

გიორგი კვესიტაძე
თეო ურუშაძე
იზოლდა ხოხაშვილი
ნინო ინასარიძე

ბიოტექნოლოგია და აგროეკოსისტემები

თბილისი
2013

წიგნი წარმოადგენს დამხმარე სახელმძღვანელოს ზუსტი და საბუნებისმეტყველო, სიცოცხლის შემსწავლელი, აგრარული, გამოყენებითი და ტექნიკური მეცნიერებების რიგი სპეციალობების ბაკალავრიატის და მაგისტრატურის სტუდენტებისათვის, ასევე ბიოტექნოლოგიითა და აგროეკოლოგიით დაინტერესებულ პირთათვის.

სამაგისტრო პროგრამა "გამოყენებითი ბიომეცნიერებები"

ტემპუსის პროექტი JEP-159340
www.biosciences-tempus.org

ავტორები: გიორგი კვესიტაძე, თეო ურუშაძე,
იზოლდა ხოხაშვილი, ნინო ინასარიძე

რედაქტორი: დალი ლაღანიძე
კორექტორი: მარინე ვარამაშვილი



პროექტი განხორციელდა ევროკომისიის ფინანსური მხარდაჭერით. პუბლიკაციის შინაარსზე პასუხს აგებენ მისი ავტორები და ის არ გამოხატავს ევროკომისიის მოსაზრებას

©2013. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ISBN 978-9941-0-5811-0

სარჩევი

შესავალი.....	5
თავი I ბიოტექნოლოგიის საგანი თანამედროვე აგრობიოლოგიის ძირითადი ბიოტექნოლოგიური მიმართულებები.....	6
თავი II ბიოტექნოლოგიის ძირითადი ინსტრუმენტები	
2.1. მიკროორგანიზმები.....	9
2.2. მცენარეული უჯრედები.....	11
2.3. ცხოველური ორგანიზმები.....	13
2.4. დნმ, გენეტიკური აპარატის ძირითადი საფუძველი.....	14
თავი III აგროეკოლოგიის თეორიული საფუძვლები	
3.1. აგროეკოლოგიის საგანი და ამოცანები.....	16
3.2. აგროცენოზი.....	17
3.3. აგროლანდშაფტი.....	21
3.4. აგროეკოსისტემა და მისი განახლებადი რესურსები.....	22
3.5. აგროეკოსისტემების მდგარდობა	24
3.6. კულტურული მცენარეების წარმოშობა.....	25
თავი IV სამრეწველო დანიშნულების ფერმენტები.	
4.1. ფერმენტების აღნაგობა და კლასიფიკაცია.....	28
4.2. ფერმენტული რეაქციების კინეტიკა.....	29
4.3. ფერმენტული რეაქციების ინჰიბირება.....	32
4.4. იზოფერმენტები.....	34
4.5. მულტიფერმენტული ცილები.....	34
4.6. მიკრობული, მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის სამრეწველო დანიშნულების ფერმენტები.....	35
თავი V აგროსისტემების განახლებადი რესურსები	
5.1. აგროსისტემების ბიოტექნოლოგიური სუბსტრატების კლასიფიკაცია.....	41
5.1.1. განახლებადი ბიომასა.....	42
5.1.2. ნარჩენები-ბიოტექნოლოგიის სუბსტრატები.....	49
5.1.3. ტოქსიკური ნაერთები.....	52
5.2. ორგანული მასის (მათ შორის აგროსამრეწველო ნარჩენების) ენერგომატარებლად კონვერსიის გზები.....	53

თავი VI აგროეკოსისტემების ფუნქციონირება ტექნოგენზის პირობებში	
6.1. ტექნოგენზი და გარემოს გაჭუჭყიანება.....	59
6.2. ნიადაგების ეროზია და მისგან დაცვა.....	64
6.2.1. ეროზირებული ნიადაგების კლასიფიკაცია.....	67
6.2.2. წყლისმიერი ეროზიისგან ნიადაგის დაცვის ღონისძიებები.....	68
6.2.3. ნიადაგის ქარისმიერი დაცვის ღონისძიებები.....	73
6.2.4. ნიადაგის ირიგაციული დაცვის ღონისძიებანი.....	75
6.3. პესტიციდები და ნიადაგების დაცვა.....	77
6.4. რადიონუკლიდები და აგროეკოსისტემები, გაჭუჭყიანება მძიმე მეტალებით.....	81
თავი VII ალტერნატიული მიწათმოქმედების განვითარება.....	89
თავი VIII გარემოზე სასოფლო სამეურნეო ნარჩენების უარყოფითი ზეგავლენა მისი შემცირების ზოგიერთი ღონისძიება.....	92
თავი IX საქართველოს ძირითადი აგროეკოსისტემები და რისკ-ფაქტორები.....	96
თავი X აგროეკოსისტემებში ნიადაგების ნაყოფიერების მენეჯმენტი.	104
თავი XI აგროეკოლოგიური მონიტორინგი.....	107
თავი XII აგრო-ტყის ეკოსისტემების მდგრადი განვითარება.....	112
თავი XIII გენმოდირიგირებული ორგანიზმები, თანამედროვე ბიოტექნოლოგიები.....	115
13.1. გენური ინჟინერია; გენის კლონირება.....	115
13.2. გენეტიკურად მოდიფიცირებული მცენარეები.....	120
13.2.1. ტრანსგენური მცენარეების მიღების მეთოდები; გენის კლონირება მცენარეებში.....	123
13.2.2. ტრანსგენული მცენარეები ფიტორემედიაციისთვის.....	130
13.2.3. ტრანსგენული მცენარეები და ეკოლოგია.....	134
13.2.4. ტრანსგენული მცენარეების კომერციალიზაცია.....	136
13.3. გენმოდირიგირებული ცხოველური ორგანიზმები.....	140
13.4. ჰორმონებისა და ვაქცინების წარმოება გენმოდირიგირებული ორგანიზმების მიერ.....	147
13.5. გენმოდირიგირებული მიკროორგანიზმები.....	150
13.5.1. გენმოდირიგირებული მიკროორგანიზმების მრავალფეროვნება.....	150
13.5.2. აზოტის ფიქსაციის პროცესში მონაწილე მიკროორგანიზმების გენეტიკური მოდიფიცირება; თავისუფლად მცხოვრები აზოტფიქსატორები.....	156
ლიტერატურა.....	159
სურათები.....	163

შესავალი

XXI საუკუნის დასაწყისში ჩვენი პლანეტის მოსახლეობამ ექვს მილიარდს მიაღწია. ასეთი რაოდენობით ადამიანების გამოკვებას დიდი ძალისხმევა სჭირდება. მიუხედავად განვითარებული ქვეყნების მოსახლეობის კეთილდღეობისა, კაცობრიობის თითქმის ერთი მესამედი ისეთი საკვები კომპონენტების მწვავე უკმარისობას განიცდის, როგორიცაა: ცხიმები, ცილები, ნახშირწყლები, ვიტამინები, ფუნქციური ინგრედიენტები და ა.შ. არსებული პროგნოზების თანახმად, 2050 წლისთვის პლანეტის მოსახლეობა 10 მილიარდს მიაღწევს. მასიური ურბანიზაციისა და სათესი ფართობების შემცირების ფონზე, კაცობრიობის საკვებით უზრუნველყოფის პრობლემა ვერ გადაწყდება სოფლის მეურნეობაში მხოლოდ ტრადიციულად გამოყენებული სელექციის კლასიკური მეთოდებით.

თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის ცნების ქვეშ მოიაზრება ცოცხალი ორგანიზმებით (მცენარეული, ცხოველური, მიკროორგანიზმები), ცალკეული უჯრედული სტრუქტურებით ან უჯრედული ნაერთებით მანიპულირება საჭირო პროდუქტების შექმნისა და სასურველი გარდაქმნების განხორციელებისათვის. ამდენად, თანამედროვე ბიოტექნოლოგია წარმოადგენს ბიოლოგიურ, ქიმიურ და საინჟინრო მიდგომებზე დაფუძნებულ დისციპლინათშორის სამეცნიერო მიმართულებას, რომელიც გენმოდირიცირებული ორგანიზმების გამოყენებას ეყრდნობა. თანამედროვე აგრობიოტექნოლოგიის ძირითადი ამოცანაა: სოფლის მეურნეობის ყველა დარგში პროდუქტიულობის ზრდა, სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესება, სხვადასხვა დაავადების მიმართ გამძლე და შენახვის გახანგრძლივებული ვადის მქონე პროდუქციის წარმოება.

ამრიგად, თანამედროვე ბიოტექნოლოგია წარმოადგენს რამდენიმე მეცნიერებისა და რიგი სამეცნიერო მიმართულების სინთეზს, ფლობს უნიკალურ პოტენციალს ისეთი ტექნოლოგიების სამრეწველო რეალიზაციისათვის, რომლებიც ჯერ კიდევ გუშინ ფანტასტიკურად და აბსოლუტურად მიუღწევლად იყო მიჩნეული. ბიოტექნოლოგია წარმოადგენს აზროვნების ახალ დონეს. ის დღეისათვის მოიცავს ადამიანთა საზოგადოების საქმიანობის სხვადასხვა სფეროს და ნებისმიერი სახელმწიფოს ეკონომიკური განვითარების მნიშვნელოვან ფაქტორად არის აღიარებული.

თავი I

ბიოტექნოლოგიის საგანი. თანამედროვე აგრობიოლოგიის პირითადი ბიოტექნოლოგიური მიმართულებები

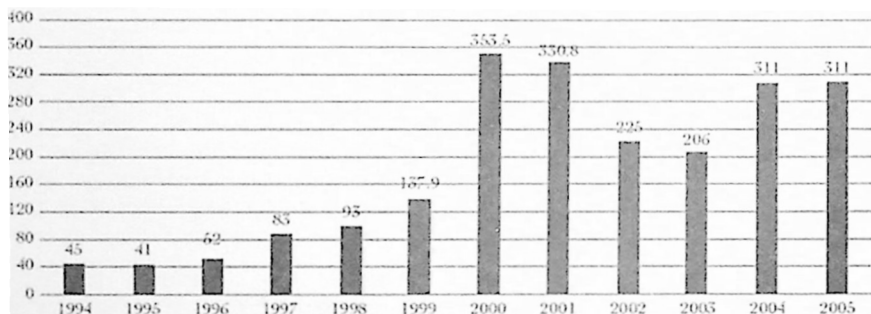
ბიოტექნოლოგიურ პროცესებს ადამიანი იყენებდა მრავალი ათასწლეული წლის განმავლობაში. ჯერ კიდევ 6-8 ათასი წლის წინათ დაიწყო დუღილის პროცესის გამოყენება პურის, ღვინის, ლუდის წარმოებაში. ტრადიციული ბიოტექნოლოგიის თვალსაჩინო მაგალითს წარმოადგენს ასევე სასოფლო-სამეურნეო მცენარეთა და, განსაკუთრებით, მარცვლოვან კულტურათა სელექციის კლასიკური მეთოდები, რომლებიც ასწლეულობით ვითარდებოდა და გამოიყენებოდა. სოფლის მეურნეობის განვითარების ისტორია ორ მნიშვნელოვან ეტაპად შეიძლება დაიყოს: პირველ რიგში, ეს არის ტრადიციული სოფლის მეურნეობა, დღესაც წარმატებით გამოყენებული კლასიკური სელექციური ტექნოლოგიებით, და მეორე - ახალი მიმართულება სოფლის მეურნეობაში, რომელიც XX საუკუნის მეორე ნახევარში წარმოიშვა და ემყარება გენმოდირივიცირებული ორგანიზმების გამოყენებას. მიუხედავად გარკვეული პრობლემებისა, რომლებსაც ცალკეულ ქვეყნებში ჰქონდა ადგილი, გენმოდირივიცირებული ორგანიზმების გამოყენება, უკვე მიღწეული მასშტაბების მიხედვით, შეიძლება იქნეს აღიარებული, როგორც თანამედროვე სოფლის მეურნეობის განვითარების მაგისტრალური მიმართულება.

