტვრის მარცვალი

ა) როცა მეიოზის შედეგად მიიღება ტეტრადა
ბ) როცა ტეტრადის უჯრედები განივითარებენ ეკზინას და ინტინას
გ) როცა მოხდება გენერაციული და ვეგეტატიური უჯრედის ჩამოყალიბება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ შემთხვევაში

72. რით ხასიათდება ვეგეტატიური უჯრედი

ა) უფრო მსხვილია
ბ) ციტოპლაზმა თხევადია

გ) ბევრია საკვები ნივთიერებები და ბევრი ვაკუოლი გააჩნია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

73. რით ხასიათდება გენერაციული უჯრედი

ა) დიდი ზომისაა და აქვს ბლანტი ბირთვი
ბ) პატარა ზომისაა და აქვს ბლანტი ციტოპლაზმა და მკვრივი ბირთვი
გ) შეიცავს რნმ
დ) პატარა ზომისაა და აქვს ბლანტი ციტოპლაზმა და მკვრივი ბირთვი, შეიცავს რნმ

74. რა მიიღება გენერაციული უჯრედის მიტოზური დაყოფით

ა) სპერმა
ბ) კვერცხუჯრედი
გ) ენდოსპერმი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

75. საიდან მიიღება მეგასპორის დედა უჯრედი

ა) ნუცელუსის უჯრედიდან
ბ) პირველადი არქესპორიუმის უჯრედიდან
გ) მეორადი არქესპორიუმის უჯრედიდან
დ) ენდოსპერმის უჯრედიდან

76. მეიოზის შედეგად მიღებული ოთხი მეგასპორიდან რამდენი ვითარდება

ა) ორი
ბ) ოთხი
გ) ერთი
დ) სამი

77. რა ეწოდება ჩანასახის პარკის ყუნწთან მიმაგრების ადგილს

ა) მიკროპილე
ბ) ქალაზა
გ) ანტიპოდი
დ) სინერგიდი

78. რა ეწოდება მტვრის მარცვლის ჩანასახის პარკში შესასვლელ ადგილს

ა) მიკროპილე
ბ) ქალაზა

გ) ანტიპოდი
დ) სინერგიდი

79. მეგასპორის ერთი დედა უჯრედიდან ჩანასახის პარკში სულ რამდენი ბირთვი მიიღება

ა) ოთხი
ბ) ექვსი
გ) რვა
დ) თორმეტი

80. რა ეწოდება მიკროპილეს მხარეს მოთავსებულ ბირთვებს

ა) მიკროპილარული
ბ) ქალაძური
გ) ანტიპოდი
დ) სინერგიდი

81. რა ეწოდება ქალაძის მხარეს მოთავსებულ ბირთვებს

ა) მიკროპილარული
ბ) ქალაძური
გ) ანტიპოდები
დ) სინერგიდი

82. რისგან შედგება საკვერცხე აპარატი

ა) ორი სინერგიდის და ერთი ანტიპოდისაგან
ბ) ერთი სინერგიდის, ერთი ანტიპოდის და ერთი კვერცხუჯრედისაგან
გ) ორი სინერგიდისა და ერთი კვერცხუჯრედისაგან
დ) ორი ანტიპოდის და ერთი კვერცხუჯრედისაგან

83. რამდენი უჯრედისაგან შედგება მომწიფებული ჩანასახის პარკი

ა) სამი
ბ) ოთხი
გ) ხუთი
დ) შვიდი

84. რა პროცესები უძღვის წინ გამეტების შერწყმას

ა) დამტვერიანება და სამტვრე მილის წარმოქმნა

ბ) კვერცხუჯრედის მომწიფება
გ) საკვერცხე აპარატის წარმოქმნა
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

85. ფარულთესლოვან მცენარეთა დამტვერვის წესებია

ა) პარალელური და თვითდამტვერვა
ბ) ჯვარედინი და პერპენდიკულარული
გ) ჯვარედინი და თვითდამტვერვა
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

86. ყვავილის აგებულებისა და გენერაციული ორგანოების განლაგების მიხედვით მცენარეები შეიძლება იყოს

ა) ორსქესიანი
ბ) ორსქესიანი და გაყოფილსქესიანი
გ) ორსქესიანი და გაყოფილსქესიანი, ერთსახლიანი და ორსახლიანი
დ) ერთსახლიანი და ორსახლიანი

87. რა ეწოდება სასქესო ორგანოების განსხვავებულ დროს განვითარებას

ა) პროტერანდრეა
ბ) პროტოგინეა
გ) დიქოგამია
დ) ყველა ერთად ჩამონათვალი

88. რა ეწოდება მამრობითი ორგანოს ადრე მომწიფებას

ა) პროტეროანდრეა
ბ) პროტეროგინეა
გ) დიქოგამია
დ) ქალაძოგამია

89. რა ეწოდება მდედრობითი ორგანოს ადრე მომწიფებას

ა) პროტეროანდრეა
ბ) პროტეროგინეა
გ) დიქოგამია
დ) ქალაძოგამია

90. რა გზით შედის მტვრის მარცვალი ჩანასახის პარკში

ა) ქალაძით და ნუცელუსით
ბ) კედლის, ქალაძის და ანტიპოდების
გ) ანტიპოდებით და კედლით
დ) ქალაძით, მიკროპილით და კედლით

91. რა ეწოდება დახურულ ყვავილში განაყოფიერებას

ა) დიქოგამია
ბ) ავტოგამია
გ) კლეისტოგამია
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

92. რას უერთდება ჩანასახის პარკში შესული მტვრის მარცვალი

ა) ცენტრალურ უჯრედს
ბ) ანტიპოდს
გ) კვერცხუჯრედს
დ) ა და გ პუნქტში მითითებულ უჯრედს

93. რა მიიღება კვერცხუჯრედის განაყოფიერების შედეგად

ა) ენდოსპერმი
ბ) ზიგოტა
გ) მიკროპილე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

94. რა მიიღება ცენტრალური უჯრედის განაყოფიერების შედეგად

ა) ენდოსპერმი
ბ) ზიგოტა
გ) მიკროპილე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

95. როგორია ქრომოსომული ანაწყობი ზიგოტაში

ა) დიპლოიდური
ბ) ტეტრაპლოიდური
გ) ჰექსაპლოიდური
დ) ოქტაპლოიდური

96. როგორია ქრომოსომული ანაწყობი ენდოსპერმში

ა) დიპლოიდური
ბ) ტრიპლოიდური
გ) ტეტრაპლოიდური
დ) ჰექსაპლოიდური

97. რა ეწოდება გამეტების შერწყმის შედეგად ჩანასახის განვითარებას

ა) ანდროგენეზი
ბ) ამფიმიქსისი
გ) გინოგენეზი
დ) აპომიქსისი

98. რა ეწოდება გამეტების შერწყმის გარეშე ჩანასახის განვითარებას

ა) ამფიმიქსისი
ბ) აპომიქსისი
გ) მეზოგამია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

99. აპომიქსისის ფორმებია

ა) ანდროგენეზი და პართენოგენეზი
ბ) გინოგენეზი
გ) ანდროგენეზი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

100. რა იწვევს არარეგულარულ აპომიქსის

ა) უცხო თესლით დამტვერიანება
ბ) დაგვიანებული დამტვერვა
გ) მტვრის და ბუტკოს იონიზებული რადიაცია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

101. რეგულარული აპომიქსისის დროს როგორია ჩანასახის პარკის ქრომოსომული ანაწყობი

ა) დიპლოიდური
ბ) ტეტრაპლოიდური
გ) ჰექსაპლოიდური
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

102. რა არის მონოსპერმია

=ა) როცა მდედრობითი ორგანო ნაყოფიერდება ერთი მტვრის მარცვლით
ბ) როცა მდედრობითი ორგანო ნაყოფიერდება ორი მტვრის მარცვლით
გ) როცა მდედრობითი ორგანო ნაყოფიერდება ანტიპოდით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

103. რა არის პოლისპერმია

ა) როცა მდედრობითი ორგანო ნაყოფიერდება ერთი მტვრის მარცვლით
=ბ) როცა მდედრობითი ორგანო ნაყოფიერდება რამდენიმე მტვრის მარცვლით
გ) როცა მდედრობითი ორგანო ნაყოფიერდება ანტიპოდით
დ) როცა მდედრობითი ორგანო ნაყოფიერდება სინერგიდით

104. რა ეწოდება მამრობითი ორგანიზმის ნიშნების გამოვლინებას განაყოფიერების შემდეგ თესლის ენდოსპერმზე

ა) პოროგამია
ბ) ქსენია
გ) აპოგამია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

III მემკვიდრეობის კანონზომიერებანი შიდასახეობრივი ჰიბრიდიზაციის დროს

1. რომელ წლებში ატარებდა ცდებს გრეგორ მენდელი

ა) 1750-1800
ბ) 1800-1850
გ) 1850-1863
დ) 1870-1880

2. რომელ კულტურაზე ატარებდა ცდებს გრეგორ მენდელი

ა) ლობიოზე
ბ) სიმინდზე
გ) ბარდაზე
დ) კარტოფილზე

3. რომელი მეთოდით მუშაობდა გრეგორ მენდელი

ა) მატემატიკური
ბ) ჰიბრიდოლოგიური
გ)ციტოლოგიური
დ) ციკლური

4. ჰიბრიდოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად რა პირობების დაცვაა აუცილებელი

ა) შესაჯვარებელი მშობლები უნდა განსხვავდებოდნენ ადვილად შესამჩნევი ნიშნებით
ბ) შერჩეული მშობლები უნდა ხასიათდებოდნენ ერთი ან ორი მკვეთრად განსხვავებულ (ალტერნატიული) ნიშნით
გ) ყოველი თაობა უნდა აღიზარდოს იზოლირებულად და მოხდეს ზუსტი მათემატიკური გაანგარიშება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

5. როგორ აღნიშნავენ მდედრობით სქესს შეჯვარების სქემის ჩაწერის დროს

ა) ♀
ბ) ♂
გ) P
დ) F

6. როგორ აღნიშნავენ მამრობით სქესს შეჯვარების სქემის ჩაწერის დროს

ა) ♀
ბ) ♂
გ) P
დ) F

7. შეჯვარების სქემის ჩაწერის დროს როგორ აღნიშნავენ ჰიბრიდულ თაობას

ა) ♀
ბ) ♂
გ) P
დ) F

8. შეჯვარების სქემის ჩაწერის დროს როგორ აღნიშნავენ მშობელ ფორმებს

ა) ♀
ბ) ♂
გ) P
დ) F

9. რა ეწოდება ერთი ნიშნით განსხვავებული მშობელი ფორმების შეჯვარებას

ა) მონოჰიბრიდული
ბ) დიჰიბრიდული
გ) ტრიჰიბრიდული
დ) პოლიჰიბრიდული

10. რა ეწოდება ორი ნიშნით განსხვავებული მშობელი ფორმების შეჯვარებას

ა) მონოჰიბრიდული
ბ) დიჰიბრიდული
გ) ტრიჰიბრიდული
დ) პოლიჰიბრიდული

11. რა ეწოდება სამი ნიშნით განსხვავებულ მშობელ ფორმებს

ა) მონოჰიბრიდული
ბ) დიჰიბრიდული
გ) ტრიჰიბრიდული
დ) პოლიჰიბრიდული

12. რა ეწოდება მრავალი ნიშნით განსხვავებული მშობელი ფორმების შეჯვარებას

ა) მონოჰიბრიდული
ბ) დიჰიბრიდული
გ) ტრიჰიბრიდული
დ) პოლიჰიბრიდული

13. რა ეწოდება გაბატონებულ ნიშანს, რომელიც ვლინდება პირველ თაობაში

ა) დომინანტური
ბ) რეცესიული
გ) პოლიმერული
დ) ეპისტაზური

14. რა ეწოდება ნიშანს, რომელიც არ ვლინდება პირველ თაობაში

ა) დომინანტური
ბ) რეცესიული
გ) პოლიმერული
დ) ეპისტაზური

15. რა დაადგინა მენდელმა მონოჰიბრიდული შეჯვარების პირველ თაობაში

ა) ნიშნები გადაეცემა სასქესო უჯრედების დახმარებით
ბ) ჰიბრიდების ერთგვაროვნების წესი
გ) დათიშვის კანონი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

16. რა დაადგინა მენდელმა მონოჰიბრიდული შეჯვარების მეორე თაობაში

ა) დომინანტობა და რეცესიულობა
ბ) ჰიბრიდების ერთგვაროვნების წესი
გ) დათიშვის კანონი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

17. რომელია გენოტიპის სწორი განმარტება

ა) გენოტიპი არის შინაგანი ნიშნების ერთობლიობა
ბ) გენოტიპი არის შინაგანი ნიშან-თვისებების ერთობლიობა, რომელიც განისაზღვრება ქრომოსომებით
გ) გენოტიპი ეს არის შინაგანი და გარეგანი ნიშან-თვისებების ერთობლიობა
დ) გენოტიპი ეს არის გარეგანი ნიშან-თვისებების ერთობლიობა

18. რომელია ფენოტიპის სწორი განმარტება

ა) ფენოტიპი არის შინაგანი ნიშნების ერთობლიობა
ბ) ფენოტიპი არის ორგანიზმის გარეგნული შეხედეულება, რომელიც განპირობებულია გარემო პირობების გავლენით
გ) ფენოტიპი არის ორგანიზმის გარეგნული შეხედეულება, რომელიც განპირობებულია გენოტიპით და გარემო პირობების ურთიერთგავლენით
დ) ფენოტიპი არის ქრომოსომთა ერთობლიობა

19. რაში მდგომარეობს გამეტათა სიწმინდის ჰიპოთეზა

ა) ნიშნების დომინანტობაში
ბ)ნიშნების რეცესიულობაში
გ)ნიშნები განისაზღვრება შესაბამისი ფაქტორებით
დ) ნიშნების კონსტანტურობაში

20. რა დაადგინა მენდელმა მეორე თაობის მცენარეთა აღზრდისთ მესამე თაობაში

ა) დომინანტობა და რეცესიულობა

ბ) დათიშვის კანონი
გ) ჰომოზიგოტურობა და ჰეტეროზიგოტულობა
დ) ფენოტიპი და გენოტიპი

21. რით ხასიათდება ჰომოზიგოტური ორგანიზმი

ა) ერთანაირი ქრომოსომული ანაწყობით
ბ) ერთანაირი ქრომოსომული ანაწყობით და თაობაში არ დაითიშება
გ) თაობაში ითიშება
დ) ხასიათდება განსხვავებული ქრომოსომული ანაწყობით

22. რით ხასიათდება ჰეტეროზიგოტული ორგანიზმი

ა) ერთანაირი ქრომოსომული ანაწყობით
ბ) ერთანაირი ქრომოსომული ანაწყობით და თაობაში ითიშება
გ) განსხავევბული ქრომოსომული ანაწყობით და თაობაში ითიშება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

23. რა დაადგინა მენდელმა დიჰიბრიდული შეჯვარების დროს

ა) პირველი თაობის ერთგვაროვნების წესი
ბ) დომინანტობა და რეცესიულობა
გ) გენების დამოუკიდებლად განაწილება
დ) დათიშვის კანონი

24. როგორია ფენოტიპური დათიშვა მონოჰიბრიდული შეჯვარების მეორე თაობაში

ა) 1:2:1
ბ) 3:1
გ) 1:1
დ) 4:0

25. . როგორია გენოტიპური დათიშვა მონოფიბრიდული შეჯვარების მეორე თაობაში

ა) 1:2:1
ბ) 3:1
გ) 1:1
დ) 4:0

26. როგორია ფენოტიპური დათიშვა არასრული დომინირების დროს
(მონოფიბრიდული შეჯვარება)

ა) 1:2:1
ბ) 3:1
გ) 1:1
დ) 4:0

27. როგორია დათიშვა ანალიზური შეჯვარების დროს

ა) 1:2:1
ბ) 3:1
გ) 1:1
დ) 4:0

28. როგორია დათიშვა აღმავალი შეჯვარების დროს

ა) 1:2:1
ბ) 3:1
გ) 1:1
დ) 4:0

29. რომელია მაანალიზირებელი შეჯვარება

ა) AA x Aa
ბ) Aa x aa
გ) Aa x Aa
დ) AA x aa

30. რომელია აღმავალი შეჯვარება

ა) AA x Aa
ბ) Aa x aa
გ) Aa x Aa
დ) AA x aa

31. რომელია რეციპროკნული ნაჯვარი

ა) Aa x Aa
ბ) Aa x aa
გ) AA x aa და aa x AA
დ) Aa x Aa და AA x aa

32. როგორია ფენოტიპური დათიშვა დიჰიბრიდული შეჯვარების მეორე თაობაში

ა) 13:3
ბ) 9:3
გ) 9:3:4
დ) 15:1

33. როგორია გენოტიპური დათიშვა დიჰიბრიდული შეჯვარების მეორე თაობაში

ა) 1:2:1
ბ) 1:2:2:1:4:1:2:2:1
გ) 1:2:2:2:2:2:1
დ) 1:2:4:4:2:1

34. როგორია ფენოტიპური დათიშვა ტრიჰიბრიდული შეჯვარების მეორე თაობაში

ა) 9:3:3:1
ბ) 27:9:9:9:3:3:3:1
გ) 25:9:9:9:3:3:3:1:1:1
დ) ბ და გ პუნქტებში ჩამონათვალი

35. რა მიზნით იყენებენ ანალიზურ შეჯვარებას

ა) ჰიბრიდოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად
ბ) სელექციურ კვლევაში
გ) ჰიბრიდის გენეტიკური სტუქტურის დასადგენად
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილისათვის

36. რა მიზნით იყენებენ აღმავალ (ბეკროსულ) შეჯვარებას

ა) ჰიბრიდოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად
ბ) ჰიბრიდის გენეტიკური ბუნების დასადგენად
გ) გენეტიკურ კვლევაში
დ) სელექციურ კვლევაში დომინანტური ნიშნის გასაძლიერებლად

37. რომელია ალელური გენები

ა) წყვილი ნიშნის გენები იმყოფებიან ჰომოლოგიური ქრომოსომების ერთნაირ წერტილში (ლოკუსში)
ბ) წყვილი ნიშნის გენები იმყოფებიან არაჰომოლოგიური ქრომოსომების ერთნაირ წერტილში (ლოკუსში)
გ) წყვილი ნიშნის გენები იმყოფებიან ჰომოლოგიური ქრომოსომების განსხვავებულ წერტილში (ლოკუსში)
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

38. რა ძირითადი დებულებები იქნა ჩამოყალიბებული მენდელის მიერ ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე

ა) ნიშნები განისაზღვრება სამემკვიდრეო ერთეულებით
ბ) ნიშან-თვისებები გადეცემა სასქესო უჯრედების დახმარებით
გ)ნიშან-თვისებების დისკრეტული ბუნება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

39. არაალელურ გენთა ურთიერთქმედების მაგალითია

ა) პლეიოტროპია
ბ) კომპლემენტარობა
გ) ეპისტაზი
დ) ბ და გ პუნქტებში აღნიშნული

40. რა ეწოდება არაალელურ გენთა ურთიერთქმედებას, როცა ორი დომინანტური გენის ერთად მოხვედრა იწვევს ახალი ნიშნების განვითარებას

ა) პლეიოტროპია
ბ) კომპლენეტარობა
გ) ეპისტაზი
დ) პოლიმერია

41. როგორია ფენოტიპური დათიშვა კომპლემენტარული ურთერთქმედებისას

ა) 9:3:3:1
ბ) 9:7
გ) 9:6:1
დ) ბ და გ პუნქტში აღნიშნული

42. როგორია გენოტიპური დათიშვა კომპლემენტარული ურთერთქმედებისას

ა) 1:2:2:1:4:1:2:2:1
ბ) 1:2:1
გ) 1:2:2:2:2:2:2:2:1
დ) ისეთივე როგორც დიჰიბრიდული შეჯვარების დროს

43. კომპლემენტარული ურთიერთქმედებით რომელი გენები მოქმედებენ ხორბალში

ა) ჰიბრიდული ბეკროზის
ბ) ჰიბრიდული ქონდარობის

გ) ინგიბიტორები
დ) ა და ბ პუნქტში ჩამონათვალი

44. რა ეწოდება ერთი დომინანტური გენის მეორეთი ჩახშობას

ა) კომპლემენტარობა
ბ) პლეიოტროპია
გ) ეპისტაზი
დ) პოლიმერია

45. როგორია ფენოტიპური დათიშვა ეპისტაზის დროს

ა) 9:3:3:1
ბ) 9:7
გ) 12:3:1
დ) 15:1

46. როგორია ფენოტიპური დათიშვა ეპისტაზის დროს

ა) 1:2:2:1:4:1:2:2:1
ბ) 1:2:1
გ) 1:2:2:2:2:2:2:2:1
დ) ისეთივე როგორც დიჰიბრიდული შეჯავების დროს

47. როგორი შეიძლება იყოს დათიშვა ეპისტაზის სხვადასხვა შემთხვევაში

ა) 12:4
ბ)12:3:1
გ) 9:3:4
დ) ა და ბ პუნქტში აღნიშნული

48. როგორია ფენოტიპური დათიშვა გენი ინჰიბიტორების მოქმედების დროს

ა) 9:7
ბ) 12:3:1
გ) 13:3
დ) 15:1

49. რა ეწოდება გენების ისეთ მოქმედებას, როდესაც ერთი ნიშნის განვითარებას ემსახურება რამდენიმე გენი

ა) კომპლემენტარობა

ბ) პლეიოტროპია
გ) ეპისტაზი
დ) პოლიმერია

50. რა ეწოდება გენების ისეთ მოქმედება, როდესაც ერთი გენი ერთდროულად მოქმედებს რამდენიმე ნიშანზე

ა) პლეიოტროპია
ბ) კომპლემენტარობა
გ) ეპისტაზი
დ) პოლიმერია

51. როგორია ფენოტიპური დათიშვა პოლიმერიის დროს

ა) 9:7
ბ) 13:3
გ) 15:1
დ) 12:3:1

52. როგორია გენოტიპური დათიშვა პოლიმერიის დროს

ა) 1:2:2:1:4:1:2:2:1
ბ) 1:2:1
გ) 1:2:2:2:2:2:2:2:1
დ) ისეთივე როგორც დიჰიბრიდული შეჯვარების დროს

53. რით ხასიათდება პოლიმერული გენები

ა) სუპრესორული მოქმედებით
ბ) კუმულაციის უნარით
გ) ინგიბიტორული მოქმედებით
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნულით

54. რა ეწოდება ისეთ ნიშნებს, რომელთა მემკვიდრეობა უშუალოდ და ნათლად განსხვავდება ერთმანეთისაგან

ა) თვისობრივი ანუ ალტერნატიული
ბ)რაოდენობრივი
გ) მოდიფიკაციური
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

55. რა ეწოდება ისეთ ნიშნებს, რომელთა შორის სხვაობის დადგენა შესაძლებელია მხოლოდ ოდენობრივი განსაზღვრების გზით (გაზომვა, აწონვა და სხვ.)

ა) თვისობრივი
ბ) რაოდენობრივი
გ) მოდიფიკაციური
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

56. რა ეწოდება მეორე თაობაში მშობელი ფორმებისაგან განსხავებული ფორმების მიღებას

ა) აკუმულაცია
ბ) მოდიფიკაცია
გ) ტრანსგრესია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

57. როგორი შეიძლება იყოს ტრანსგრესია

ა) დიდი და პატარა
ბ) დადებითი და უარყოფითი
პოლიმერული და პლეიოტროპული
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

58. რომელია ჰომოზიგოტური ორგანიზმი

ა) AABbDD
ბ) AABBDD
გ) AaBBDD
დ) AABBDd

59. რომელია ჰეტეროზიგოტური ორგანიზმი

ა) AABBDD
ბ) AaBBDD
გ) aaBBdd
დ) aabbDD

60. რამდენი გამეტა ექნება ორგანიზმს, რომლის გენოტიპია AaBbCc

ა) ორი
ბ) ოთხი
გ) ექვსი

დ) რვა

61. როგორია ფენოტიპური და გენოტიპური დათიშვა შეჯვარებაში Aa x aa

ა) 3:1 და 1:2:1
ბ) 1:1 და 1:1
გ) 1:2:1 და 1:2:1
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

IV მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორია

1. ვინ არის ფუძემდებელი მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორიის ჩამოყალიბებისა

ა) ვილსონი
ბ) მორგანი
გ) სეტინი
დ) მაკ-კლინგი

2. რა გახდა მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორიის საკვლევი ობიექტი
ა) ბარდა
ბ) ლობიო
გ) დროზოფილა
დ) ჩრჩილი

3. რა ეწოდება ქრომოსომული ანაწყობის იმ ქრომოსომების წყვილს, რომლებიც მნიშვნელოვნადაც განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან
ა) სომატური
ბ) სასქესო
გ) აუტოსომები
დ) ტრისომიკები

4. რა ეწოდებათ ცხოველთა და გაყოფილსქესიან მცენარეთა ჩვეულებრივ ქრომოსომებს

ა) სომატური
ბ) სასქესო
გ) აუტოსომები
დ) ტრისომები

5. სქესის განსაზღვრის რამდენი ტიპი არსებობს

ა)ორი
ბ) სამი

გ) ოთხი
დ) ხუთი

6. ადამიანში და უმრავლეს ცხოველებში სქესს განსაზღვრავს

ა) მდედრი
ბ) მამრი
გ) ორივე
დ) ჰეტეროგამეტული ორგანიზმი

7. როგორია მცენარეებში სქესის განსაზღვრის მექანიზმი

ა) XX და xy
ბ) xx და YY
გ) xx და xy
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნული

8. როდის განისაზღვრება სქესი

ა) განაყოფიერებამდე
ბ) განაყოფიერების შემდეგ
გ) განაყოფიერების მომენტში
დ) განვითარების დროს

9. როგორია სქესის განსაზღვრის ბალანსური თეორია

ა) როცა სქესი განისაზღვრება მხოლოდ სასქესო ქრომოსომებით
ბ) როცა სქესი განისაზღვრება აუტოსომების და სასქესო ქრომოსომების შეფარდებით
გ) როცა სქესი განისაზღვრება აუტოსომების რაოდენობით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილით

10. სქესის გაბსაზღვრის ბალანსური თეორიიდან როდის მიიღება მდედრი

ა) A: X=1
ბ) A: X=0,5
გ) A: X>1
დ) A: X<0,5

11. სქესის გაბსაზღვრის ბალანსური თეორიიდან როდის მიიღება მამრი

ა) A: X=1
ბ) A: X=0,5

გ) A: X>1
დ) A: X<0,5

12. სქესის გაბსაზღვრის ბალანსური თეორიიდან როდის მიიღება ზემდედრები

ა) A: X=1
ბ) A: X=0,5
გ) A: X>1
დ) A: X<0,5

13. სქესის გაბსაზღვრის ბალანსური თეორიიდან როდის მიიღება ზემამრები

ა) A: X=1
ბ) A: X=0,5
გ) A: X>1
დ) A: X<0,5

14. სქესის გაბსაზღვრის ბალანსური თეორიიდან როდის მიიღება ინტერსექსები

ა) A: X=1
ბ) A: X=0,5-1
გ) A: X=0,5
დ) A: X>1

15. რომელია მემკვიდრული დაავადებები, რომლებიც გამოწვეულია სასქესო ქრომოსომების არასწორი განაწილებით

ა) ტრისომიკი
ბ) შერეშევსკი
გ) კლაინფელტერის
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

16. როგორ მემკვიდრეობს ერთი და იმავე ქრომოსომაში მოავსებული გენები

ა) თავისუფლად
ბ) დამოუკიდებლად
გ) შეჭიდულად
დ) პარალელურად

17. როგორია დათიშვა დროზოფილას თვალის ფერის და სქესის მიხედვით შეჭიდული მეკვიდრეობის დროს

ა) 3:1
ბ) 1:2:1
გ) 1:1
დ) 1:2

18. რით ხსნიდა ბეტსონი და კენეტი ბარდის ფორმების შეჯვარების დროს დათიშვის გადახრას დიჰიბრიდული შეჯვარებისას

ა) კომპლემენტარობით
ბ) მიზიდულობა-განზიდულობით
გ) პოლიმერიით
დ) კროსინგოვერით

19. რა ეწოდება მოვლენას როდესაც ხდება ჰომოლოგიური ქრომოსომების გადაჯვარედინების დროს უბნების გაცვლა

ა) შეჭიდულობა
ბ) კონიუგაცია
გ) კროსინგოვერი
დ) ქიაზმა

20. როგორი სახის გამეტები შეიძლება მივიღოთ

ა) გამეტები, რომლის ქრომოსომებიც განიცდიან კროსინგოვერს ანუ კროსოვერული
ბ) გამეტები, რომლის ქრომოსომებიც არ განიცდიან კროსინგოვერს ანუ არაკროსოვერული
გ) გამეტები, რომლებიც ხასიათდებიან შეჭიდული გენებით
დ) ა და ბ პუნქტში დასახელებული გამეტების სახე

21. რამდენი შეჭიდულობის ჯგუფი შეიძლება წარმოქმნას ორგანიზმმა

ა) იმდენი რამდენიც ქრომოსომა
ბ) იმდენი რამდენიც გენი
გ) იმდენი რამდენი წყვილი ჰომოლოგიური ქრომოსომაა
დ) მრავალი

22. კროსინგოვერის ტიპებია

ა) ერთმაგი ორ და ოთხ ქრომატიდს შორის
ბ) ორმაგი ორ და ოთხ ქრომატიდს შორის
გ) ოთხმაგი ორ და ოთხ ქრომატიდს შორის
დ) ა და ბ პუნქტში ჩამოთვლილი

23. რა წარმოადგენს გენების შეჭიდულობის მატერიალურ საფუძველს

ა) ბირთვი
ბ) ბირთვაკი
=გ) ქრომოსომა
დ) ქრომატიდა

24. რაზეა დამოკიდებული კროსინგოვერის მოვლენა

ა) ქრეომოსომის სირძეზე და ციტოპლაზმის ხარსხზე
ბ) სპირალიზაციის ხარისხზე
გ) შეჯვარებაში მონაწილე მშობლების გენოტიპზე
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნულზე

25. რა ეწოდება ისეთ გამეტებს, რომელთა ქრომოსომებიც განიცდიან კროსინგოვერს

ა) გამეტური
ბ) კროსოვერული
გ) ქიაზმური
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნული

26. რა ეწოდება ისეთ გამეტებს, რომელთა ქრომოსომებიც არ განიცდიან კროსინგოვერს

ა) გამეტური
ბ) არკროსოვერული
გ) ქიაზმური
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნული

27. როგორ არის განლაგებული გენები ქრომოსომებში

ა) პარალელურად
ბ) სწროხაზობრივად
გ) პერპენდიკულარულად
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნული

28. რა არის გადაჯვარედინების ერთეული

ა) მორგანიდი
ბ) კროსინგოვერი
გ) ქიმერი

ყველა ზემოთ აღნიშნული

29. როგორ განისაზღვრება გენების გადაჯვარედინებას შორის მანძილი

ა) ორი წერტილის მეთოდით
ბ) სამკუთხედის მეთოდით
გ) სამი წერტილის ერთ ხაზზე მდებარეობის მეთოდით
დ) ალბათობის თეორიით

30. რა ეწოდება ერთი უბნის კროსინგოვერის მიერ მეორე უბანში კროსინგოვერის ჩახშობას

ა) ინტერფერონი
ბ) ინტერვენცია
გ) ინტერფერენცია
დ) ა და ბ პუნქტში აღნიშნული

31. რა არის აღნიშნული ქრომოსომების გენეტიკურ რუკაზე

ა) ქრომოსომების გადაჯვარედინების სიდიდე
ბ) გენებს შორის მანძილი
გ) შეჭიდულობის ერთ ჯგუფში გამყოფი გენების შედარებითი მდებარეობა
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნული

32. რა არის აღნიშნული ქრომოსომების ციტოლოგიურ რუკაზე

ა) ქიაზმების რაოდენობა
ბ) გენების განლაგების თანმიმდევრობა
გ) კროსინგოვერის ხარისხი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

33. რას გვაძლევს ქრომოსომებს შორის გადაჯვარედინება

ა) გენების რეკომბინაციას
ბ) ბუნებრივი და ხელოვნური გადარჩევისათვის მასალას
გ) ასახავს მემკვიდრეობითობისა და ცვალებადობის ერთობლიობას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

34. რა ეწოდება დედის ხაზით გადაცემული ნიშბენის მემკვიდრეობას

ა) ბირთვული
ბ) ქრომოსომული

გ) გენური
დ) ციტოპლაზმური

35. რით გადაეცემა ციტოპლაზმის ორგანოიდების მემკვიდრეობა

ა) ქრომოსომებით
ბ) პლაზმოგენებით
გ) გენებით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

36. უჯრედის რომელ ნაწილებს ახასიათებს ციტოპლაზმური მეკვიდრეობა

ა) პლასტიდებს
ბ) მიტოქონდრიებს
გ) ბირთვს
დ) ა და ბ პუნქტებში დასახელებულს

37. რა განსაზღვრავს უჯრედის თვისებას-ფოტოსინთეზის მემკვიდრეობის უნარს

ა) ქრომოსომებში არსებული გენების ურთიერთქმედება
ბ) ციტოპლაზმის სტრუქტურული ელემენტები
გ) გარემო პირობებით
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნული

38. რას ეწოდება ფენოკოპია

ა) ორგანიზმის ისეთიცვალებადობაა, რომელიც შენარჩუნებულია მხოლოდ მის სიცოცხლეში
ბ) ბირთვის კომპონენტების ცვლილებაა
გ) სქესობრივი გზით მიღებული თაობების ცვალებადობაა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

39. რა ეწოდება დროებით ცვალებადობას რომელიც გამოწვეულია ციტოპლაზმაზე გარეგანი ზემოქმედებით და შენარჩუნებულია რამდენიმე თაობის განმავლობაში

ა) მოდიფიკაცია
ბ) ფენოკოპია
გ) ხანგრძლივი მოდიფიკაცია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

40. რა თავისებურებებით ხასიათდება ციტოპლაზმური მემკვიდრეობა

ა) გადაეცემა მომდევნო თაობას ისევე ზუსტად როგორც ბირთვის მემკვიდრეობა
ბ) ყოველი მომდევნო თაობა შეიცავს ჰიბრიდულ ორგანოიდებს
გ) ციტოპლაზმის ორგანოიდები შვილეულ ორგანიზმებში არათანაბრად ნაწილდება და მომდევნო თაობებში ისინი ადვილად ასწორებენ დარღვევებს
დ) ბირთვის მეკვიდრეობის მსგავსად ციტოპლაზმური მემკვიდრეობაც თაობების მანძილზე არ იცვლება

41. რა ეწოდება ორსქესიან მცენარეებში მამრობითი გენერაციული ორგანოს უნაყოფობას.