1973 წელს ს. კოენისა და ჰ. ბოიერის (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11653582>) მიერ გენომის ნაწილის სხვა ორგანიზმის გენომში გადატანის შესაძლებლობის აღმოჩენა რევოლუციური მოვლენა იყო. სწორედ ამ აღმოჩენას უკავშირდება ახალი და უაღრესად მნიშვნელოვანი მეცნიერულ-ტექნიკური მიმართულებების ჩამოყალიბება. მიუხედავად ზოგიერთი საკითხისადმი მეცნიერთა ნაწილის უარყოფითი დამოკიდებულებისა და რიგ ექსპერიმენტებზე მორატორიუმისა, სწორედ ეს აღმოჩენა დაედო საფუძვლად ინტენსიურ კვლევებს „ახალი ბიოტექნოლოგიების“ დარგში. შეიქმნა მრავალი სხვადასხვა ტექნოლოგია, რომელთა გამოყენებითაც შესაძლებელია გენების გამოყოფა, შესწავლა და გადატანა. ბევრი მათგანი დღეს ფართოდ გამოიყენება ბიოტექნოლოგიურ პროცესებში. რეკომბინანტული დნმ-ის მექონე ორგანიზმების შექმნამ არა მხოლოდ ხელი შეუწყო თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის ჩამოყალიბებას, არამედ სტიმული მისცა მეცნიერების მომხიჯნავე დარგების განვითარებას, რომლებიც ორიენტირებულია ბიოქიმიკაზე და მიკრობიოლოგიაზე. ისტორიულად არსებულ მეთოდებთან - სელექციასა და მუტაგენეზთან შედარებით - რომლებსაც დღემდე არ დაუკარგავთ მნიშვნელობა, რეკომბინანტული დნმ-ის ახალ ტექნოლოგიებს რიგი უპირატესობანი გააჩნია, როგორცაა: მაღალეფექტურობა; მიზანმიმართული თვისებების მქონე ტრანსფორმანტების მიღების შესაძლებლობა; განხორციელების სისწრაფე და ა.შ.

მემკვიდრეობის ფუნქციური ერთეულების სხვა ორგანიზმებზე გადატანის შესაძლებლობა საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნეს მაღალნაყოფიერი და დაავადებების ამტანი სასოფლო-სამეურნეო მცენარეები და ცხოველები, მიკროორგანიზმების სუპერპროდუქტიული ფორმები და ა.შ. შთამბეჭდავია „ახალი ბიოტექნოლოგიის“ მიღწევები მემკენარეობაში. სამოცდაათიანი წლების დასასრულიდან სწორედ გენმოდირეცირებული მცენარეების მიღებით დაიწყო ტრადიციული მარცვლოვანი კულტურების მოსავლიანობის ამაღლებასთან დაკავშირებული „მწვანე რევოლუცია“, რომელიც დღესაც გრძელდება. დიდი წარმატებებია მიღწეული მაღალპროდუქტიული და სხვადასხვა დაავადების მიმართ მდგრადი ჯიშების შექმნის დარგში. ჩამონათვალადან პრაქტიკულად ნებისმიერი პუნქტის რეალიზაციას კოლოსალური მნიშვნელობა აქვს. ინტენსიური მიწათმოქმედების ფონზე უკიდურესად სერიოზულ პრობლემად იქცა პესტიციდების წარმოება და გამოყენება, რომელთა რაოდენობაც წელიწადში ათობით მილიონი ტონით იზრდება. გარემოს დაცვის სააგენტოსა და ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (ჯმო) მონაცემებით, პესტიციდებს ქიმიურ ნაერთთა 1000-ზე მეტი სახის წარმომადგენელი ეკუთვნის. პესტიციდების ასეთმა მრავალფეროვნებამ, მათმა ტოქსიკურობამ და აგრეთვე გადაჭარბებული დოზებით მათმა გამოყენებამ გამოიწვია ის, რომ დღეისათვის პესტიციდებით დაბინძურებულია სოფლის მეურნეობის პლანტაციების ნიადაგები, გრუნტის წყლები, წყალსატევები და ა.შ. პესტიციდების მოლეკულების ტოქსიკური ნაწილები, რომლებიც მათი მოქმედების საფუძველს წარმოადგენენ, ხშირად ხვდება კვებით ჯაჭვში და სხვადასხვა დაავადებას იწვევს. ყოველივე ეს პრობლემათა მხოლოდ ის ნაწილია, რომელიც სოფლის მეურნეობის წინაშე გენმოდირეცირებული ორგანიზმების გამოყენებამდე არსებობდა.

კვების სპეციალისტები ტრადიციულად სვამენ კითხვას ადამიანისათვის გენმოდირეცირებული პროდუქტების უსაფრთხოების თაობაზე. ერთ-ერთ პასუხად შეიძლება ჩაითვალოს აშშ-ის მაგალითი, სადაც სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების 80%-ზე მეტი გენმოდირეცირებულ მცენარეებს უჭირავთ. დღეისათვის მსოფლიო პრაქტიკაში გამოყენებული ტესტები, რომლითაც განისაზღვრება გენმოდირეცირებული ორგანიზმების უსაფრთხოება, საკმარისად სანდოა. მიუხედავად ამისა, ნაადრევია მტკიცება, რომ გენმოდირეცირებული ორგანიზმებით წარმოებული პროდუქტები აბსოლუტურად უსაფრთხოა როგორც ადამიანების, ასევე ცხოველების საკვებად. ფრანგი მეცნიერის, ლ. პასტერის მიერ მიკროორგანიზმების აღმოჩენამ, საფუვრების მიერ ორგანულ ნაერთთა დადუღებისა და მრავალი სხვა გარდაქმნის უნარის დადგენამ საფუძველი ჩაუყარა ბიოტექნოლოგიურ მრეწველობას, ხოლო, იაპონელი ქიმიკოსის - ტაკამინეს მიერ, ჯერ კიდევ 1894 წელს დაპატენტებული ფერმენტ α-ამილაზას გამოყენება კვების მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობაში, უკვე კლასიკური ბიოტექნოლოგიის ნიმუშს წარმოადგენს.

თანამედროვე საზოგადოების წინაშე მდგარ პრობლემათა შორის ერთ-ერთი უმთავრესია **ეკოლოგიური პრობლემები**. წყალი, ნიადაგი, ჰაერი - გარემოს ამ სამი ნიშის სისუფთავე ახალ ათასწლეულში მკიდროდ იქნება დაკავშირებული ჩვენი პლანეტის თითოეული მცხოვრების ინტერესებთან და თვით ადამიანთა საზოგადოების არსებობის ხანგრძლივობასაც კი განაპირობებს. ტექნოგენური პროცესების არაპროგნოზირებადი, ინტენსიური დანერგვის შედეგად გარემოს გამაჟუჭყიანებელი წყაროების მომრავლებამ გამოიწვია პლანეტის ოზონის შრის შემცირება, რაც ყველა ცოცხალ ორგანიზმს შეუქცევადი ცვლილებებით ემუქრება. ის ფაქტი, რომ ხმელეთის 45% ჯერ კიდევ მცენარეულ საფარს უჭირავს, მიუთითებს მცენარეთა და რიზოსფერულ მიკროორგანიზმთა სერიოზულ რემედიაციულ პოტენციალზე, რაც, ხშირ შემთხვევაში ეფუძნება ჯერ კიდევ არსებულ სიმბიოზურ შესაძლებლობებს. ტოქსიკურ ნაერთთა ასიმილაციის ბიოქიმი და მიკრობიოლოგია კი იმედს იძლევა, რომ მიკროორგანიზმებისა და მცენარეთა მეტაბოლური პოტენციალის რაციონალურად გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია ჩვენი პლანეტის ეკოლოგიური პოტენციალის მნიშვნელოვანი ამაღლება.



სურ. 1.1. ბიოტექნოლოგიური მრეწველობის საბაზრო კომერციალიზაციის ზრდის დინამიკა 1994-2005 წლებში

ბიოტექნოლოგიის ერთ-ერთი უახლესი მიმართულება, რომელიც ბოლო წლებში სამეცნიერო საზოგადოების ფართო წრეების ინტერესს იწვევს, ნანობიოტექნოლოგიაა. ნანოტექნოლოგიას განსაზღვრავენ, როგორც მცენიერებას, რომელიც მიმართულია ისეთი მასალების და სისტემების შექმნაზე, რომლებსაც გააჩნია კონკრეტული ფუნქციები და შედეგა ნანოზომების მქონე ელემენტებისგან. ნანობიოტექნოლოგია თავისი არსით წარმოადგენს სფეროს, რომელშიც ნანოტექნოლოგიები კავშირშია ბიოლოგიის, სოფლის მეურნეობისა და მედიცინის სხვადასხვა დარგთან. ნანოტექნოლოგია, ისევე როგორც ბიოტექნოლოგია, არის დისციპლინათშორისი დარგი, რომელიც ეყრდნობა სხვა მეცნიერებათა მიდგომებს და მოწოდებულია გამოიყენოს ნანოზომების მასალა (1-100 ნანომეტრი) ისეთი სისტემების შემუშავებისთვის, სადაც აქტიურად ვლინდება ნანოეფექტები.

თავი II

ბიოტექნოლოგიის ძირითადი ინსტრუმენტები. მოლეკულები: დნმ (გენები), ფერმენტები

ბიოტექნოლოგიის თანამედროვე პროცესებისთვის აუცილებელია ფუნქციონირებადი ცოცხალი სისტემებისა და მათი შემადგენელი ცალკეული კომპონენტების არსებობა, რომელთაც შესწევთ უნარი დამოუკიდებლად განახორციელონ ერთი ბიოლოგიური ოპერაცია ან მზა პროდუქტის მიღების მთელი საწარმოო ციკლი.

მოქმედი აგენტის ბუნებიდან გამომდინარე, ბიოტექნოლოგია, როგორც დარგი, შეიძლება დაიყოს ოთხ ძირითად ნაწილად:

- * მიკრობული უჯრედის გარდაქმნის უსწარით განპირობებული ბიოტექნოლოგიები

მცენარეების ბიოლოგიურ და ქიმიურ შესაძლებლობებზე დაფუძნებული ბიოტექნოლოგიები

ზოობიოტექნოლოგიები, ანუ ცხოველური ორგანიზმების პოტენციალის რეალიზაციის თანამედროვე საშუალებანი

ფერმენტული კატალიზი, როგორც მიკრო- და მაკრორეაქციების განხორციელების ოპტიმალური პრაქტიკული საშუალება

2.1. მიკროორგანიზმები

ცოცხალი სისტემებიდან უპირველეს ყოვლისა უნდა დავასახელოთ მიკროორგანიზმები, რომელთა მეტაბოლური პოტენციალის საფუძველზე შეიქმნა და მრეწველობაში დაინერგა: აზოტშემცველი ნაერთების, ორგანული მჟავების, ვიტამინების, ფერმენტების, პოლისაქარიდების და სხვ. მსხვილმასშტაბიანი ბიოტექნოლოგიური წარმოების უმრავლესობა.

თანამედროვე ბიოტექნოლოგიების სამრეწველო პროცესებში გამოიყენება ფართო სპექტრი მიკროორგანიზმებისა, რომლებიც სხვადასხვა ტაქსონომიურ ჯგუფს მიეკუთვნება. უძველეს დროში გამოყენებული მიკროორგანიზმებიდან ერთ-ერთი პირველთაგანი იყო საფუვრები, რომლებიც წარმართავდნენ სპირტულ დუღილს და რემეძავური ბაქტერიები, რომელთა ცხოველმოქმედების შედეგად რძიდან სხვადასხვა პროდუქტი მიიღებოდა. „მიკრობიოლოგიამდელ“ ეპოქაში იყენებდნენ სპონტანურად წარმოქმნილ „შემდეგებლებს“, რომლებიც თაობიდან თაობას გადაეცემოდა. „პასტერის შემდგომ“ პერიოდში ტექნოლოგიური პროცესები უპირატესად ბუნებრივი წყაროებიდან გამოყოფილი „სუფთა“ კულტურებით წარიმართებოდა.

როგორც წესი, მიკროორგანიზმების ველური კულტურების მიერ განხორციელებულ ტექნოლოგიებში საბოლოო პროდუქტის გამოსავალი დაბალია, რაც ტექნოლოგიას ეკონომიკურად არარენტაბელურს ხდის. მოლეკულური ბიოლოგიისა და გენეტიკის მიღწევების საფუძველზე შემუშავდა მიკროორგანიზმების ეკონომიკური რენტაბელობის პრობლემის გადაწყვეტის გზები. გენურ-ინჟინრული მანიპულაციების წარმატებით განხორციელებისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია გენის ორგანიზმ-რეციპიენტის უჯრედის ტიპი. ბუნებაში ყველა უჯრედი ძირითადად პროკარიოტებად და ეუკარიოტებად იყოფა. უმაღლესი პროტისტები ეუკარიოტები მორფოლოგიურად რთულ ფორმებს შეადგენენ და უჯრედული ფორმით ემსგავსებიან ცხოველურ და მცენარეულ უჯრედებს, უმაღლესი პროტისტები თავისი მარტივი უჯრედული აგებულების გამო პროკარიოტებს მიეკუთვნებიან (სურ.2). იხ. გვ. 163 სურ.2.1.

ცხრილი 2.1.