ა) მამრობითი ორგანოს ფერტილობა
ბ) მამრობითი ორგანოს სტერილობა
გ) ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

42. რომელ მცენარეებშია აღწერილი და შესწავლილი ცმს მოვლენა

ა) ქონდარსა და სელში
ბ) ქონდარში, სელში, ხახვში
გ) ქონდარში, სელში, ხახვში, სიმინდში
დ) ქონდარში, სელში, ხახვში, სიმინდში, მზესუმზირაში

43. მამრობითი სტერილობის რომელი ფორმებია

ა) ბირთვული
ბ) გენური
გ) ციტოპლაზმური
დ) ბირთვული და ციტოპლაზმური

44. ცმს რა ფორმით შეიძლება გამოვლინდეს

ა) მამრობითი გენერაციულო ორგანო-მტვრიანები საერთოდ არ ვითარდება
ბ) სამტვრეებში მტვრიანები წარმოიქმნება, მაგრამ მტვრის მარცვალი სიცოცხლისუნარიანი არ არის
გ) მტვრიანები წარმოიქმნება ნორმალური მარცვალი, მაგრამ სამტვრე პარკი არ სკდება და მტვერი არ ხვდება დინგზე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

45. რას თვლიან ცმს-ის გამომწვევ მიზეზად

ა) ვირუსული ინფექციით
ბ) შეჯვარების დროს ციტოპლაზმის და ბირთვის შეუთავსებლობით

გ) ციტოპლაზმის ორგანოიდების მუტაციით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

46. რომელი გენები იწვევს ცმს-ს

ა) დომინანტური (MS)
ბ) რეცესიული (ms)
გ) დომინანტური და რეცესიული (MS და ms)
დ) ორივე

47. რა პრაქტიკული გამოყენება აქვს ცმს-ას

ა) დომინანტობის გასაძლიერებლად
ბ) ჰიბრიდული თესლის მისაღებად
გ) რეცესიული ნიშნების შესანარჩუნებლად
დ) მდედრობითი ხაზის შესანარჩუნებლად

48. ნაჯერი შეჯვარების დროს როგორ იცვლება ბირთვული მემკვიდრეობის მასალა

ა) პირველი თაობა მდედრობითი და მამრობითი 3/4 მეორე თაობა 1/8 და 7/8 მესამე თაობა 1/16 და 15/16
ბ) პირველი თაობა მდედრობითი 1/2 და მამრობითი 1/2 მეორე თაობა 1/4 და 1/4 მესამე თაობა 1/8 და 1/8
გ) პირველი თაობა მდედრობითი 3/4 და მამრობითი 1/4 მეორე თაობა 7/8 და 1/8 მესამე თაობა 15/16 და 1/16
დ) ყველა შესაძლებელია

49. ცმს-ის მატარებელი ორგანიზმით ნაჯერი შეჯვარების შედეგად რა მიიღება

ა) სტერილური ციტოპლაზმა
ბ) სტერილური ანალოგები
გ) ფერტილობის გენები
დ) ფერტილური ანალოგები

50. რა არის საჭირო იმისათვის, რომ ვაწარმოოთ ჰიბრიდული თესლი

ა) სტერილური ფორმების მიღება
ბ) სტერილური ფორმების მიღება, სტერილობის შენარჩუნება და ფერტილობის აღდგენა
გ) ფერტილობის აღდგენა
დ) სტერილური ფორმების მიღება და ფერტილობის აღდგენა

51. საქართველოს სიმინდის ჯიშებში ყველაზე მეტად ცმს-ის რომელი ტიპია გავრცელებული

ა) მოლდავური
ბ)ტეხასის
გ) ბოლივიური
დ) მოლდავური და ტეხასის

V მემკვიდრეობის მოლეკულური საფუძვლები

1. რომელმა კვლევის მეთოდებმა შეუწყო ხელი მოლეკულური გენეტიკის განვითარებას

ა) ელექტომიკროსკოპია
ბ) რეტგენსტრუქტურული ანალიზი
გ) ნიშანდებული ატომები
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

2. რომელია მოლეკულური კვლევის ძირითადი ობიექტი

ა) ორგანიზმები
ბ) ბირთვი
გ) ვირუსები და მიკროორგანიზმები
დ) უჯრედები და ქრომოსომები

3. კვლევისათვის რა ძირითადი თვისებები გააჩნია მიკროორგანიზებს

ა) კარგად გასარჩევი ბიოქიმიური და ფიზიოლოგიური თვისებების მრავალფეროვნება
ბ) შესაძლებელია თვალყური ვადევნოთ ფერმენტების მოქმედებას დაწყებული გენიდან ნიშნის ჩამოყალიბებამდე
გ) თვითოეული უჯრედი კი ცალკე ინდივიდიცაა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

4. რომელი აღმოჩენა გახდა მოლეკულური გენეტიკის საფუძველი

ა) უოტსონის და კრიკის მიერ დნმ-ის ორმაგი მოდელის შექმნა
ბ) ბიდლის და ტატუმას ჰიპოთეზა ,,ერთი გენი-ერთი ფერმენტი''
გ) კოლცოვის აზრი ,,ქრომოსომა არის გიგანტური ბიოლოგიური მოლეკულა რომელსაც აქვს გაორმაგების უნარი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

5. რა ძირითად საკითხებზე უნდა გაეცა პასუხი მემკვიდრეობის მოლეკულურ დონეზე მემკვიდრეობის შესწავლას

ა) როგორ ხორციელდება უჯრედში მემკვიდრეობითი ინფორმაციის შენახვა და გადაცემა
ბ) როგორ ხდება სპეციფიკური ცილების სინთეზი, რომელიც ორგანიზმის გარკვეულ პირობებს განაპირობებს
გ) რა წარმოადგენს ცვალებადობის საფუძველს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

6. მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებელია

ა) ბირთვი
ბ) ქრომოსომა
გ) დნმ
დ) რნმ

7. როგორ დავამტკიცებთ, რომ დნმ მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებელია

ა) დნმ-ის რაოდენობა განსხვავებულ ორგანიზმებში განსხვავებულია, ხოლო ერთიდაიგივე ორგანიზმებში მისი რაოდენობა თანაბარია
ბ) დნმ-ის რაოდენობა სომატურ უჯრედში ორჯერ მეტია ვიდრე სასქესო უჯრედში
გ) ორგანიზმზე ყოველგვარი მუტაგენური მოქმედება პირველ რიგში იწვევს დნმ-ის ცვლილებას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

8. რა არის ტრანსფორმაცია

ა) ერთი გენის გადატანა მეორე ქრომოსომაში
ბ) ნივთიერება რომელიც დნმ-ის შემადგენლობაშია
გ) ერთი უჯრედის თვისებების გადაცემა მეორეში
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

9. რა დადგინდა ტრანსფორმაციის მეთოდით
ა) ანტიბიოტიკების მიმართ მემკვიდრეობითი გამძლეობის უნარი
ბ) ის ნივთიერება რომლითაც ხორციელდება ტრანსფორმაცია არის დნმ
გ) ტრანსფორმაცია ნიშან-თვისებების ხორციელდება უჯრედის სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებებით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

10. რას წარმოადგენენ ვირუსები

ა) ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედშიდა პარაზიტებია
ბ) უჯრედის შემადგენელი ორგანოებია
გ) ბირთვის შემადგენელი ნაწილია
დ) ქრომოსომის ძირითადი ნივთიერებაა

11. როგორია ვირუსების ქიმიური შედგენილობა

ა) შეიცავს რნმ-ს
ბ) ნუკლეოპროტეიდებია, რომლებიც შეიცავს რნმ-ს
გ) ნუკლეოპროტეიდებია, რომლებიც შეიცავს ძირითადად რნმ-ს და იშვიათად დნმ-ს
დ) შეიცავს დნმ-ს

12. რას ნიშნავს ბაქტერიოფაგი ან უბრალოდ ფაგი

ა) ვირუსების შემადგენელი ნაწილია
ბ) ბაქტერიების შემადგენელი ნაწილია
გ) ბაქტერიების მშთანთქმელი ვირუსებია
დ) ვირუსების მშანმთქმელი ბაქტერიებია

13. რა არის ტრანსდუქცია

ა) ერთი უჯრედის თვისებების გადაცემა მეორეში
ბ) ფაგის მიერ გენეტიკური მასალის გადატანა ერთი უჯრედიდან მეორეში
გ) დნმ-ისა და რნმ-ის ურთერთქმედება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

14. რომელ ნივთიერებებს უკავშირდება ცალკეულ ორგანიზმთა მემკვიდრეობითობა

ა) ცილებს
ბ) ცხიმებს
გ) ნუკლეინის მჟავებს
დ) ნახშირწყლებს

15. რისგან შედგება რთული ბიოლოგიური პოლიმერები-ნუკლეინის მჟავები

ა) ცილებისაგან
ბ) ცხიმებისაგან
გ) ნუკლეოტიდებისაგან
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილისაგან

16. რისგან შედგება ნუკლეოტიდები

ა) აზოტოვანი ფუძეებისაგან
ბ) შაქრებისაგან
გ) ფოსფორმჟავისაგან
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილისაგან

17. რომელი აზოტოვანი ფუძეები შედის დნმ-ის შემადგენლობაში

ა) ადენინი და გუანინი
ბ) ადენინი, გუანინი და ციტოზინი
გ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და თიმინი
დ) ციტოზინი და თიმინი

18. რომელი აზოტოვანი ფუძეები შედის რნმ-ის შემადგენლობაში

ა) ადენინი და გუანინი
ბ) ციტოზინი და თიმინი
გ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და თიმინი
დ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და ურაცილი

19. აზოტოვანი ფუძეების შემადგენლობიდან რომელია პურინის ჯგუფის

ა) ადენინი და გუანინი
ბ) ციტოზინი და თიმინი
გ) ადენინი და ციტოზინი
დ) გუანინი, და თიმინი

20. როგორია დნმ-ის ნუკლეოტიდის აგებულება

ა) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და თიმინი, დეზოქსირიბოზა-ფოსფორის მჟავა
ბ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და თიმინი, რიბოზა-ფოსფორის მჟავა
გ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და ურაცილი, დეზოქსირიბოზა-ფოსფორის მჟავა
დ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და ურაცილი, რიბოზა-ფოსფორის მჟავა

21. როგორია რნმ-ის ნუკლეოტიდის აგებულება

ა) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და თიმინი, დეზოქსირიბოზა-ფოსფორის მჟავა
ბ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და თიმინი, რიბოზა-ფოსფორის მჟავა
გ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და ურაცილი, დეზოქსირიბოზა-ფოსფორის მჟავა
დ) ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და ურაცილი, რიბოზა-ფოსფორის მჟავა

22. აზოტოვანი ფუძეებიდან რომელია პირიმიდინის ჯგუფის

ა) ადენინი, გუანინი
ბ) ციტოზინი, თიმინი
გ) ადენინი, ციტოზინი
დ) გუანინი, თიმინი

23. ნუკლეოტიდებში რით უკავშირდება შაქარი ფუძეებს

ა) ეთეროვანი კავშირით
ბ) გლუკოზიდური კავშირი
გ) ფოსფოროვანი ეთერი
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნული

24. ნუკლეოტიდებში რით უკავშირდება შაქარი ფოსფორმჟავას

ა) ეთეროვანი კავშირით
ბ) გლუკოზიდური კავშირით
გ) ფოსფოროვანი ეთერით
დ) ყველა ზემოთ აღნიშნული

25. რა რაოდენობით შედის ნუკლეოტიდები დნმ-ის შემადგენლობაში

ა) 30-40
ბ) 300-400
გ) 3000-4000
დ) 10-25 ათასი

26. რა რაოდენობით შედის ნუკლეოტიდები რნმ-ის შემადგენლობაში

ა) 30-40
ბ) 300-400
გ) 3000-4000
დ) 4-5 ათასი

27. რამდენი ნუკლეოტიდური ჯაჭვისაგან შედგება რნმ

ა) ერთი
ბ) ორი
გ) სამი
დ) ოთხი

28. რამდენი ნუკლეოტიდური ჯაჭვისაგან შედგება დნმ

ა) ერთი
ბ) ორი
გ) ორი ან ერთი
დ) ოთხი

29. რა ეწოდება ცალკეული ნუკლეოტიდების შეერთებას და მათ მიერ ნუკლეინის მჟავების მოლეკულის წარმოქმნის პროცესს

ა) სინთეზი
ბ) პოლიმერიზაცია
გ) კომპლემენტარობა
დ) რედუპლიკაცია

30. როგორ არის დაწყვილებული აზოტოვანი ფუძეები

ა) ა-გ; ც-თ
ბ) ა-თ; გ-ც
გ) ც-თ; გ-ა
დ) თ-გ; ა-ც

31. რაში მდგომარეობს ჩარგაფის წესი

ა) ადენინის რაოდენობა ყოველთვის ტოლია თიმინის $\frac{ა}{თ} = 1$

ბ) ციტოზინის რაოდენობა ყოველთვის ტოლია გუანინის $\frac{ც}{გ} = 1$

გ) პურინული და პირიმიდინული ფუძეების ჯამი ტოლია $\frac{ა + გ}{თ + ც} = 1$

დ) სხავადსხვა ორგანიზმების ნუკლეოტიდურ შემადგენლობას შეუძლია ვარირება მხოლოდ $\frac{ა + გ}{თ + ც} = 1$ ფარგლებში

32. რა პრინციპებითაა დაკავშირებული აზოტოვანი ფუძეები

ა) ეთეროვანი კავშირით
ბ) გლუკოზიდური კავშირით
გ) კომპლემენტარობით
დ) ფოსფოროვანი ეთერით

33. რა არის დნმ–ის მნიშვნელოვანი თვისება

ა) სინთეზის უნარი
ბ) თვითგაორმაგების უნარი
გ) რესინთეზის უნარი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

34. რამდენი სახის რნმ ცნობილი

ა) ინფორმაციული
ბ) ტრანსპორტული
გ) რიბოსომული
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

35. რა ფუნქციას ასრულებს ინფორმაციული (მატრიცული) რნმ-ი

ა) ამინომჟავები მიეწოდება ცილების სინთეზის ადგილს
ბ) მემკვიდრული ინფორმაცია გადაეცემა ბირთვიდან ციტოპლაზმაში
გ) აკავშირებს ტ-რნმ-სა და ი-რნმ-ს
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

36. რა ფუნქციას ასრულებს ტრნსპორტული რნმ

ა) ამინომჟავები მიეწოდება ცილების სინთეზის ადგილას
ბ) მემკვიდრული ინფორმაცია გადეცემა ბირთვიდან ციტოპლაზმას
გ) აკავშირებს ტ-რნმ-სა და ი-რნმ-ს
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

37. რა ეწოდება ფერმენტს, რომლითაც ხორციელდება დნმ-ის ხელოვნური სინთეზი

ა) ამინოაცილ რნმ-სინთეტაზა
ბ) დნმ პოლიმერაზა
გ) რევერტაზა
დ) უკუტრანსკრიპტაზა

38. რა არის „ფალია"

ა) რნმ- რომლითაც ხორციელდება დნმ-ის სინთეზი
ბ) ორგანიზმიდან აღებული დნმ-ის მცირე რაოდენობა, რომელიც აუცილებელია დნმ-ის სინთეზისათვის
გ) ფერმენტაცია, რომელიც ხელს უწყობს მემკვიდრული ინფორმაციის გადატანას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