სტრუქტურტულ-ორგანიზაციული განსხვავებები პროკარიოტებსა და ეუკარიოტებს შორის

პროკარიოტები	ეუკარიოტები
უჯრედული დნმ-ის გარშემო მემბრანის არსებობა	ბირთვული მემბრანის არსებობა
მიტოზის არარსებობა	მიტოზის არსებობა
მეიოზის არარსებობა	მეიოზის არსებობა
ჰისტონების არარსებობა(იშვიათი გამონაკლისის გარდა)	უმრავლესობა შეიცავს ჰისტონებს
მემბრანულ სისტემათა მცირე რიცხვი	მემბრანულ სისტემათა დიდი რიცხვი
არ შეიცავენ ტუბულინს	შეიცავენ ტუბულინს
არ შეიცავენ აკტინს	შეიცავენ აკტინს
არ შეიცავენ მიტოქონდრიებს	შეიცავენ მიტოქონდრიებს
არ შეიცავენ ქლოროპლასტებს	რიგ შემთხვევებში დადგენილია ქლოროპლასტების არსებობა
შეიცავენ 70S რიბოსომებს	შეიცავენ 80S რიბოსომებს

უმდაბლეს ეუკარიოტულ ორგანიზმებს მიეკუთვნებიან მიცელიალური სოკოები და საფუვრები. ამ ორგანიზმების ერთუჯრედიანი სახეობა საფუვრებია, ხოლო მრავალუჯრედიანი – სოკოები. ეუკარიოტების უჯრედები თავისი ზომებით მნიშვნელოვნად აღემატება პროკარიოტების უჯრედებს. მიცელიალური სოკოები და საფუვრები ფართოდ გამოიყენება რეკომბინენტულ დნმ ტექნოლოგიებში, როგორც მასპინძელი უჯრედები, რომლებშიც გენის (გენების) კლონირება ხორციელდება. საინტერესოა, რომ, ბაქტერიებისგან განსხვავებით, სოკოების უჯრედული კედლები არ შეიცავს პეპტიდოგლუკანს. სოკოების უჯრედული კედლები, ძირითადად, შედგება სხვადასხვა პოლისაქარიდისგან (გლუკანები, ქიტინი, ქიტოზანი). ეს ფაქტორი მნიშვნელოვნად განაპირობებს გენურ-ისჟინრული მანიპულაციების მეთოდოლოგიას. სოკოების გენები, როგორც სხვა ორგანიზმთა უმრავლესობაში, მჭიდროდ არის დაჯგუფებული ქრომოსომებად, რომელთა დაყოფა ელექტროფორეზითაა შესაძლებელი. ქრომოსომები ნებისმიერი ორგანიზმის გენეტიკური ინფორმაციის ძირითადი საცავია. სწორედ ქრომოსომების ზომები განაპირობებენ გენეტიკური ინფორმაციის მრავალგვარობას.

ტიპიური პროკარიოტებია ბაქტერიები და ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები. პროკარიოტების უპირატესობა მათ მცირე ზომებშია (0,2-დან რამდენიმე მიკრომეტრამდე). ამ ტიპის უჯრედებში ერთდროულად მუშაობს მრავალი უჯრედული „საამქრო“; ძალიან მნიშვნელოვანია მათი სწრაფი გამრავლების უნარი. პროკარიოტების გენმოდიფიცირებული უჯრედები ფართოდ გამოიყენება რიგ დარგებში. მაგ., მედიცინაში ინსულინის, ხარის სომატოტროპინისა და მრავალი სხვა მედიკამენტების სინთეზი სამრეწველო მასშტაბებით გენეტიკურად მოდიფიცირებული ბაქტერიებით ხორციელდება.

ამთავითვე უნდა აღინიშნოს, რომ ვირუსები არ განიხილება, როგორც უჯრედები, რადგანაც ისინი მოკლებული არიან დამოუკიდებლად გამრავლების უნარს და მრავლდებიან, მსგავსად პარაზიტებისა, მხოლოდ სხვა ორგანიზმებში.

2.2. მცენარეული უჯრედები

როგორც ბოლო 50 წლის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, დედამიწაზე წარმოებული საკვების მთლიანი რაოდენობა ამ პერიოდის განმავლობაში სამჯერ და მეტად გაიზარდა. მაგრამ, გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან მოყოლებული, სხვა კულტურების პროდუქტიულობის ზრდის ფონზე მარცვლეულის მოსავლიანობის ერთგვარი დაცემა აღინიშნება. მცენარეთა მოსავლიანობის ზრდის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ბერკეტი თავად მცენარეების გენეტიკური

მახასიათებლების გაუმჯობესება ახალი გენმოდირეცირებული ჯიშების გამოყვანაზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების გამოყენებით. სამეცნიერო კვლევების სიძვირის მიუხედავად, ეს ტექნოლოგიები დღეისათვის ყველაზე მოწინავე და ეკონომიკურად დასაბუთებულია. სამრეწველო და ტექნოლოგიური თვალსაზრისით, მიზნობრივი პროდუქტების სინთეზისათვის საკმაოდ მომგებიანი აღმოჩნდა მცენარეთა იზოლირებული ორგანოებისა და ქსოვილების გამოყენება (სურ.2.2 ; 2.3). იხ. გვ. 163 სურ.2.2.

ბიოტექნოლოგიურ პროცესებში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს კალუსურ ქსოვილს. კალუსური ქსოვილი არადიფერენცირებული უჯრედების გროვაა, რომელიც მცენარის დაზიანების ადგილას წარმოიქმნება, როგორც ჭრილობის დამხურავი ქსოვილი. კალუსური ქსოვილის მისაღებად მიმართავენ ასეთ მეთოდს: სტერილურ საკვებ არეზე ათავსებენ მცენარის ვეგეტატიური ორგანოების პატარა ნაჭრებს, გადაჭრის ადგილას წარმოიქმნება კალუსური ქსოვილი, რომლის მოცილებით და ახალ საკვებ არეზე გადათესვით ხდება მცენარის შესაბამისი ორგანოს იზოლირებული ქსოვილის წარმოქმნა. ასეთი ქსოვილი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მისაღებად ან მცენარის მიკროკლონური გამრავლებისათვის (http://www.biotechnology4u.com/plant_biotechnology_applications_cell_tissue_culture).

უკანასკნელი 10-15 წლის მანძილზე, მიზანდასახულად გაფართოებული გენეტიკური სპექტრის გამო, დიდ ინტერესს იწვევს მცენარეული და ცხოველური ქსოვილების კულტურები: ანტისხეულების, მეორადი მცენარეული მეტაბოლიტების, სტეროიდული ჰორმონების, ვიტამინებისა და ბიოლოგიურად აქტიური სხვა ნაერთების სამრეწველო მასშტაბით მისაღებად. განსაკუთრებით აღსანიშნავია სხვადასხვა ხარისხის სისუფთავის მქონე ფერმენტული პრეპარატები, როგორც პერსპექტიული და ხშირად რეაქციების შეუცვლელი კატალიზატორები სოფლის მეურნეობაში, მრეწველობასა და, განსაკუთრებით, მედიცინაში. მრეწველობაში გამოყენებული ფერმენტების მიღების წყარო ძირითადად მიკროორგანიზმებია.