39. რა არის რეპლიკაცია

ა) დნმ-ის თვითგაორმაგების პროცესი
ბ) დნმ-ის ნუკლეოტიდური აგებულების ინფორმაციის გადატანა რნმ-ზე
გ) ი-რნმ-ის ნუკლეოტიდური შენების ინფორმაციის გადატანა ცილის შენებაზე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

40. რა არის ტრანსლაცია

ა) დნმ-ის თვითგაორმაგების პროცესი
ბ) დნმ-ის ნუკლეოტიდური აგებულების ინფორმაციის გადატანა რნმ-ზე
გ) ი-რნმ-ის ნუკლეოტიდური შენების ინფორმაციის გადატანა ცილის შენებაზე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

41. რა არის ტრანსკრიპცია

ა) დნმ-ის თვითგაორმაგების პროცესი
ბ) დნმ-ის ნუკლეოტიდური აგებულების ინფორმაციის გადატანა რნმ-ზე
გ) ი-რნმ-ის ნუკლეოტიდური შენების ინფორმაციის გადატანა ცილის შენებაზე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

42. რა არის გენეტიკური კოდი

ა) დნმ-ში ნუკლეოტიდების განლაგება, რომელიც განსაზღვრავს სინთეზირებულ ცილაში ამინომჟავებს
ბ) დნმ-ში ამინომჟავების განლაგება, რომელიც განსაზღვრავს სინთეზირებულ ცილაში ნუკლეოტიდებს
გ) დნმ-ში აზოტოვან ფუძეთა განლაგების თანმიმდევრობას, რომელიც განსაზღვრავს სინთეზირებულ ცილაში ამინომჟავათა მდებარეობას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

43. რა არის კოდონი

ა) დნმ-ის ჯაჭვის სამი ნუკლეოდის მონაკვეთია, რომელიც განაპირობებს განსაზღვრული ამინომჟავის ჩართვას ცილის მოლეკულაში
ბ) რნმ-ის ჯაჭვია, რომელიც უზრუნველყოფს ამინომჟავის გადატანას ცილის მოლეკულაში
გ) საჭირო ენერგიის წყაროა, რომელიც ახორციელებს ცილის სინთეზს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

44. როგორი ბუნებით ხასიათდება კოდი

ა) დიპლოიდური
ბ) ტრიპლოიდური
გ) ტეტრაპლიოდური
დ) ჰექსაპლოიდური

45. რამდენი ტრიპლეტით შეიძლება კოდირდებოდეს ამინომჟავა

ა)ერთი
ბ) ორი
გ) სამი
დ) ერთიდან-ექვსამდე

46. რა ნივთიერებები მონაწილეობს ცილის სინთეზში

ა) დნმ
ბ) დნმ და რნმ
გ) დნმ, რნმ, ფერმენტები
დ) დნმ, სხვდასხვა სახის რნმ და მრავალგვარი ფერმენტები

47. რამდენი ეტაპისაგან შედგება ცილის სინთეზი

ა)ორი
ბ) ოთხი
გ) ხუთი
დ) ექვსი

48. რა ძირითადი პროცესები მიმდინარეობს ცილის სინთეზის I ეტაპზე

ა) ამინომჟავების გააქტიურება, ატფ მისი შეერთებით რომელსაც ახორციელებს ფერმენტიინოაცილ-რნმ-სინთეტაზა
ბ) რიბოსომების გააქტიურებასთან, რომელიც ხორციელდება ტ-რნმ-ის დახმარებით ამინომჟავის გადატანა
გ) იწყება ამინომჟავების მოწესრიგებით, რომელიც განსაზღვრულია ი-რნმ-ის მატრიცაზე დნმ-ის ნუკლეოტიდების მონაცვლეობით. პროცესი მიმდინარეობს პროცეს პეპტიდ პოლიმერაზის მონაწილეობით
დ) პოლიპეპტიდური წრფივი მოლეკულა ჯაჭვისა იძენს მოცულობით სტრუქტურას, ეხვევა სპირალურად და ცილოვანი მოლეკულა იღებს ბიოლოგიურად აქტიურ კონფიგურაციას

49. რა ძირითადი პროცესები მიმდინარეობს ცილის სინთეზის III ეტაპზე

ა) ამინომჟავების გააქტიურება ატფ-თან მისი შეერთებით, რომელსაც ახორციელებს ფერმენტი
ბ) რიბოსომების გააქტიურებასთან, რომელიც ხორციელდება ტ-რნმ-ის დამხმარებით ამინომჟავების გადატანა
გ) იწყება ამინომჟავების მოწესრიგებით, რომელიც განსაზღვრულია ი-რნმ-ის მატრიცაზე დნმ-ის ნუკლეოტიდების მონაცვლეობით. პროცესი მიმდინარეობს ფერმენტ პეპტიდ-პოლიმერაზას მონაწილეობით
დ) პოლიპეპტიდური წრფივი მოლეკულა ჯაჭვისა იძენს მოცულობით სტრუქტურას, ეხვევა სპირალურად და ციოვანი მოლეკულა იღებს ბიოლოგიურად აქტიურ კონფიგურაციას

50. რა ძირითადი პროცესები მიმდინარეობს ცილის სინთეზის II ეტაპზე

ა) ამინომჟავების გააქტიურება ატფ-თან მისი შეერთებით, რომელსაც ახორციელებს ფერმენტი
ბ) რიბოსომების გააქტიურებასთან, რომელიც ხორციელდება ტ-რნმ-ის დამხმარებით ამინომჟავების გადატანა
გ) იწყება ამინომჟავების მოწესრიგებით, რომელიც განსაზღვრულია ი-რნმ-ის მატრიცაზე დნმ-ის ნუკლეოტიდების მონაცვლეობით. პროცესი მიმდინარეობს ფერმენტ პეპტიდ-პოლიმერაზას მონაწილეობით
დ) პოლიპეპტიდური წრფივი მოლეკულა ჯაჭვისა იძენს მოცულობით სტრუქტურას, ეხვევა სპირალურად და ცილოვანი მოლეკულა იღებს ბიოლოგიურად აქტიურ კონფიგურაციას

51. რა ძირითადი პროცესები მიმდინარეობს ცილის სინთეზის II ეტაპზე

ა) ამინომჟავების გააქტიურება ატფ-თან მისი შეერთებით, რომელსაც ახორციელებს ფერმენტი
ბ) რიბოსომების გააქტიურებასთან, რომელიც ხორციელდება ტ-რნმ-ის დამხმარებით ამინომჟავების გადატანა
გ) იწყება ამინომჟავების მოწესრიგებით, რომელიც განსაზღვრულია ი-რნმ-ის მატრიცაზე დნმ-ის ნუკლეოტიდების მონაცვლეობით. პროცესი მიმდინარეობს ფერმენტ პეპტიდ-პოლიმერაზას მონაწილეობით
დ) პოლიპეპტიდური წრფივი მოლეკულა ჯაჭვისა იძენს მოცულობით სტრუქტურას, ეხვევა სპირალურად და ცილოვანი მოლეკულა იღებს ბიოლოგიურად აქტიურ კონფიგურაციას

52. რომელი ფერმენტი ახორციელებს დნმ-ის სინთეზს რნმ-ის მატრიცაზე

ა) დნმ პოლიმერაზა
ბ) ამინოაცილ-რნმ-სინთეტაზა
გ) რევერტაზა

დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

53. როგორია ტანამედროვე გენეტიკის მიხედვით მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემის ძირითადი ფორმულა

ა) დნმ→რნმ→ცილა
ბ) რნმ→დნმ→ცილა
გ) დნმ↔რნმ→ცილა
დ) დნმ→რნმ↔ცილა

54. რა ეწოდება ნივთიერებას, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს განსაზღვრული ფერმენტის სინთეზი

ა) ინდიკატორი
ბ) ინდუქტორი
გ) სუპრესორი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

55. როდის ხდება ფერმენტთა სინთეზის რეპრესირება

ა) როცა საჭიროა ცილის სინთეზის დაწყება
ბ) როცა ხდება ახალი ამინომჟავების სინთეზი
გ) როცა უჯრედის მიერ გამომუშავებული რომელიმე ნივთიერებების კონცენტრაცია გადააჭარბებს განსაზღვრულ დონეს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

56. რა ეწოდება გენებს, რომლებიც შეიცავენ ინფორმაციას ცილის მოლეკულაში ამინომჟავათა თანმიმდევრობას

ა) სტუქტურული
ბ) რეგულატორები
გ) ოპერონები
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

57. რა ეწოდება გენებს, რომლებიც არეგულირებენ დნმ-დან ი-რნმ-ზე ინფორმაციის მიწოდების აქიტვობას

ა) სტუქტურული
ბ) რეგულატორები
გ) ოპერონები
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

58. რა ეწოდება გენს, რომელიც აკონტროლებს დნმ-ის მოლეკულაში სტრუქტურული გენის ჩართვა-გამორთვას

ა) სტუქტურული
ბ) რეგულატორები
გ) ოპერატორი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

59. ვინ უწოდა მემკვიდრეობით ფაქტორს გენი

ა) მენდელმა
ბ) მორგანმა
გ) დე-ფრიზმა
დ) იოჰანსენმა

60. თანამედროვე გაგებით როგორია გენის განმარტება

ა) გენი ეს არის ერთი ნიშნის მემკვიდრეობის ერთეული
ბ) გენი წარმოადგენს მუტაციის და რეკომბინაციის ერთეულს
გ) გენი არის თვითწარმოქმნის უნარის მქონე დნმ-ის მოლეკულის უბანი, რომელიც აკონტროლებს ამინომჟავათა თანმიმდევრობას ცილის მოლეკულის ერთ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში
დ) გენი არის დაყოფის უნარის მქონე მოლეკულურ-ბიოლოგიური სტრუქტურა

61. რა ფუნქციონალური ერთეული გააჩნია გენს

ა) ცისტრონი
ბ) მუტონი
გ) რეკონი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

62. რა ეწოდება მსგავსი ფუნქციის მქონე გენის უბნებს, რომელსაც შეუძლია სხვებისაგან დამოუკიდებლად მუტირება

ა) გენის ცენტრული თეორია
ბ) საფეხურებრივი ალელიზმი
გ) ტრანსგენები
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

63. რას ეწოდება ტრანსგენები

ა) გენები რომლებიც ტრანსპორტს ახორციელებს

ბ) რთული გენი (ბაზიგენი) შედგება ცალკეული უბნებისაგან-ცენტრებისაგან
გ) რთული გენი (ბაზიგენი) შედგება ცალკეული უბნებისაგან-ცენტრებისაგან მსგავსი ფუნქციებით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

64. რა ეწოდება ისეთ მუტაციებს, რომლებიც წარმოიქმნება ერთი და იმავე ფენოტიპით

ა) საფეხურებრივი ალელიზმი
ბ) გენის ცენტრული თეორია
გ) ცრუ ალელიზმი (ფსევდოალელიზმი)
დ) ტრანსგენები

65. რომელ წელს მოხდა ბეკვიტსის მიერ გენის გამოყოფა

ა) 1900 წელს
ბ) 1950 წელს
=) 1969 წელს
დ) 1970 წელს

66. რომელ წელს განახორციელა ხორანამ გენის ქიმიური სინთეზი

ა) ა) 1900 წელს
ბ) 1950 წელს
გ) 1969 წელს
დ) 1970 წელს

67. უცხო წარმოშობის დნმ-ის უნარის აღმოჩენამ შეაღწია სხვა უჯრედებში და შეუერთდა მის გენომს წარმოშვა ახალი მიმართულება მოლეკულურ ბიოლოგიაში რომელსაც ეწოდება

ა) ბიოტექნოლოგია
ბ) გენური ინჟინერია
გ) კიბერნეტიკული გენეტიკა
დ) სომატური ჰიბრიდიზაცია

68. გენური ინჟინერიის დროს რით ხორციელდება გენების გადატანა

ა) დნმ-ის მოლეკულით
ბ) სასქესო უჯრედებით
გ) გენეტიკური ფაქტორებით
დ) ბირთვით

69. ბიოტექნოლოგიის ძირითადი მიმართულებებია

ა) გენური ინჟინერია
ბ) ვირუსების და მიკროორგანიზმების დახმარებით ცალკეული გენების გააქტიურება და შენება
გ) უჯრედების და ქსოვილების კულტურა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

VI ორგანიზმების ცვალებადობა

1. რა არის ცვალებადობა

ა) ცვალებადობა გამოისახება ინდივიდებს შორის სხეულის ან ცალკეული ორგანოს ნიშნების და მათი ფუნქციის განსხვავებაში
ბ) გამრავლების პროცესში ნიშან-თვისებების განვითარებაა
გ) ინდივიდებს შორის გენების ცვალებადობაა, რომელიც მშობლებისაგან მიიღო გარემო პირობების გავლენით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

2. რა ეწოდება ცვალებადობას, რომელიც არ იწვევს გენოტიპის შეცვლას

ა) კომბინაციური
ბ) მუტაციური
გ) მოდიფიკაციური
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

3. რა ეწოდება ცვალებადობას, რომელიც იწვევს გენოტიპის (უჯრედული სტრუქტურის) შეცვლას

ა) ა) კომბინაციური
ბ) მუტაციური
გ) მოდიფიკაციური
დ) ა და ბ პუნქტში ჩამოთვლილი

4. კომბინაციური ანუ ჰიბრიდული ცვალებადობისათვის დამახასიათებელია

ა) გარემო პირობების გამო ნიშან-თვისებების შეცვლა
ბ) მშობელი ფორმების გენების ურთიერთქმედება და შერწყმის შედეგად ახალი წარმონაქმნები
გ) გენებისა და ქრომოსომების სტრუქტურული ცვლილებები

დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

5. მუტაციური ცვალებადობა ხასიათდება

ა) გარემო პირობების გამო ნიშან-თვისებათა შეცვლით
ბ) მშობელი ფორმების გენების ურთიერთქმედებისა და შერწყმის შედეგად ახალი წარმონაქმნებით
გ) გენებისა და ქრომოსომების სტრუქტურული ცვლილებებით

6. რა ეწოდება ორგანიზმის რეაგირების უნარს გარემო პირობებზე

ა) ფენოტიპი
ბ) ვარიანტი
გ) რეაქციის ნორმა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

7. რა არის ვარიაციის კოეფიციენტი

ა) ინდივიდების ყოველგვარი ერთობლიობა
ბ) შესასწავლი ნიშნის სიდიდე
გ) ამონაკრების შემადგენელ ერთეულთა რაოდენობა
დ) ნიშნების ცვალებადობა პროცენტებში

8. ერთი ჰომოლოგიური თვითმტვერია მცენარის თაობას ეწოდება

ა) ჰიბრიდი
ბ) ხაზი
გ) წმინდა ხაზი
დ) პოპულაცია

9. ვინ უწოდა მემკვიდრეობის ნახტომისებრ ცვალებადობას მუტაციის სახელწოდება

ა) მენდელმა
ბ) იოჰანსენმა
გ) დუბინინმა
დ) დე-ფრიზმა

10. რა ეწოდება ბუნებრივად წარმოქმნილ მემკვიდრულ ცვალებადობას

ა) სპონტანური მუტაცია
ბ) ინდუცირებული მუტაცია

გ) ფენოკოპია
დ) მოდიფიკაცია

11. რა იწვევს ბუნებრივ სპონტანურ მუტაციებს

ა) ბუნებაში მოქმედი მაიონიზირებელი გამოსხივება
ბ) დედამიწის ქერქში მყოფი რადიაქტიური ელემენტები (ურანი, ფტორი)
გ) ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილებები, მექანიკური დაზიანება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

12. მუტაციები რომელიც ხდება სხვადასხვა პირობების გავლენით ეწოდება

ა) მუტანტები
ბ) მუტაგენები
გ) ჰიბრიდები
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

13. ინდუცირებული (ხელოვნური) მუტაციების მისაღებად იყენებენ ქიმიურ მუტაგენებს

ა) ეთილენიმონს
ბ) კოლხიცინს
გ) დიმეთილსულფატი, დიეთილსულფატი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

14. ხელოვნური მუტაციების მისაღებად ფიზიკური მუტაგენებიდან იყენებენ

ა) რენტგენის სხივებს
ბ) ულტრაიისფერ სხივებს
გ) ელექტრომაგნიტურ ველს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

15. რომელია მუტაციების კლასიფიკაცია მემკვიდრეობით სტრუქტურაზე მათი მოქმედების მიხედვით

ა) მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური
ბ) ქრომოსომების რიცხვის შეცვლა, ქრომოსომების სტრუქტურის შეცვლა, გენის სტრუქტურის შეცვლა
გ) სასარგებლო ნეიტრალური და მავნე (ლეტალური)
დ) გენერატიული და სომატური