რეკომბინანტული დნმ-ის მიღების ტექნოლოგიებში პირდაპირ ზემოქმედებას ექვემდებარება თავად მცენარის დნმ, რომელიც მდიდრდება ახალი გენით (გენებით). გენების კლონირებით მიიღწევა დაავადებებისადმი გამძლეობა, მოსავლიანობის ზრდა და უმჯობესდება მოსავლის ხარისხი. დიდი ხნის განმავლობაში მცენარეების გაუმჯობესება უსქესო გამრავლების სხვადასხვა მეთოდის აქტიური გამოყენებით ხდებოდა. 70-იანი წლებიდან მცენარეები ინტენსიურად ისწავლებოდა, როგორც მათში არსებული გენოფონდის

სხვადასხვა ორგანიზმიდან გამოყოფილი უცხო გენეტიკური მასალით (გენებით) პირდაპირი გამდიდრების ობიექტები. შედეგები შთამბეჭდავია. ვინაიდან ტრანსგენური მცენარეები მაღალმოსავლიანი და სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული ქიმიკატების და სხვადასხვა დაავადების მიმართ რეზისტენტულია, ისინი სულ უფრო ფართო გავრცელებას პოვენ ყველა კონტინენტზე და შესაბამისად უფრო მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ეკონომიკაში. იხ. გვ. 164 სურ.2.3.

2.3. ცხოველური ორგანიზმები

ცხოველების მიმართ სელექციის ბიოტექნოლოგიური პრინციპები ჯერ კიდევ ასწლეულების წინ გამოიყენებოდა. სელექციისა და შეჯვარების გზით ხდებოდა ახალი, საინტერესო ჯიშების გამოყვანა. დღეისათვის მეცნიერები საჭირო გენეტიკის მქონე კლონირებული ცხოველების გამოყვანის ზღურბლზე დგანან. ცხოველების საწარმოო კლონირება არის მშობლების აბსოლუტური გენეტიკური ასლების წარმოქმნის პროცესი. ცხოველური ორგანიზმები შეიცავენ ქრომოსომების ორ ანაკრებს, თითო თითოეული მშობლისგან (დიპლოიდური კომპლექტი). როცა ქრომოსომები იყოფა მეიოზის პერიოდში, ხდება სპერმატოზოიდისა და კვერცხუჯრედის წარმოქმნა. სპერმატოზოიდისა და კვერცხუჯრედის შეერთება შეესაბამება შეჯვარებას და ქრომოსომების ახალი ნაკრების წარმოქმნას. ამ წყვილთაგან ერთ-ერთი შეიცავს ინფორმაციას, რომელიც ცხოველის სქესს განსაზღვრავს (www.jstor.org/stable/1311694). ცხადია, როგორც კი დასრულდება სასოფლო-სამეურნეო ცხოველების გენების სეკვენირება და მოხდება მათი სათანადო ანალიზი, ანუ დადგინდება ქრომოსომებში გენების განთავსების ადგილი, შესაძლებლობები, რომლებიც არარეალურად გვეჩვენებოდა, სინამდვილედ იქცევა. მაგ., გამოყვანილი იქნება ცხოველთა ჯიშები, რომლებიც ერთი და იმავე ზომის იქნება მომწიფებულ ასაკში, ან ცხოველები, რომლებიც წარმოქმნიან ცხიმსა და კუნთებს იდეალური თანაფარდობით; შესაძლებელი იქნება ქოლესტერინის ნაკლები შემცველობის ხორცის მიღება, რძის შედგენილობის შეცვლა ცილებისა და ცხიმების თანაფარდობის შეცვლით და ა.შ.

2.4. დნმ, გენეტიკური აპარატის ძირითადი საფუძველი

გენეტიკური აპარატის ძირითად საფუძველს წარმოადგენს დნმ დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა. 1953 წელს ჯეიმს უოტსონისა და ფრენსის კრიკის მიერ გაკეთებულმა დნმ-ის კრისტალის რენტგენოსტრუქტურულმა ანალიზმა ცხადყო, რომ დნმ წარმოადგენს ორი პოლიმერული ჯაჭვისაგან შედგენილ სპირალს და თითოეული ჯაჭვი შედგება რამდენიმე ათასი დეზოქსირიბონუკლეოტიდისაგან, რომლებიც წარმოადგენენ დნმ-ის მონომერებს. ნუკლეოტიდი შედგება აზოტოვანი ფუძის, ხუთნახშირბადიანი შაქრისა (დეზოქსირიბოზა) და ფოსფატური ჯგუფისაგან. იხ. გვ. 165 სურ.2.5.

დნმ-ის მოლეკულის თითოეულ ჯაჭვში ნუკლეოტიდები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ფოსფოდიეთერული ბმებით, ხოლო ჯაჭვებში ერთმანეთის მოპირდაპირედ განლაგებულია კომპლემენტარული ნუკლეოტიდები, რომელთა შორის წარმოიქმნება წყალბადური ბმები, რაც საფუძვლად უდევს ორმაგი სპირალის წარმოქმნას. დნმ-ში ოთხი სახის აზოტოვანი ფუძე გვხვდება: ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და თიმინი.

ადენინის პირდაპირ ყოველთვის ხვდება თიმინი და მათ შორის წარმოიქმნება ორი წყალბადური ბმა, ხოლო გუანინის პირდაპირ ციტოზინი და მათ შორის წარმოიქმნება სამი წყალბადური ბმა. მამასადამე ადენინის კომპლემენტალური არის თიმინი, ხოლო გუანინისა ციტოზინი.

პროკარიოტულ ორგანიზმებში დნმ უშუალოდ ციტოპლაზმაში იმყოფება და წარმოდგენილია მხოლოდ ერთადერთი, საკმაოდ გრძელი ორჯაჭვიანი მოლეკულით.

ეუკარიოტული ორგანიზმების უჯრედებში გვხვდება საკმაოდ დიდი რაოდენობით დნმ-ის მოლეკულები, რომლებიც სიგრძით ბევრად აღემატება პროკარიოტების დნმ-ს. ისინი ცილებთან ერთად ქრომატინის სახით ბირთვში არიან მოთავსებული. დნმ-ის სიგრძე განისაზღვრება მასში შემავალი წყვილი ნუკლეოტიდების რაოდენობით.

უჯრედის გენომი მისი ძირითადი კომპონენტი დნმ-ისაგან შედგება. გენომის მეორე, კომპონენტია რიბონუკლეინის მჟავები, კერძოდ ინფორმაციული რნმ-ი, რომელიც ქიმიურად დნმ-ის ერთი ჯაჭვის კომპლემენტარულია, მცირეოდენი მოდიფიკაციებით. სწორედ ამ მოლეკულის საშუალებით ხდება დნმ-იდან, რომელიც პურინისა და პირიმიდინის 4 ფუძისაგან შედგება, ინფორმაციის გადატანა თვისობრივად და ხარისხობრივად სხვა სტრუქტურის მქონე ნაერთებზე, კერძოდ, ძირითადად 20 ამინომჟავისაგან შემდგარ მაკრომოლეკულებზე ცილებზე. სახეზეა ბიოქიმიური ლოგიკის

აშკარა გართულება და, კერძოდ, 4 - ასოიანი ენიდან 20 - ასოიან ენაზე გადასვლა. ბიოტექნოლოგიის თვალთახედვით დნმ, ეს ფუნქციურად უაღრესად მნიშვნელოვანი მაკრომოლეკულა, აკონტროლებს უჯრედის მეტაბოლიზმის არანაკლებ 99%. დიდ ყურადღებას იპყრობს დნმ-ის ინჟინერია და წერტილოვანი მუტაციები, როგორც ახალი გენმოდულირებული ორგანიზმების და სტაბილური ფერმენტების შექმნის ბიოლოგიური საშუალება. გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელი ელემენტები ცოცხალ ორგანიზმში უნდა აკმაყოფილებდეს ორ მნიშვნელოვან პირობას: თვითწარმოქმნა (რეპლიკაცია) მაღალი სიზუსტით; კოდირება იმ ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ნაერთებისა, რომლებიც საფუძვლად უდევს ცოცხალი ორგანიზმის ფუნქციონირებას.

უოტსონისა და კრიკის მიერ მოცემული დნმ-ის მოდელი სავესებით აკმაყოფილებს ამ მოთხოვნებს. სწორედ კომპლემენტარობის პრინციპი უდევს საფუძვლად რეპლიკაციას, სადაც მატრიცად გამოყენებული დნმ-ის ერთ-ერთ ჯაჭვზე კომპლემენტარობის საფუძველზე ხდება მეორე ჯაჭვის სინთეზი და თითოეული მათგანი შეიცავს ერთ შეუცვლელ მშობლიურ დნმ-ს. ყველა ორგანიზმში, როგორც პროკარიოტებში, ასევე ეუკარიოტებში დნმ-ის რეპლიკაცია ხდება ფერმენტების მეშვეობით, რომელთაგანაც ყველაზე მნიშვნელოვანია ფერმენტი დნმ-პოლიმერაზა. ფერმენტი კომპლემენტარობის პრინციპის საფუძველზე ახდენს ახალი პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სინთეზს, სადაც მატრიცად გამოყენებულია ძველი დნმ-ის ერთ-ერთი ჯაჭვი. უნდა აღინიშნოს, რომ პროკარიოტებში დნმ-ის რეპლიკაცია (დნმ-ის თვითწარმოქმნა, სინთეზი) ხდება ერთ განსაზღვრულ წერტილში, ხოლო ეუკარიოტებში რამდენიმე წერტილში ერთდროულად, ამ წერტილებს რეპლიკაციის საიტებს უწოდებენ.

თავი III.

აგროეკოლოგიის თეორიული საფუძვლები

3.1. აგროეკოლოგიის საგანი და ამოცანები

ადამიანის ცხოველმოქმედების შესაძლებლობის უზრუნველყოფა ხორციელდება ბუნების კანონების საფუძველზე და მათი შეცვლა ნებისმიერი საზოგადოებრივი თუ ტექნიკური სრულყოფით შეუძლებელია. ადამიანის არსებობა მჭიდროდ არის დაკავშირებული გარემოს გარკვეულ პირობებთან (ფაქტორებთან): ტემპერატურასთან, ტენიანობასთან, ჰაერის გაზისებრ შედგენილობასთან, წყლის ხარისხთან, საკვების შედგენილობასთან და სხვ. გარემოს ხარისხისადმი ცოცხალი ორგანიზმის მოთხოვნილება ყალიბდებოდა ევოლუციის მრავალი ათასწლეულის მანძილზე და საკმაოდ კონსერვატიულია. თავისთავად, გარემოს ხარისხი ადამიანის ან სხვა ცოცხალი ორგანიზმების მოთხოვნილებების მიმართ ბუნებრივი პირობების შესაფერისობის ხარისხია (<http://nature.berkeley.edu/~miguel-alt/clades.html>).

კონკრეტული ეკოლოგიური სისტემისთვის გარემოს მაღალი ან საკმარისი ხარისხი ნიშნავს:

ეკოლოგიური სისტემის მდგრადი არსებობის და განვითარების შესაძლებლობას;

ნებისმიერი პოპულაციისთვის არახელსაყრელი შედეგების უქონლობას.

გარემოს ხარისხის კრიტერიუმად მიღებულია პოპულაციების ბიოლოგიური პროდუქტიულობა, სხვადასხვა ტროფიკულ დონეზე არსებული პოპულაციების სახეობების და ბიომასების ოპტიმალური შეფარდება და სხვ.

შეუძლებელია ბუნების დაცვა, გამოყენება მის საერთო მოწყობილობაზე ცოდნის გარეშე, თუ რა კანონების საფუძველზე არსებობს და ვითარდება, როგორ რეაგირებს ადამიანის ზემოქმედებაზე, როგორია ზღვრული დასაშვები დატვირთვები, რომ არ მოხდეს დანგრევა და დაშლა. ყოველივე ამას სწავლობს ეკოლოგია.

გარემოს პირობებისადმი ცოცხალი ორგანიზმების დამოკიდებულების შესახებ ცნობილი იყო ადამიანისთვის უხსოვარი დროიდან, მაგრამ ტერმინი „ეკოლოგია“ შემოღებულ იქნა 1866 წელს გამოჩენილი გერმანელი მეცნიერის - ე. ჰეკელის მიერ.

სიტყვა „ეკოლოგია“ წარმოქმნილია ბერძნული სიტყვებიდან „ოიკოს“ რაც ნიშნავს სახლს, საცხოვრებელ ადგილს და „ლოგოს“ სწავლება, მეცნიერება. ე. ჰეკელის მიხედვით, ეკოლოგია წარმოადგენს ცოდნის ჯამს, რომელიც ესება ბუნების ეკონომიკას: როგორც ორგანულ, ისე არაორგანულ გარემოსთან ცოცხალი ორგანიზმების ურთიერთობებს,

პირველ რიგში, მეგობრულ ან მტრულ დამოკიდებულებას იმ ცხოველებთან და მცენარეებთან, რომლებთანაც ის პირდაპირ ან ირიბად შედის კონტაქტში.