16. რომელია მუტაციების კლასიფიკაცია ორგანიზმზე მათი მოქმედების მიხედვით

ა) მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური
ბ) ქრომოსომების რიცხვის შეცვლა, ქრომოსომების სტრუქტურის შეცვლა, გენის სტრუქტურის შეცვლა
გ) სასარგებლო ნეიტრალური და მავნე (ლეტალური)
დ) გენერატიული და სომატური

17. რომელია მუტაციების კლასიფიკაცია ორგანიზმზე გავლენის მიხედვით

ა) მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური
ბ) ქრომოსომების რიცხვის შეცვლა, ქრომოსომების სტრუქტურის შეცვლა, გენის სტრუქტურის შეცვლა
გ) სასარგებლო ნეიტრალური და მავნე (ლეტალური)
დ) გენერატიული და სომატური

18. რომელია მუტაციების კლასიფიკაცია ორგანიზმის განვითარების დროის მიხედვით

ა) მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური
ბ) ქრომოსომების რიცხვის შეცვლა, ქრომოსომების სტრუქტურის შეცვლა, გენის სტრუქტურის შეცვლა
გ) სასარგებლო ნეიტრალური და მავნე (ლეტალური)
დ) გენერატიული და სომატური

19. ქრომოსომთა რიცხვის ცვლილებით შეიძლება მივიღოთ მუტაციები

ა) პოლიპლოიდია, ქრომოსომთა ძირითადი რიცხვის ჯერადი გადიდებით
ბ) ანეუპლოიდია, ერთი ან რამდენიმე ქრომოსომის დაკარგვით ან მიმატებით
გ) პოლიპლოიდია, ქრომოსომის დიპლოიდური ანაწყობის ორჯერ შემცირებით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

20. ქრომოსომთა სტრუქტურის შეცვლით (ქრომოსომული აბერაციები) შეიძლება მივიღოთ მუტაციები

ა) დელეცია, ქრომოსომის რომელიმე უბნის დაკარგვა ან დეფიშენსი
ბ) დუბლიკაცია, ქრომოსომის რომელიმე უბნის გაორმაგება ან ინვერსია 180° შემობრუნება
გ) ტრანსლოკაცია, ორ არაჰომოლოგიურ ქრომოსომას შორის უბნების გაცვლა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

21. გენის სტრუქტურის შეცვლით მიიღება მუტაციები

ა) ნუკლეოტიდების დაკარგვით

ბ) ნუკლეოტიდების გაორმაგებით
გ) ნუკლეოტიდის ჩართვით ან ნუკლეოტიდის თანმიმდევრობების შეცვლით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

22. რას ნიშნავს ,,გენის მდებარეობის ეფექტი''

ა)გენის გადასვლა ერთი მდებარეობიდან მეორეში
ბ) ქრომოსომთა კომპლექსში გენის გადაადგილებას შეიძლება მოყვეს მისი მოქმედების შეცვლა
გ) გენის მოქმედება პირდაპირი ბუნებისაა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

23. რას ნიშნავს ,,მრავლობითი ალელიზმი''

ა) გენები მოთავსებულია ქრომოსომის ერთ უბანში
ბ) გენები მოთავსებულია ჰომოლოგიური ქრომოსომის ერთ უბანში
გ) ქრომოსომის ერთი და იმავე ლოკუსი შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა მდგომარეობაში და წარმოქმნას ალელების მთელი სერიალი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

24. ვის მიერ იქნა დადგენილი ჰომოლოგიური მწკრივის კანონი მემკვიდრეობით ცვალებადობაში

ა) დუბინინის
ბ) ვეისმანის
გ) ვავილოვის
დ) კოლცოვის

25. რაში მდგომარეობს ჰომოლოგიური მწკრივების კანონი

ა) სისტემატიკურ ჯგუფებს მსგავსი მუტაციები ახასიათებს
ბ) სისიტემატიკურად დაახლოებულ მცენარეთა სახეობებს აქვთ მემკვიდრეობითი ფორმების მსგავსი და პარალელური რიგები და წარმოშობით რაც უფრო ახლოს არიან მით უფრო იშვიათად გამოვლინდება მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური ნიშნების მსგავსება
გ) გენეტიკურად მახლობელი სახეობები და გვარები ხასითდებიან მემკვიდრეობითი ცვალებადობის მსგავსი რიგებით. თუ ვიცით ერთი სახეობის შიგნით არსებული ფორმები შეიძლება ვივარაუდოთ პარალელურ ფორმათა არსებობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

26. რა უდევს საფუძვლად ჰომოლოგიურ ცვალებადობას

ა) მსგავსი სახეობების და გვარების გენეტიკური სტურქტურის მთლიანობა, მათი წარმოშობის ერთიანობა
ბ) მემკვიდრეობის დისკრეტული ბუნება და კროსინგოვერი
გ) გამორჩევის გარკვეული მოქმედება შედარებით მსგავს გარემო პირობებში
დ) ა და გ პუნქტში აღნიშნული

27. რომელი ფორმულით შეიძლება გამოვსახოთ ჰომოლოგიური რიგის კანონი

ა) $X^2=\sum\frac{d^2}{q}$
ბ) $V=\frac{G.100}{\overline{X}}\%$
გ) L_1 (a+b+c); L_2 (a+b+c); L_3 (a+b+c);
დ) ყველა მათგანი

28. რაზეა დაფუძნებული უჯრედში მიმდინარე მუტაციები

ა) ბირთვზე
ბ) ქრომოსომებზე
გ) ფიზიკო-ქიმიურ რეაქციებზე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილზე

29. სასურველი მუტაციების მისაღებად წინასწარ გასათვალისწინებელია

ა) ჯიშის გენოტიპი და შესაცვლელი ნიშნის გენეტიკური ბუნება
ბ) მცენარის განვითარების ფაზა და ქსოვილის მუტაციური მდგომარეობა
გ) მუტაგენის სახე, დოზა და მისი მოქმედების ხანგრძლივობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

30. უფრო ხშირად როდის შეიძლება მივიღოთ დადებითი მუტაციები

ა) ქიმიური მუტაგენებით
ბ) ფიზიკური მუტაგენებით
გ) ბუნებრივი მუტაგენებით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილით

31. მუტაგენეზის ყველაზე დიდი მიღწევაა
ა) ქიმიური მუტაგენებით შეიძლება მივიღოთ ყოველთვის სასარგებლო მუტაციები
ბ) ფიზიკური მუტაგენებით შეიძლება მივიღოთ ყოველთვის სასარგებლო მუტაციები
გ) მუტაგენები გახდა მიზნობრივი
დ) მუტაგენებით

32. ხორბლის ფიზიოლოგიური მუტაციების მისაღებად ვიყენებთ

ა) ეთილენიმინს
ბ) ეთილმეთანსულფონატს
გ) გამა გამოსხივებას
დ) კოლხიცინს

33. ადრეული ფორმების მისაღებად ვიყენებთ

ა) ეთილენიმინს
ბ) ეთილმეთანსულფონატს
გ) გამა გამოსხივებას
დ) კოლხიცინს

34. ჯუჯა ფორმების მისაღებად ვიყენებთ

ა) ეთილენიმინს
ბ) გამა-გამოსხივებას
გ) ულტრაიისფერსხივებს
დ) კოლხიცინს

35. დნმ-ის მოლეკულის დენატურირება ხდება

ა) ეთილენიმინით
ბ) ბრომურაცილით
გ) ულტრაიისფერი სხივებით
დ) გამა გამოსხივებით

36. ნუკლეოტიდის წყვილის შეცვლას მათ ჩართვას ან ამოვარდნას იწვევს

ა) ულტრაიისფერი სხივები
ბ) გამა გამოსხივება
გ) ეთილენიმინი
დ) ჰიბრომერაცილი

37. სამეურნეო-სასრგებლო მუტაციის მისაღებად უფრო ხშირად იყენებენ

ა) გამა-გამოსხივებას, რენტგენის სხივებს და ნეიტრონებს
ბ) ეთილენიმინს, ეთილმეთანსულფატს, N-ნიტროზიალკილშარდოვანას
გ) ულტრაიისფერ სხივებს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

38. მემკვიდრული სტრუქტურის შესაცვლელად იყენებენ მუტაგენებს

ა) ეთილენიმინს
ბ) გამა გამოსხივებას
გ) ულტრაიისფერსხივებს
დ) კოლხიცინს

39. რა გზით შეიძლება გამოვიყენოთ ხელოვნური მუტაციები სელექციაში

ა) ყველაზე საუკეთესო გასავრცელებლად დაშვებული ჯიშებისაგან მიღებული მუტაციის პირდაპირი გამოყენება
ბ) მუტაციის გამოყენება ჰიბრიდიზაციის პროცესში
გ) შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს შეუჯვარებლობის დასაძლევად მუტაციის გამოყენება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

40. როგორ აღინიშნება მუტაგენებით მიღებული თაობა

ა) F
ბ) P
=გ) M
დ) N

VII პოლიპლოიდია და ქრომოსომების რიცხვის სხვა ცვლილებები

1. რომელია პოლიპლოიდიის სწორი განმარტება

ა) მემკვიდრეობითი ცვალებადობა, რომელიც დაკავშირებულია ქრომოსომების შეცვლასთან
ბ) მემკვიდრეობითი ცვალებადობა, რომელიც დაკავშირებულია ქრომოსომების რიცხვის გადიდებასთან
გ) მემკვიდრეობით ცვალებადობას, რომელიც დაკავშირებულია ქრომოსომთა ძირითადი (ბაზისური) რიცხვის ჯერად გადიდებასთან ეწოდება პოლიპლოიდია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

2. ვინ უწოდა ამ მოვლენას პოლიპლოიდია

ა) მენდელმა
ბ) იოჰანსენმა
გ) ვინკლერმა

დ) დე-ფრიზმა

3. რა ეწოდება ქრომოსომების ჯერადი გადიდებით მიღებული სახეობების რიგს

ა) ავტოპოლიპლოიდური რიგი
ბ) პოლიპლოიდური რიგი
გ) ალოსინდები
დ) გენომი

4. რომელია პირველი პოლიპლოიდური ფორმა

ა) სპერმა
ბ) კვერცხუჯრედი
გ) პირველი ზიგოტა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

5. რა ეწოდება ქრომოსომების ჰაპლოიდური რიცხვის გენების ჯამს

ა) ქრომოსომული ანაწყობი
ბ) გამეტა
გ) გენომი
დ) პოლიპლოიდური რიგი

6. ჰაპლოიდური ბაზისური რიცხვი, რომელიც განიცდის ჯერად გადიდებას დამახასიათებელია

ა) გვარისათვის
ბ) სახეობისათვის
გ) სახესხვაობებისათვის
დ) პოპულაციისათვის

7. რომელია ხორბლის ჰაპლოიდური რიგი

ა) 14, 28, 42
ბ) 18, 36, 54
გ) 16, 32, 42
დ) 14, 21, 28, 35, 42, 56

8. სად უფრო მეტია ქრომოსომათა რაოდენობა კულტურულ თუ ველურ ფორმებში

ა) მეტია კულტურულ ფორმებში
ბ) მეტია ველურ ფორმებში

გ) ველურ და კულტურულ ფორმებში ერთნაირია
დ) ძირითადად მეტია კულტურულ ფორმებში, იშვიათად ტოლი ან ნაკლებია

9. რას გვაძლევს პოლიპლოიდია

ა) ბირთვის და უჯრედის ზრდას
ბ) ბაგეების და ქლოროპლასტების ზრდას
გ) ფოთლის, ყვავილის, ნაყოფის, თესლის ზრდას და მცენარის სიძლიერეს
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

10. რაში მდგომარეობს პოლიპლოიდიის უარყოფითი ეფექტი

ა) ვეგეტაციის ხანგრძლივობა
ბ) საგვიანობა
გ) ზოგჯერ ნივთიერებათა შემცირება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

11. პოლიპლოიდების წარმოქმნის გზებია

ა) ამიტოზი
ბ) მიტოზი
გ) მეიოზი
დ) მიტოზური და მეიოზური

12. რასთან არის დაკავშირებული მიტოზური დარღვევები

ა) სომატურ უჯრედებთან
ბ) სასქესო უჯრედებთან
გ) არქესპორალურ უჯრედებთან
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილთან

13. რასთან არის დაკავშირებული მიტოზური დარღვევები

ა) სომატურ უჯრედებთან
ბ) სასქესო უჯრედებთან
გ) არქესპორალურ უჯრედებთან
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილთან

14. რა ეწოდება მოვლენას, როცა ხდება ქრომოსომების რიცხვის ორჯერ შემცირება

ა) ალოპოლიპლოიდები
ბ) ჰაპლოიდები

გ) ტეტრაპლოიდები
დ) ოქტაპლოიდები

15. რომელია ბალანსირებული პოლიპლოიდები

ა) 4n
ბ) 5n
გ) 6n
დ) ა და გ პუნქტებში დასახელებული

16. რომელია არაბალანსირებული პოლიპლოიდები

ა) 4n
ბ) 5n
გ) 6n
დ) ა და გ პუნქტებში დასახელებული

17. პოლიპლოიდიის ძირითადი ფორმებია

ა) ავტოპოლიპლოიდია
ბ) ალოპოლიპლოიდია
გ) ანეუპლოიდია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

18. ერთსა და იმავე სახეობაში ქრომოსომების ჰაპლოიდური რიცხვის ჯერად გადიდებას ეწოდება

ა) ავტოპოლიპლოიდია
ბ) ანეუპლოიდია
გ) ალოპოლიპლოიდია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

19. ორგანიზმები, რომლებიც წარმოქმნილია ქრომოსომების ორი სხვადასახვა ანაწყობის შედეგად ეწოდება

ა) ავტოპოლიპლოიდია
ბ) ანეუპლოიდია
გ) ალოპოლიპლოიდია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

20. რა ეწოდებათ ორგანიზმებს, რომელთაც ანაწყობი აქვთ გადიდებული ან შემცირებული მაგრამ ჰაპლოიდების რიცხვის არაჯერადი ქრომოსომები

ა) ავტოპოლიპლოიდია
ბ) ანეუპლოიდია
გ) ალოპოლიპლოიდია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

21. ჰაპლიოდური ანაწყობის ორჯერადი გადიდებით მიიღება

ა) ტეტრაპლოიდი
ბ) ჰექსაპლოიდი
გ) ოქტაპლოიდი
დ) ტრიპლოიდი

22. ჰაპლოიდური ანაწყობის ექვსჯერადი გადიდებით მიიღება

ა) ტეტრაპლოიდი
ბ) ჰექსაპლოიდი
გ) ოქტაპლოიდი
დ) პენტაპლოიდი

23. ჰაპლოიდური რიცხვის სამჯერადი გადიდებით მიიღება

ა) ტეტრაპლოიდი
ბ) ტრიპლოიდი
გ) პენტაპლოიდი
დ) ოქტაპლოიდი

24. ავტოპოლიპლოიდური ფორმები სელექციურ კვლევაში შეიძლება გამოვიყენოთ

ა) ახალი ჯიშების მისაღებად
ბ) ვეგეტატიური, ნაწილაკების გასადიდებლად და მოსავლიანობის ასამაღლებლად
გ) ჰომოლოგიური ფორმების მისაღებად და შეუჯვარებლობის დასძლევად
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილისათვის

25. ავტოპოლიპლოიდიის შედეგად მნიშვნელოვანი პრაქტიკული შედეგებია

ა) ჭვავის კულტურაში დატოტვილთავთავიანი ჭვავი და ტეტრაპლოიდური ჭვავი
ბ) შაქრის ჭარხალში ტრიპლოიდური ჭარხალი
გ) საზამთროს კულტურაში, ტრიპლოიდური უთესლო საზამთრო
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

26. ალოპოლიპლოიდებს რომელებიც მიღებულია ორი სახეობის ან გვარის შეჯვარებით ეწოდება

ა) ავტოპოლიპლოიდი
ბ) ამფიდიპლოიდი
გ) ანეუპლოიდი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

27. რა ეწოდებათ ალოპოლიპლოიდებს, რომლებსაც აქვთ სამი ჰაპლოიდური ანაწყობი

ა) ალოტეტრაპლოიდები
ბ) ალოტრიპლოიდები
გ) ალოპენტაპლოიდები
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

28. ავტოტეტრაპლოიდებისაგან განსხვავებით ალოპოლიპლოიდები არიან

ა) ჰომოგენომურები
ბ) ჰეტეროგენომურები
გ) რედუცირებული
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

29. ალოპლოიპლოიდების კლასიკური მაგალითია

ა) კომბოსტოს და ბოლოკის შეჯვარება
ბ) ჭვავის და ხორბლის შეჯვარება
გ) კომშის და მსხლის შეჯვარება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

30. რაში მდგომარეობს ამფიდიპლოიდების განსაკუთრებული მნიშვნელობა

ა) შესაძლებლობას გვაძლევს ორი გვარის ან სახეობის დადებითი ნიშან-თვისებების გავაერთიანოთ ერთ ორგანიზმში
ბ) მოვახდინოთ ჰიბრიდული ფორმების ჰომოგენომურობა
გ) გავზარდოთ სახეობის ან გვარის მოსავლიანობის ზღვარი
დ) ა და გ პუნქტებში ჩამონათვალი

31. რას ეწოდება ავტოსინთეზი

ა) ქრომოსომების კონიუგაციას
ბ) შორეულ ჰიბრიდებში ერთ მშობლიურ ფორმაში ერთი და იგივე გენომის ქრომოსომთა კონიუგაციას

გ) შორეულ ჰიბრიდებში სხვადასხვა მშობლიურ ფორმების გენომის ქრომოსომთა კონიუგაციას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

32. რას ეწოდება ალოსინდეზი

ა) ქრომოსომების კონიუგაციას
ბ) შორეულ ჰიბრიდებში ერთ მშობლიურ ფორმაში ერთი და იგივე გენომის ქრომოსომთა კონიუგაციას
გ) შორეულ ჰიბრიდებში სხვადასხვა მშობლიურ ფორმების გენომის ქრომოსომთა კონიუგაციას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

33. რა ეწოდება ხორბალ-ჭვავის ამფიდიპლოიდებს

ა) ტრიტიკუმი
ბ) ტრიტიკალე
გ) სეკალე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

34. რომელია რბილი ხორბლის და ჭვავის შეჯვარებით მიღებული ტრიტიკალეს სქემა

ა) $A_1A_1B_1B_1DD$ X RR → A_1B_1DR X 2 → $A_1A_1B_1B_1DD$ RR
ბ) AABBDD X RR → ABR X 2 = AABBRR
გ) $A_1A_1B_1B_1DD$ X RR → A_1B_1DR X AABB → $A_1A_1B_1B_1RR$
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

35. რომელია მაგარი ხორბლის და ჭვავის შეჯვარებით მიღებული ტრიტიკალეს სქემა

ა) $A_1A_1B_1B_1DD$ X RR → A_1B_1DR X 2 → $A_1A_1B_1B_1DD$ RR
ბ) AABBDD X RR → ABR X 2 = AABBRR
გ) $A_1A_1B_1B_1DD$ X RR → A_1B_1DR X AABB → $A_1A_1B_1B_1RR$
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

36. რომელია ტრიტიკალეს სამსახეობრივი ჰიბრიდის სქემა

ა) $A_1A_1B_1B_1DD$ X RR → A_1B_1DR X 2 → $A_1A_1B_1B_1DD$ RR
ბ) AABBDD X RR → ABR X 2 = AABBRR
გ) $A_1A_1B_1B_1DD$ X RR → A_1B_1DR X AABB → $A_1A_1B_1B_1RR$
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

37. რა ეწოდებათ ანეუპლოიდებს, რომელთაც აკლია ერთი წყვილი ქრომოსომა

ა) მონოსომიკი
ბ) ნულოსომიკი
გ) ტრისომიკი
დ) ტეტრასომიკი

38. რა ეწოდებათ ანეუპლოიდებს, რომელთაც აკლია ორი ჰომოლოგიური ქრომოსომა

ა) მონოსომიკი
ბ) ნულოსომიკი
გ) ტრისომიკი
დ) ტეტრასომიკი

39. რა ეწოდებათ ანეუპლოიდებს, რომელთა სრულ ანაწყობს ემატება ერთი ქრომოსომა

ა) მონოსომიკი
ბ) ტრისომიკი
გ) ნულოსომიკი
დ) ტეტრასომიკი

40. რა ეწოდებათ ანეუპლოიდებს, რომელთა სრულ ანაწყობს ემატება ორი ქრომოსომა

ა) მონოსომიკი
ბ) ტრისომიკი
გ) ნულოსომიკი
დ) ტეტრასომიკი

41. როგორ შეიძლება დადგინდეს გენების ლოკალიზაცია

ა) ჰიბრიდოლოგიური ანალიზით
ბ) მონოსომური ანალიზით
გ) გენეტიკური ანალიზით
დ) რეციპროკნული შეჯვარებით

42. მონოსომური ანალიზის დიდი მნიშვნელობა მდგომარეობს

ა) მისი საშუალებით შესაძლებელია „გენეტიკური ინჟინერიის" გამოყენება (ქრომოსომების გადატანა, დამატება)
ბ) მისი დახმარებით მიღებულ ხაზებში იზრდება ქრომოსომების გენეტიკური ეფექტი (ზამთარგამძლეობა და დაავადებებისადმი გამძლეობა)

გ) მისი დახმარებით დადგენილია ხორბლის 5B ქრომოსომაში გენის ლოკალიზაცია, აკონტროლებს მეიოზს და უზრუნველყოფს ბივალენტის წარმოშობას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილში

43. პოლოპლოიდების ხელოვნურად მიღება შეიძლება

ა) კოლხიცინის გამიყენებით
ბ) ჰიდროქლორიდის გამიყენებით
გ)ნარკოტიკების გამოყენებით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილით

44. რა ეწოდებათ ისეთ ორგანიზმებს, რომლებსაც საწყის ფორმებთან შედარებით განსხვავებული ქრომოსომების რიცხვი აქვთ

ა) ავტოპოლიპლოიდი
ბ) პოლიპლოიდია
გ) ჰაპლოიდია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

45. რით ხასიათდება ჰაპლოიდები

ა) ყველა უჯრედების ზომების შემცირება
ბ) ორგანოების ზომების შემცირება
გ) დაბალი სიცოცხლისუნარიანობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

46. ხელოვნური ჰაპლოიდების მისაღებად გამოიყენება მეთოდები

ა) უცხო მტვრით დამტვერიანება და სამტვრეს კულტურა
ბ) რენტგენის ან გამა სხივებით დასხივებული მცენარის მტვრით დამტვერიანება
გ) ტყუპების მეთოდი და დამტვერიანების დაყოვნება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

47. რაში შეიძლება გამოვიყენოთ ჰაპლოიდები

ა) კონსტანტური ფორმების სწრაფად მისაღებად
ბ) შეიძლება შეიქმნას ჰომოზიგოტური ფორმები
გ) შორეულ ჰიბრიდიზაციაში შეუჯვარებლობის დასაძლევად
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

VIII შორეული ჰიბრიდიზაცია

1. შორეულ ჰიბრიდიზაციას უწოდებენ

ა) სხვადასხვა გვარების შეჯავერბას
ბ) სხვადასხვა სახეობების შეჯვარებას
გ) სხვადასხვა სახეობებს და გავრებს შორის შეჯვარებას
დ) ერთი და იგივე სახეობების სხვადასხვაჯიშების შეჯვარებას

2. რამდენი სახის შორეული ჰიბრიოდიზაცია არსებობს

ა) სახეობათაშორისი და გვართაშორისი
ბ) სახეობათაშორისი, გვართაშორისი და ჯიშთაშორისი
გ) სახეობათაშორისი, გვართაშორისი, ჯიშთაშორისი, სახეობისშიდა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

3. თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით შორეულ ჰიბრიდიზაციას იყენებენ

ა) ვირუსული და სოკოვანი დაავადებებისადმი გამძლე ჯიშების მისაღებად
ბ) ფილოქსერასადმი გამძლე ჯიშების მისაღებად
გ) ძვირფასი სამეურნეო და ბიოლოგიური ნიშან- თვისებების მისაღებად
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილის მისაღებად

4. ვისმა შრომებმა შეუწყო ხელი შორეული ჰიბრიდიზაციის განვითარებას

ა) კელრეიტერის
ბ) მიჩურინის
გ) კარპეჩენკო
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

5. შორეული ჰიბრიდიზაციის ძირითადი მიზანია

ა) სხვადასხვა გვარის და სახეობების შეჯვარებისას გავიგოთ ნიშნების მემკვიდრეობითობა და შევისწავლოთ მცენარეთა და ცხოველთა ევოლუციის მნიშვნელოვანი კანონზომიერებანი
ბ) მოვახდინოთ სხვადასხვა სახეობების და გვარების დაახლოება
გ) სხვადსხვა სახეობებისა და გვარების ნიშნების და თვისებების შერწყმით მივიღოთ ახალი ფორმები და ჯიშები
დ) ა და გ პუნქტებში მოყვანილი დებულებები

6. შორეული ჰიბრიდიზაცია სელექციის პრაქტიკაში აწყდება დიდი წინააღმდეგობებს

ა) სახეობების გეოგრაფიული იზოლაცია და მათი არეალის განცალკევებულობა
ბ) მცენარეთა დამტვერიანებისა და გამრავლების ციკლის დაუმთხვევლობასთან და სასქესო ორგანოების აგებულების თავისებურება
გ) სასქესო უჯრედების გენოტიპების, ბირთვის და ციტოპლაზმის შეუთავსებლობა =დ)
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

7. შორეულ ჰიბრიდიზაციას ყოველთვის თან ახლავს

ა) შეუჯვარებლობა
ბ) უნაყოფობა
გ) ჰეტეროზისი
დ) ა და ბ პუნქტებში მოყვანილი დებულება

8. რა იწვევს შეუჯვარებლობას

ა) გენეტიკური იზოლაცია
ბ) გენოტიპების შეუთავსებლობა
გ) სასქესო ორგანოების ნაკლებსიცოცხლისუნარიანობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

9. რომელმა ბუნებრივმა ფაქტორებმა შეიძლება იმოქმედოს სახეობების შეჯვარებისუნარიანობაზე

ა) ტემპერატურამ
ბ) ტენიანობამ
გ) მცენარის ასაკმა და გენერაციული ორგანოების განვითარების ხარისხმა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

10. რა თანამედროვე მეთოდებს იყენებენ მცენარეთა შეუჯვარებლობის დასაძლევად

ა) ბუტკოს დამუშავება ზრდის სტიმულატირით
ბ) თესლკვირტის კულტივირება საკვებ არეში
გ) რადიაციის და ქიმიური ნივთიერებების გამოყენება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

11. რა მეთოდებს იყენებდა მიჩურინი მცენარეთა შეუჯვარებლობის დასაძლევად

ა) ნარევი მტვრით დამტვერიანება
ბ) წინასწარი ვეგეტატიური დაახლოება
გ) შუამავლის მეთოდი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

12. რა იწვევს შორეულ ჰიბრიდთა უნაყოფობას

ა) გენერაციულ ორგანოთა განუვითარებლობა
ბ) მეიოზის პროცესის დარღვევა
გ) განსხვავებულ ქრომოსომთა რიცხვი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

13. შორეულ ჰიბრიდებში ქრომოსომთა რომელი დარღვევები იწვევს მცენარეთა სტერილობას

ა) სახეობათა ქრომოსომების რიცხვის განსხვავებულობა
ბ) თანაბარი რაოდენობის ქრომოსომების მქონე სახეობებში ქრომოსომათა კონიუგაციის უქონლობა
გ) ერთი სახეობის ქრომოსომების მეორე სახეობის ციტოპლაზმასთან შეუთავსებლობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

14. ციტოგენეტიკური გამოკვლევებით შორეული შეჯვარებები შეიძლება იყოს

ა) კონგრუენტული
ბ) კონკრეტული
გ) ინკონგრუენტული
დ) ა და გ პუნქტებში ჩამონათვალი

15. რომელია კონგრუენტული შეჯვარება

ა) ერთი და იგივე სახეობების ურთიერთშეჯვარება, როცა კონიუგაციის შედეგად მიიღება სიცოცხლისუნარიანი და ფერტილური ჰიბრიდი
ბ) მახლობელი სახეობების შეჯვარებაა, როცა ქრომოსომებს აქვთ ,,შეასაბამისი'' ანაწყობი და თვითკონიუგირების ისეთი უნარი, რომ ჰიბრიდში არ მოხდეს სიცოცხლისუნარიანობისა და ფერტილობის დაქვეითება
გ) ისეთი სახის შეჯვარებაა როცა მშობელ ფორმებს აქვთ ,,არაშესაბამისი'' ქრომოსომული ანაწყობი, ან არაერთნაირი რაოდენობა ან მათი განსხავავება დაკავშირებულია ციტოპლაზმასთან, ან ორივესთან ერთად.
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

16. რომელია ინკონგრუენტული შეჯვარება

ა) ერთი და იგივე სახეობების ურთიერთშეჯვარება, როცა კონიუგაციის შედეგად მიიღება სიცოცხლისუნარიანი და ფერტილური თაობა

ბ) მახლობელი სახეობების შეჯვარებაა, როცა ქრომოსომებს აქვთ ,,შეასაბამისი'' ანაწყობი და თვითკონიუგირების ისეთი უნარი, რომ ჰიბრიდში არ მოხდეს სიცოცხლისუნარიანობისა და ფერტილობის დაქვეითება
გ) ისეთი სახის შეჯვარებაა როცა მშობელ ფორმებს აქვთ ,,არაშესაბამისი'' ქრომოსომული ანაწყობი, ან არაერთნაირი რაოდენობა ან მათი განსხავავება დაკავშირებულია ციტოპლაზმასთან, ან ორივესთან ერთად.
დ) ყველლა ზემოთ ჩამოთვლილი

17. ჰიბრიდებში უნაყოფობის (სტერილურობის) დასძლევად იყენებენ

ა) ჰიბრიდის ერთ ერთი მშობელი ფორმის მტვრით დამტვერიანებას
ბ) ქრომოსომთა რიცხვის გაორმაგებას, ბალანსირებული ქრომოსომთა რიცხვის მისაღებად
გ) ფიზიკური და ქიმიური საშუალებების გამოყენებას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

18. რომელი კულტურების სელექციაში მიაღწია განსაკუთრებით დიდ წარმატებას შორეულმა ჰინრიდიზაციამ

ა) კარტოფილში
ბ) მზესუმზირაში
გ) ხორბალში
დ) ყველა ჩამოთვლილში

19. რა ეწოდებათ მეიოზის პროცესში ცალად დარჩენილ ქრომოსომებს

ა) ბივალენტი
ბ) უნივალენტი
გ) ვალენტობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

20. რა ეწოდება ცნობილი გენების რეკომბინაციის საფუძველზე არსებული სახეობების ექსპერიმენტულ აღდგენას

ა) სახეობების სინთეზი
ბ) სახეობების რესინთეზი
გ) სახეობების პოლისინთეზი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

21. შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს ველური და კულტურული ფორმების შეჯვარების დროს რომლის ნიშნები დომინირებს

ა) ველური ფორმების
ბ) კულტურული ფორმის
გ) ორივე ფორმის
დ) შუალედური

22. რა თავისებურებებით ხასიათდება ფორმათა წარმოქმნის პროცესი შორეული ჰიბრიდიზაციის დროს

ა) მიიღება ორივე მშობლის მსგავსი ფორმები
ბ) მიიღება ჰიბრიდული ფორმები
გ) მიიღება იშვითი სახესხვაობები და ფორმები, რომლებიც სრულებით არ გვხვდება სახეობებში
დ) დამახასიათებელია ა და ბ პუნქტში ჩამოთვლილი თვისებები

23. რა მიღწევებია თამბაქოს შორეულ ჰიბრიდიზაციაში

ა) თამბაქოსა და წეკოს შეჯვარებით მირებულია დაავადებებისადმი კომპლექსური იმუნიტეტით აღჭურვილი ჯიშები
ბ) დადგენილია თამბაქოს წარმოშობის საკითხი (კლაუსენი)
გ) მიღებულია მაღალმოსავლიანი, ადრეული, ყინვაგამძლე და ორმოსავლიანი ფორმები
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

24. რა მიღწევებია ხორბლის შორეულ ჰიბრიდიზაციაში

ა) სამეურნეო-ბიოლოგიურად ძვირფასი ნიშან-თვისებები მიღებულია კულტურული და ველური სახეობების და გვარების შეჯვარებით
ბ) დადგენილია A, B, D გენომის წარმოშობის საკითხი
გ) ხორბლის და ჭვავის შეჯავრებით მიღებულია ახალი კულტურული გვარი ტრიტიკალე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

25. რა მიღწევებია მზესუმზირას შორეულ ჰიბრიდიზაციაში

ა) მიღებულია სოკოვანი დაავადებებისადმი გამძლე ფორმები
ბ) მიღებულია მაღალზეთიანი და მავნებლებისადმი გამძლე ფორმები
გ) მიღებულია გრძელბოჭკოიანი ფორმები
დ) ა და ბ პუნქტებში დასახელებული დებულებები

IX ინბრიდინგი და ჰეტეროზისი

1. რა ეწოდება არანათესაურ შეჯვარებას

ა) ინბრიდინგი
ბ) აუტბრიდინგი
გ) ინცუხტი
დ) აპომიკსისი

2. რა ეწოდება ახლონათესაურ შეჯვარებას

ა) ინბრიდინგი
ბ) აუტბრიდინგი
გ) ინცუხტი
დ) ა და ბ პუნქტებში დასახელებული

3. რას გვაძლევს აუტობრიდინგი

ა) ჰეტეროზიგოტურობას
ბ) ჰომოზიგოტურობას
გ) მემკვიდრულ ცვლილებებს
დ) ა და ბ პუნქტებში ჩამონათვალს

4. რას გვაძლევს ინბრიდინგი

ა) ჰეტეროზიგოტურობას
ბ) ჰომოზიგოტურობას
დ) მემკვიდრულ ცვლილებებს
დ) ა და ბ პუნქტებში ჩამონათვალს

5. აუტბრიდინგის შედეგად ვღებულობთ

ა) მცენარის ვეგეტატიური ნაწილების ზრდას
ბ) სიცოცხლისუნარიანობის ზრდას
გ) მოსავლიანობის ზრდას
დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალს

6. ინბრიდინგის შედეგად ვღებულობთ

ა) დეპრესიას
ბ) სიცოცხლისუნარიანობის დაქვეითებას
გ) მოსავლიანობის კლებას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

7. რა არის ინბრიდინგული დეპრესია

ა) ჯვარედინმტვერია მცენარეთა თვითდამტვერვა
ბ) ინბრიდინგის შედეგად ორგანიზმში პროდუქტიულობის და ცხოველმყოფელობის დაცემა
გ) ინბრიდინგის შედეგად ორგანიზმში გამოწვეული პროდუქტიულობის და ცხოველმყოფელობის აწევა
დ) ა და გ პუნქტებში ჩამონათვალი

8. რა ეწოდება დეპრესიის უმაღლეს გამოხატულებას

ა) ინბრიდული მინიმუმი
ბ) ინცუხტ მინიმუმი
გ) ინბრიდული მაქსიმუმი
დ) ა და ბ პუნქტში დასახელებული

9. მცენარეებში სქესობრივი პროცესის შეუთავსებლობის გენეტიკური სისტემებია

ა) თვით და ჯვარედინი შეუთავსებლობა
ბ) გამეტოფიტური შეუთავსებლობა
გ) სპოროფიტული შეუთავსებლობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

10. რას ეწოდება ჰეტეროზისი

ა) გვარებისა და სახეობების შეჯვარებას
ბ) პირველი თაობის ჰიბრიდების სიძლიერეს, სიცოცხლისუნარიანობას და პროდუქტიულობის მატებას მშობელ ფორმებთან შედარებით
გ) პირველი თაობის ჰიბრიდების სიძლიერის, სიცოცხლისუნარიანობის და პროდუქტიულობის კლებას მშობელ ფორმებთან შედარებით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

11. რაში გამოიხატება ჰეტეროზისი

ა) ზრდის გაძლიერებასა და მწვანე მასის მაღალ მოსავალში
ბ) ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობასა და ადრეულობაში
გ) პირველდაწყებითი ფორმების სწრაფ ზრდა-განვითარებასა და მაღალ მოსავლიანობაში
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილში

12. ვინ უწოდა ჰეტეროზისი

ა) დე-ფრიზმა

ბ) დარვინმა
გ) შელმა
დ) კელრეიტერმა

13. რომელია რეპროდუქციული ჰეტეროზისი

ა) ხდება გასამრავლებელი ორგანიზმების უკეთ განვითარება, გადიდებული ფერტილობა და ნაყოფის და თესლის გაზრდილ მოსავლიანობაში
ბ) ჰიბრიდულ ორგანიზმში ხდება ვეგეტატიური ნაწილების გაძლიერებული განვითარება
გ) ჰიბრიდებში ხდება ცხოველმყოფელობის გაძლიერება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

14. რომელია ადაპტური ანუ შემგუებლობითი ჰეტეროზისი

ა) ხდება გასამრავლებელი ორგანიზმების უკეთ განვითარება, გადიდებული ფერტილობა და ნაყოფის და თესლის გაზრდილ მოსავლიანობაში
ბ) ჰიბრიდულ ორგანიზმში ხდება ვეგეტატიური ნაწილების გაძლიერებული განვითარება
გ) ჰიბრიდებში ხდება ცხოველმყოფელობის გაძლიერება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

15. რომელია სომატური ჰეტეროზისი

ა) ხდება გასამრავლებელი ორგანიზმების უკეთ განვითარება, გადიდებული ფერტილობა და ნაყოფის და თესლის გაზრდილ მოსავლიანობაში
ბ) ჰიბრიდულ ორგანიზმში ხდება ვეგეტატიური ნაწილების გაძლიერებული განვითარება
გ) ჰიბრიდებში ხდება ცხოველმყოფელობის გაძლიერება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

16. რომელ თაობაში ვლინდება ჰეტეროზისი

ა) პირველში
ბ) მეორეში
გ) მესამეში
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილში

17. მეორე და შემდგომ თაობებში რა თავისებურებებით ხასიათდება ჰეტეროზისი

ა) მეორე თაობაში ჰეტეროზისი მატულობს
ბ) მესამე თაობაში ჰეტეროზისი ეცემა

გ) მეორე თაობაში ჰეტეროზისის შემცირება იანგარიშება ფორმულით $F_2 = F_1 - \frac{F_1 - P}{n}$

დ) ა და ბ პუნქტში ჩამოთვლილი დებულებით

18. რა არის კომბინაციური უნარიანობა

ა) ჯიშებს და ხაზებს, რომელთა შეჯვარების დროსაც მიიღება მაღალი ცხოველმყოფელობა და სიცოცხლისუნარიანობა
ბ) ჯიშებს და ხაზებს, რომელთა შეჯვარების დროსაც მიიღება დაბალი ცხოველმყოფელობა და სიცოცხლისუნარიანობა
გ) ჰიბრიდთა მაღალპროდუქტიულობას და სიცოცხლისუნარიანობას
დ) ჰიბრიდთა დაბალპროდუქტიულობას და დაბალ სიცოცხლისუნარიანობას

19. რომელია ზოგადი კომბინაციური უნარიანობა

ა) ხაზის რომელიმე ერთ ხაზთან შეჯვარება
ბ) ხაზების ჯიშთან შეჯვარება, რომელიც გამოყენებულია მამისეულ ფორმად (ტესტერთან)
გ) ჰეტეროზისული ხაზების შეჯვარება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

20. რომელია სპეციფიკური კომბინაციურიუნარიანობა

ა) ხაზის რომელიმე ერთ ხაზთან შეჯვარება
ბ) ხაზების ჯიშთან შეჯვარება, რომელიც გამოყენებულია მამისეულ ფორმად (ტესტერთან)
გ) ჰეტეროზისული ხაზების შეჯვარება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

21. ჰეტეროზისის დამაგრება შესაძლებელია

ა) ვეგეტატიურად მამრავლ მცენარეებში ვეგეტატიური ორგანოებით (კალამით, გოღგლით, ბოლქვით) გამრავლების გზით
ბ) აპომიქსისის გამოყენებით, რომლებით თესლით მრავლდებიან
გ) პოლიპლოიდიის გამოყენებით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილით

22. რა ეწოდება გენების მოქმედებას, რომელიც სასურველ გავლენას ახდენს ორგანიზმის ზრდა-განვითარებაზე

ა) დომინანტი
ბ) რეცესიული

გ) ადიტიური
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

23. დომინირების თეორიიდან გამომდინარე რაზეა დამოკიდებული ჰეტეროზისი

ა) მავნე რეცესიული ალელების ჩახშობასთან
ბ) ადიტიურ ეფექტთან
გ) არაალელურ კომპლემენტარულ ურთიერთმოქმედებასთან
=) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილზე

24. რა არის ზედომინირება

ა) რეცესიული გენის მოქმედება დომინანტურზე
ბ) ჰეტეროზიგოტულობის დიდი სიძლიერე და სიცოცხლისუნარიანობა მოცემულ ორივე წყვილ ჰომოზიგოტურ ალელებთან შედარებით (AA< Aa > aa)
გ) დომინანტური გენის მოქმედება მეორე დომინანტურ გენზე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

25. სპეციფიკური კომბინაციური უნარიანობის განსასაზღვრავად იყენებენ

ა) ანალიზურ შეჯვარებას
ბ) დიალელურ (ციკლურ) შეჯვარებას
გ) აღმავალ შეჯვარებას
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილს

X გენეტიკური პროცესები პოპულაციებში და ინდივიდუალური განვითარების გენეტიკური საფუძვლები

1. რა არის ონთოგენეზი

ა) ორგანიზმის ინდივიდუალური განვითარების პროცესია, კვერცხუჯრედის განაყოფიერებიდან მის ბუნებრივ სიკვდილამდე
ბ) ორგანიზმის ინდივიდუალური განვითარების პროცესია, რომელიც მოიცავს ერთ სავეგეტაციო პერიოდს
გ) ორგანიზმების განაყოფიერების სპეციალური ხერხია
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

2. რამდენ ეტაპს გაივლის ორგანიზმი ონტოგენეზში

ა) ორს
ბ) სამს

გ) ოთხს
დ) ხუთს

3. რა ეწოდება ონტოგენეზის პირველ ეტაპს

ა) ემბრიონალური განვითარება
ბ) პოსტემბრიონალური განვითარება
გ) სიმწიფის და გამრავლების
დ) სიბერის პერიოდი

4. რა ეწოდება ონტოგენეზის მეორე ეტაპს

ა) ემბრიონალური განვითარება
ბ) პოსტემბრიონალური განვითარება
გ) სიმწიფის და გამრავლების
დ) სიბერის პერიოდი

5. რა ეწოდება ონტოგენეზის მესამე ეტაპს

ა) ემბრიონალური განვითარება
ბ) პოსტემბრიონალური განვითარება
გ) სიმწიფის და გამრავლების
დ) სიბერის პერიოდი

6. რა ეწოდება ონტოგენეზის მეოთხე ეტაპს

ა) ემბრიონალური განვითარება
ბ) პოსტემბრიონალური განვითარება
გ) სიმწიფის და გამრავლების
დ) სიბერის პერიოდი

7. რა ეწოდება ფარულთესლიანი მცენარეების სასიცოცხლოციკლის განხორციელებას, როცა თანმიმდევრულად სრულდება მემკვიდრული ინფორმაცია, რომელიც დაპროგრამებულია გენოტიპში

ა) ონტოგენები
ბ) ორგანოგენეზი
გ) ემბრიოგენეზი
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

8. ორგანოგენეზის ძირითადი ეტაპებია

ა) ჩანასახის განთარება
ბ) თესლის ფორმირება
გ) კვირტების, ფოთლების, ღეროსა და რეპროდუქციული ორგანოების განვითარება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

9. რას გულისხმობს ინდივიდუალური განვითარების გენეტიკური პროგრამა

ა) ორგანიზმების განვითარების ერთ ციკლს
ბ) გენების დისკრეტული სისტემაა, რომელიც განსაზღვრავს მთლიანობას, სპეციფიკასა და კანონზომიერებებს, ორგანიზმის განვითარების ეტაპების შეცვლას კვერცხუჯრედიდან მოზრდილ ინდივიდში
გ) გენების სისტემაა, რომელიც განსაზღვრავს ორგანიზმის განვითარების ეტაპების შეცვლას თაობიდან თაობამდე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

10. როგორია ორგანიზმის სხვადასხვა უჯრედების გენების შედგენილობა

ა) ისეთი, როემლიც სისტემაშიდაც არის ჩართული და რა ფუნქციასაც ასრულებს =ბ) ისეთი როგორიც ჰქონდა ზიგოტას
გ) ისეთი როგორიც ჰქონდა კვერცხუჯრედს
დ) ისეთი როგორიც ჰქონდა სპერმას

11. უჯრედში არსებული გენებიდან რა რაოდენობის გენები მოქმედებენ

ა) ყველა გენი მოქმედებს
ბ) მოქმედებს მხოლოდ ნაწილი გენებისა
გ) ყოველი უჯრედი ხასიათდება აქტიური გენების თავისი ანაწყობით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

12. განვითარების პროცესში ერთგვარი უჯრედებისაგან მორფოლოგიური ნიშნებისა და ფუნქციით განსხვავებული ტიპის უჯრედების, ქსოვილების და ორგანოს წარმოქმნას ეწოდება

ა) ონთოგენეზი
ბ) ემბრიოგენეზი
გ) დიფერენციაცია
დ) ორგანოგენეზი

13. ინდივიდუალური განვითარების დროს როგორ ხდება შეძენილი არამემკვიდრეობითი ნიშნები

ა) გენოტიპის შეცვლა ფენოტიპის გავლენით

ბ) შეცვლა შეუძლია მხოლოდ სტრუქტურული გენების მუტაციას და რეგულატორულ მექანიზმს
გ) გენეტიკური კოდი იცვლება ონტოგენეზის პროცესში
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

14. რა არის პოპულაცია

ა) ინდივიდთა ერთობლიობა, რომლებიც ადვილად უჯვარდებიან ერთმანეთს და გავრცელებულია გარკვეულ არეალზე
ბ) გარკვეულ ტერიტორიაზე არსებულ იდივიდთა ტერიტორიაა, რომლებიც თავისუფლად უჯვარდებიან ერთმანეთს და მოცემული სახეობის სხვა ჯგუფებისაგან გარკვეულად იზოლირებულია
გ) რეპროდუქციულად იზოლირებული, ურთიერთშეჯვარების უნარიანი პოპულაციების ერთობლიობაა
დ) ა და გ პუნქტებში ჩამოყალიბებული თეზისები

15. რა იწვევს პოპულაციების წარმოქმნას

ა) მორფოლოგიური ცვლილებები
ბ) ფიზიოლოგიური ცვლილებები
გ) გენოტიპის ერთი რეაქციის ნორმის მეორეთი შეცვლა
დ) ცვალებადობის ფიზიკური პროცესი

16. როგორი სისტემაა პოპულაცია

ა) ღია სისტემაა
ბ) დახურული სისტემაა
გ) დისკტრეტული სისტემაა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

17. პოპულაციების ფორმირებასა და სტრუქტურაზე გავლენას ახდენს

ა) ინტენსივობა და მიზნობრივი გადარჩევა, გამრავლების უნარი
ბ) მიგრაცია, მუტაციური ცვალებადობის ხასიათი და ტემპი
გ) ინდივიდთა რიცხი და იზოლაციის სხვადასხვა სახე
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

18. გამრავლების წესის მიხედვით, როგორია პოლულაციების მიღების თავისებურება

ა) თვითდამამტვერიანებლებში უფრო სწარაფად და მეტი პოპულაცია მიიღება
ბ) ჯვარედინმტვერიებში უფრო სწრაფად და მეტი პოპულაცია მიიღება
გ) ორივე დამტვერვის დროს თანაბარი სიხშირე ახასიათებს პოპულაციას

დ) სამივე შემთხვევა შესაძლებელია

19. რა თვისებებით ხასიათდება თვითდამამტვერიანებელ მცენარეთა პოპულაცია

ა) უფრო სწრაფად ხდება პოპულაციის მიღება
ბ) პოპულაცია მალე თავისუფლდება ლეტალური, ნახევრადლეტალური და მავნე გენებისაგან
გ) ინახავს სიცოცხლისუნარიანობის და ნაყოფიერების გენებს
დ) ბ და გ პუნქტში ჩამოყალიბებული თეზისით

20. რაში მდგომარეობს ჰარდი-ვეინბერგის კანონი

ა) ჰეტეროზიგოტების სიხშირეს
ბ) ჰომოზიგოტების სიხშირეს
გ) ჰეტეროზიგოტების და ჰომოზიგოტების სიხშირის განაწილებას თავისუფალი შეჯვარებისას პოპულაციებში
დ) ჰეტეროზიგოტების და ჰომოზიგოტების სიხშირე განაწილდება თავისუფალი შეჯვარებისას პოპულაციებში ალგებრული ფორმულით ნიუტონის ბინომით $(P+q)^2$

21. ჰარდი-ვეინბერგის კანონის მისაღებად აუცილებელი პირობებია

ა) პოპულაციას უნდა ჰქონდეს განუსაზღვრელად დიდი რიცხოვნება და თავისუფლად უნდა შეეძლოს შეჯვარება
ბ) მოცემული წყვილის ინდივიდები იყვნენ ერთნაირად ნაყოფიერნი, სიხოცხლისუნარიანნი და გადარჩევის გავლენას არ უნდა განიცდიდნენ
გ) პირდაპირი და შებრუნებული მუტაციები უნდა მიმდინარეობდეს ერთნაირი სიხშირით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

22. რით ხასიათდება გადარჩევის სიჩქარე რაოდენობრივად

ა) ფენოტიპური ვარიანსით
ბ) გადარჩევის კოეფიციენტით
გ) მემკვიდრეობის კოეფიციენტით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილით

23. პოპულაციაში ნიშნის საერთო ცვალებადობას ახასიათებს

ა) ფენოტიპური ვარიანსა
ბ) გადარჩევის კოეფიციენტით
გ) მემკვიდრეობის კოეფიციენტით
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილით

24. რა ნაწილებისაგან შედგება გენოტიპური ვარიანსა

ა) ადიტიური ვარიანსა
ბ) დომინირების ვარიანსა
გ) ეპისტაზიის ვარიანსა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

25. რას ნიშნავს გენების დრეიფი ანუ გენეტიკურ-ავტომატური პროცესი

ა) გადარჩევის შედეგად გენების სიხშირის ცვლილება
ბ) ბუნებრივი ფაქტორების შედეგად გენების შეცვლა
გ) გენების სიხშირის შემთხვევითი მერყეობა
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

26. რა დამოკიდებულებაა ჰარდი-ვეინბერგის კანონსა და გენების დრეიფს შორის

ა) გენეტიკურ-ავტომატური პროცესი გამონაკლისია ჰარდი-ვეინბერგის კანონის
ბ) გენეტიკურ-ავტომატური პროცესი გაგრძელებაა ჰარდი-ვეინბერგის კანონის
ბ) გენეტიკურ-ავტომატური პროცესი ხელს უშლის ჰარდი-ვეინბერგის კანონის
ბ) ბ და გ პუნქტებში ჩამოყალიბებული თეზისი

27. პოპულაციებში იზოლაციის რა ფორმები არსებობს

ა) გეოგრაფიული
ბ) ბიოლოგიური
გ) ეკოლოგიური
დ) ყველა ხემოთ ჩამონათვალი

28. რა იწვევს გეოგრაფიულ იზოლაციას

ა) ზღვა, მდინარე, მთა, ქედი, უბანი
ბ) პოლიპლოიდია, ბირთვის და ქრომოსომის შეუთავსებლობა, დამტვერიანება
გ) ერთი და იგივე გეოგრაფიულ ოლქში სხვადასხვა ადგილის დაკავება
დ) ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

29. რა იწვევს ბიოლოგიურ იზოლაციას

ა) ზღვა, მდინარე, მთა, ქედი, უბანი
ბ) გენეტიკური ფაქტორები პოლიპლოიდია, ქრომოსომული გადახალისება, ბირთვის და ციტოპლაზმის შეუთავსებლობა

გ) ფიზიოლოგიური შეუთავსებლობა, დამტვერიანების დაუსრულებლობა და სასქესო ორგანოების აგებულების განსხვავება
დ) ბ და გ პუნქტებში ჩამონათვალი

30. რა არის გენეტიკური ანუ პოპულაციური ჰომეოსტაზი

ა) პოპულაციის უნარი მოახდინოს გენების შეცვლა და გენეტიკური შედგენილობის შენარჩუნება
ბ) პოპულაციის უნარი თვითრეგულირების შედეგად აღადგინოს ევოლუციური ფაქტორების გავლენით დარღვეული გენების განსაზღვრული სიხშირე
გ) პოპულაციის უნარი ჰომოზიგოტურ მდგომარეობაში მოახდინოს გენების შეცვლა დ) ყველა ზემოთ ჩამონათვალი

პ ა ს უ ხ ე ბ ი

I. გენეტიკის საგანი, ამოცანები და კვლევის მეთოდიკა

1. ბ 2. გ 3. გ 4. ბ 5. გ 6. დ 7. დ 8. დ 9. გ 10. ბ 11. ბ 12. გ 13. გ 14. ა 15. გ 16. გ 17. დ 18. ა 19. ბ 20. დ 21. დ 22. ბ 23. დ 24. გ 25. დ 26. დ 27. გ 28. ა 29. ბ 30. გ 31. გ

II. გენეტიკის ციტოლოგიური საფუძვლები

1. დ 2. ბ 3. დ 4. დ 5. დ 6. დ 7. დ 8. ბ 9. დ 10. ბ 11. დ 12. დ 13. გ 14. ბ 15. ბ 16. გ 17. გ 18. დ 19.19.გ 20.გ 21. დ 22. გ 23. გ 24. დ 25. გ 26. დ 27. დ 28. გ 29. დ 30. გ 31. გ 32. დ 33. ა 34. დ 35. დ 36. დ 37. დ 38. დ 39. დ 40. ბ 41. გ 42. დ 43. დ 44. 45. დ 46. დ 47. დ 48. დ 49. ბ 50. ა 51. დ 52. ბ 53. გ 54. გ 55. გ 56. ბ 57. გ 58. დ 59. დ 60. ბ 61. ბ 62. ბ 63. ა 64. გ 64. დ 66. ბ 67. გ 68. დ 69. გ 70. ა 71. ბ 72. დ 73. დ 74. ა 75. გ 76. გ 77. ბ 78. ა 79. გ 80. დ 81. გ 82. გ 83. დ 84. დ 85. გ 86. ბ 87. გ 88. ა 89. ბ 90. დ 91. გ 92. დ 93. ბ 94. ა 95. ა 96. ბ 97. ბ 98. ბ 99. დ 100. დ 101. ა 102. ა 103. ბ 104. ბ

III მემკვიდრეობის კანონზომიერებანი შიდასახეობრივი ჰიბრიდიზაციის დროს

1. გ 2. გ 3. ბ 4. დ 5. ა 6. ბ 7. დ 8. გ 9. ა 10. ბ 11. გ 12. დ 13. ა 14. ბ 15. ბ 16. გ 17. ბ 18. გ 19. გ 20. გ 21. ბ 22. გ 23. გ 24. ბ 25. ა 26. ა 27. გ. 28. დ 29. ბ 30. ა 31. გ 32. ბ 33. ბ 34. ბ 35. გ 36. დ 37. ა 38. დ 39. დ 40. ბ 41. დ 42. დ 43. დ 44. გ 45. გ 46. დ 47. დ 48. გ 49. დ 50. ა 51. გ 52. დ 53. ბ 54. ა 55. ბ 56. გ 57. ბ 58. ბ 59. ბ 60. დ 61. ბ

IV მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორია

1. ბ 2. გ 3. ბ 4. გ 5. გ 6. ბ 7. დ 8. გ 9. ბ 10. ა 11. ბ 12. გ 13. დ 14. ბ 15. დ 16. გ 17. გ 18. ბ 19. გ 20. დ 21. გ 22. დ 23. გ 24. გ 25. ბ 26. ბ 27. ბ 28. ა 29. გ 30. გ 31. გ 32. ბ 33. დ 34. დ 35. ბ 36. დ 37. დ 38. ა 39. გ 40. გ 41. გ 42. დ 43. დ 44. დ 45. დ 46. ბ 47. ბ 48. ა 49. ბ 50. ბ 51. დ

V მემკვიდრეობის მოლეკულური საფუძვლები

1. დ 2. გ 3. დ 4. დ 5. დ 6. გ. 7. დ 8. გ 9. ბ 10. ა 11. გ 12. გ 13. ბ 14. გ 15. გ 16. დ 17. გ 18. დ 19. ა 20. ა 21. დ 22. ბ 23. ბ 24. ა 25. დ 26. დ 27. ა 28. გ 29. ბ 30. გ 31. დ 32. გ 33. ბ 34. დ 35. ბ 36. ა 37. ბ 38. ბ 39. ა 40. ა 41. ბ 42. გ 43. ა 44. ბ 45. დ 46. დ 47. ბ 48. ა 49. გ 50. ბ 51. დ 52. გ 53. გ 54. ბ 55. გ 56. ა 57. ბ 58. ბ 59. დ 60. გ 61. დ 62. ბ 63. გ 64. გ 65. გ 66. დ 67. ბ 68. გ 69. დ

VI ორგანიზმების ცვალებადობა

1. ა 2. გ 3. დ 4. ბ 5. გ 6. გ 7. დ 8. გ 9. დ 10. ა 11. დ 12. ბ 13. დ 14. დ 15. ბ 16. ა 17. გ 18. დ 19. დ 20. დ 21. დ 22. ბ 23. გ 24. გ 25. გ 26. დ 27. გ 28. გ 29. დ 30. ბ 31. გ 32. ა 33. ა 34. დ 35. გ 36. დ 37. დ 38. დ 39. დ 40. გ
9. ვინ უწოდა მემკვიდრეობის ნახტომისებრ ცვალებადობას მუტაციის სახელწოდება

VII პოლიპლოიდია და ქრომოსომების რიცხვის სხვა ცვლილებები

1. გ 2. გ 3. ბ 4. გ 5. გ 6. ა 7. ა 8. დ 9. დ 10. დ 11. დ 12. ა 13. ბ 14. ბ 15. დ 16. ბ 17. დ 18. ა 19. გ 20. ბ 21. ა 22. ბ 23. ბ 24. დ 25. დ 26. ბ 27. ბ 28. ბ 29. დ 30. დ 31. ბ 32. გ 33. ბ 34. ა 35. ბ 36. გ 37. ა 38. ბ 39. ბ 40. დ 41. ბ 42. დ 43. დ <u>44. ბ</u> 45. დ 46. დ 47. დ

VIII შორეული ჰიბრიდიზაცია

1. გ 2. ა 3. დ 4. დ 5. დ 6. დ 7. დ 8. დ 9. დ 10. დ 11. დ. 12. დ 13. დ 14. დ 15. ბ 16. გ 17. დ 18. დ 19. ბ 20. ბ 21. ა 22. გ 23. გ 24. დ 25. დ

IX ინბრიდინგი და ჰეტეროზისი

1. ბ 2. ა 3. დ 4. ბ 5. დ 6. დ 7. ბ 8. დ 9. დ 10. ბ 11. დ 12. გ 13. ა 14. გ 15. ბ 16. ა 17. გ 18. ა 19. ბ 20. ა 21. დ 22. ა 23. დ 24. ბ 25. ბ

X გენეტიკური პროცესები პოპულაციებში და ინდივიდუალური განვითარების გენეტიკური საფუძვლები

1. ა 2.გ 3. ა 4. ბ 5. გ 6. დ 7. ბ 8. დ 9. ბ 10. ბ 11. გ 12. გ 13. ბ 14. ბ 15. გ 16. ა 17. დ 18. ბ 19. დ 20. დ 21. დ 22. ბ 23. ა 24. დ 25. გ 26. ა 27. დ 28. ა 29. დ 30. ბ

ლ ი ტ ე რ ა ტ უ რ ა

1. გ. გულიაევი-გენეტიკა; თბილისი 1989წ.
2. პ. ნასყიდაშვილი, ც. სამადაშვილი –გენეტიკა, მეთოდური დამუშავება და ამოცანები უმანქანოდ პროგრამირებული სწავლებისათვის. თბილისი 1984
3. გენეტიკა-მეთოდური დამუშავება დისციპლინის შესაწავლად აგრონომიული სპეციალობის სტუდენტებისათვის. თბილისი, 1985
4. გენეტიკა-მეთოდური დამუშავება და ამოცანები დაპროგრამებული სწავლებისათვის აგრონომიული სპეციალობის სტუდენტებისათვის. თბილისი, 1991
5. ათარბეგოვა და უსტინოვა- გენეტიკა ციტოლოგია, თბილისი 1982
6. პ. ნასყიდაშვილი და სხ.-კულტურულ მცენარეთა სელექცია, მეთესლეობა და თესლმცოდნეობა. თბილისი 2002
7. З. Абрамова, О. Карлинский _Руководство к практическим занятям по генетике, М. ,,Колос” , 1980
8. С. Гершензон-Основы современной генетики. Кнев, Ноукова думка, 1983
9. М. Лобашев-Генетика, Л ЛГУб,1971
10. Гю Гуляев, Вю Малченко_Словарь терминов по генетике, цитологии, селекции, семеноводству и семеноведению. М . ,,Россельхозиздат ,” 1983
11.П. Наскидашвили- Межвидовая гибридизация пшеницы, Москва, 1984
12. Н. Дубинин- Общая генетика, М . ,,Наука”, 1976

ს ა რ ჩ ე ვ ი

1. შესავალი;

 თავი I (პროფ. ც. სამადაშვილი)

2. გენეტიკის საგანი, ამოცანები და კვლევის მეთოდები;
3. გენეტიკის განვითარების ძირითადი ეტაპები;
4. გენეტიკა, როგორც სელექცია-მეთესლეობის თეორიული საფუძველი;
5. გენეტიკის მნიშვნელობა პრაქტიკისათვის;

თავი II (პროფ. პ. ნასყიდაშვილი, პროფ. ც. სამადაშვილი)

მემკვიდრეობის ციტოლოგიური საფუძვლები და განვითარება
გამრავლების ტიპები

6. ორგანიზმის უჯრედული აგებულება;
7. მცენარეული უჯრედის აგებულება;
8.უჯრედის ფორმა და სიდიდე;
9. უჯრედის ცალკეული სტრუქტურის როლი;
10. ციტოპლაზმა;
11. ბირთვი;
12. ქრომოსომები, მათი მორფოლოგია და სტრუქტურა;
13. მიტოზი;
14. ამიტოზი;
15. ენდომიტოზი;
16. მეიოზი;
17. გამრავლების ტიპები;
18. მცენარეთა თაობების მორიგეობა;
19. მიკროსპოროგენეზი და მამრობითი გამეტოფიტის განვითარება;
20 მეგასპოროგენეზი და მდედრობითი გამეტოფიტის განვითარება;
21. განაყოფიერება;

თავი III (პროფ. ც. სამადაშვილი)

მემკვიდრული კანონზომიერებანი შიდასახეობრივი
შეჯვარების დროს

22. გენეტიკური ანალიზის მეთოდი;
23. მონოჰიბრიდული შეჯვარება;
24. რეციპროკნული, მაანალიზირებელი და აღმავალი შეჯვარება;
25. დიჰიბრიდული შეჯვარება;
26. ტრიჰიბრიდული და პოლიჰიბრიდული შეჯვარება;
28. გენთა ურთიერთქმედება;
29. გენთა კომპლემენტარული ურთიერთქმედება;
30. ეპისტაზის მოვლენა;

31. პოლიმერია;

თავი IV (პროფ. ც. სამადაშვილი)

მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორია

32. სქესის განსაზღვრის ქრომოსომული თეორია;
33. სქესის ბალანსური თეორია;
34. სქესის ხელოვნური ცვლილებები;
35. სქესთან შეჭიდული მემკვიდრეობა;
36. შეჭიდულობა. ქრომოსომების გადაჯვარედინება და გენების რეკომბინცია;
37 ციტოპლაზმური მემკვიდრეობა;
38. ციტოპლაზმური მამრობითი სტერილურობის პრაქტიკული;
გამოყენება ჰიბრიდული თესლის მისაღებად;

თავი V (პროფ. ც. სამადაშვილი)

მემკვიდრეობის მოლეკულური საფუძვლები

39. დნმ-მემკვიდრეობის მატერიალური მატარებელი;
40. ნუკლეინლჟავების სტრუქტურა და ფუნქცია;
41. დნმ-ს მატრიცაზე რნმ სინთეზი;
42. გენეტიკური კოდი;
43. ცილის სინთეზირება;
44. გენის სტრუქტურა და ფუნქცია;
45. გენის თანამედროვე გაგება და გენეტიკური ინჟინერია;

თავი VI (პროფ. ც. სამადაშვილი)

ორგანიზმების ცვალებადობა

46. მოდიფიკაციური ცვალებადობა;
47. გენეტიკური ცვალებადობა;
48. ბუნებრივი მუტაგენები;
49.ხელოვნური მუტაგენები;
50. მუტაციების ძირითადი ტიპები და მათი კალსიფიკაციის პრინციპები;
51. ჰომოლოგიური მწკრივები;
52. მუტაციების მიღების წესები;
53. ექსპერიმენტული მუტაგენების გამოყენება მცენარეთა სელექციაში;

თავი VII (პროფ. ც. სამადაშვილი)

პოლიპლოიდია და ქრომოსომების რიცხვის სხვა ცვლილებები

54. პოლიპლოიდიის ტიპები და პოლიპლოიდების კლასიფიკაცია;

თავი VIII (დოც. მ. ნასყიდაშვილი)
შორეული პოლიპლოიდია

55. სახეობების შეუჯვარებლობა, მისი მიზეზები და დაძლევის მეთოდები;
56. შორეული ჰიბრიდების უნაყოფაობა, მისი მიზეზები და დაძლევის ხერხები;
57. შორეულ ჰიბრიდებში ფორმათა წარმოქმნის თავისებურებანი და მათი გამოყენება მცენარეთა სელექციაში;

თავი IX (პროფ. ც. სამადაშვილი)

ინბრიდინგი და ჰეტეროზისი

58. ჰეტეროზისი და მისი დამაგრების გზები;
59. ჰეტეროზისის ტიპები;
60. ჰეტეროზისის დამაგრების პრობლემა;

თავი X
ორგანიზმთა ინდივიდუალური განვითარება და გენეტიკური პროცესები პოპულაციაში (დოც. რ. ძიძიშვილი)

61. ონთოგენეზი;
62. პოპულაციების გენეტიკა.