თანამედროვე გაგებით, ეკოლოგია არის მეცნიერება ცოცხალ ორგანიზმებს, ბიოლოგიურ სისტემებსა და გარემოს შორის ურთიერთობების შესახებ. პრაქტიკულად, ეს არის მეცნიერება ბუნების სტრუქტურასა და ფუნქციებზე.

შესასწავლი ობიექტის ზომების მიხედვით ეკოლოგია იყოფა: აუტეკოლოგიად და სინეკოლოგიად. პირველი სწავლობს ცალკეულ ორგანიზმებს, მის ინდივიდუალურ კავშირებს გარემოსთან, ხოლო მეორე ბიოტურ თანასაზოგადოებას, ეკოსისტემას და მის გარემოს.

არჩევენ ეკოლოგიის ორ მიმართულებას: კლასიკური ეკოლოგია, რომელიც წარმოადგენს ბიოლოგიის ნაწილს და სწავლობს ორგანიზმების (ინდივიდების, პოპულაციების, ეკოსისტემების და ა.შ.) ურთიერთობებს ერთმანეთში და გარემოსთან და გამოყენებითი ეკოლოგია, რომელიც სწავლობს ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში შესასწავლი ობიექტის (ობიექტების) დამოკიდებულებას გარემოსთან კლასიკური ეკოლოგიის მიერ დადგენილი კანონების საფუძველზე. ასე ჩამოყალიბდა საინჟინრო ეკოლოგია, სამედიცინო ეკოლოგია, სამხედრო ეკოლოგია და ა.შ. მათ რიცხვს ეკუთვნის სასოფლო-სამეურნეო ანუ აგროეკოლოგია. აგროეკოლოგია, როგორც საგანი, წარმოადგენს გამოყენებითი ეკოლოგიის დარგს, რომელიც სწავლობს გარემო ფაქტორების გავლენას სასოფლო-სამეურნეო ორგანიზმებზე და მათ ურთიერთმოქმედებას.

აგროეკოლოგიის ამოცანებია:

სოფლის მეურნეობის, როგორც დარგის მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფა;

სასოფლო-სამეურნეო ორგანიზმების გარემოსთან ურთიერთობების შესწავლა მათ ოპტიმალური ზრდა-განვითარების უზრუნველსაყოფად;

გარემოსადმი უვნებელი საშუალებებით ჯანსაღი პროდუქციის მიღება.

3.2. აგროცენოზი

ტერმინი „აგროცენოზი“ ბერძნული წარმოშობისაა (agros მინდორი და koinos საერთო). ის წარმოადგენს კულტურული მცენარეების ნათესებით (ან ნარგავებით) დაკავებული სასოფლო-სამეურნეო და სატყეო გამოყენების მიწებზე მოზინადრე ორგანიზმების ერთობლიობას. ბუნებრივი ცენოზებისგან განსხვავებით, აგროცენოზები ყოველთვის მეორადია, რადგანაც ადამიანის საქმიანობის შედეგად იქმნება ბუნებრივი ცენოზების ადგილზე. აგროცენოზები, ბუნებრივი ცენოზებისგან განსხვავებით, ნაკლებად მდგრადიყაა, რადგანაც ბუნებრივი ცენოზები

შეიქმნა ხანგრძლივი დროის მანძილზე და, როგორც წესი, მრავალი სახეობის ერთობლიობას წარმოადგენს. აგროცენოზი (მინდვრებზე, პლანტაციებში, ბაღებში) ჩვეულებრივ ერთი სახეობით არის წარმოდგენილი. ამავდროულად აღსანიშნავია, რომ აგროცენოზებში, ისევე როგორც ბუნებრივ ცენოზებში, აღინიშნება არსებობისათვის ბრძოლა და ბუნებრივი შერჩევის პროცესი. აგროცენოზი, ბუნებრივი ცენოზისგან განსხვავებით ადამიანის მიერ რეგულირებადი და არა თვითრეგულირებადი სისტემაა. იხ. გვ. 166 სურ.3.1.

აგროცენოზებში აღინიშნება ბუნებრივ ცენოზებში არსებული ფიტოფაგების კომპლექსის შეცვლა. სახეობები, რომლებსაც არ შეუძლიათ იკვებონ კულტივირებადი მცენარით და გადაიტანონ მისი კულტურის პირობები, ქრებიან, ხოლო დანარჩენები პოულობენ ხელსაყრელ პირობებს, მრავლდებიან და აზარალებენ ნარგავებს. აგროცენოზებში არჩევენ სახეობებს, რომლებიც იკვებებიან სხვადასხვა კულტურული მცენარეებით (პოლიფაგები) და ისეთ სახეობებს, რომლებიც იკვებებიან ერთი ან რამდენიმე სახეობით (მონოფაგი). პოლიფაგები უფრო გამძლენი არიან და უფრო იოლად ეგუებიან აგროცენოზის რეჟიმს. საერთოდ, გადიდებული მდგრადობით ხასიათდება ის სახეობა, რომელსაც გააჩნია განსახლების მაღალი უნარი, გადიდებული ნაყოფიერება და განვითარების მოკლე ციკლი.

აგროცენოზის მდგრადობის უზრუნველყოფა შესაძლებელია, თუ ბუნებრივი ცენოზიდან გადასვლა აგროცენოზში მოხდება თანდათანობით, რაც საბოლოოდ უზრუნველყოფს გადიდებულ მდგრადობას. მაგალითად: მდელო - საძოვარი - სათიბი - დათესილი ბალახმდგნარი - მრავალწლიანი ბალახები - ერთწლიანი არასათოხნი კულტურები - სათოხნი კულტურები - პლანტაციები.

საქართველოში ძირითად აგროცენოზებს მიეკუთვნება: მარცვლეული და სამარცვლე პარკოსანი კულტურები, ტექნიკური კულტურები, საკვები კულტურები, ხეხილის ბაღები, სუბტროპიკული კულტურები, ჩაი, ციტრუსოვნები, ვაზი, სათიბ-საძოვრები.

მარცვლეულის მეურნეობა სოფლის მეურნეობის განვითარების საფუძველია. მისი წარმოების დონეზე დიდად არის დამოკიდებული მეცხოველეობის, მრავალწლიანი ნარგავების და ტექნიკური კულტურების გაფართოება. მარცვლოვანი კულტურები იყოფა 2 ჯგუფად: თავთავიანი (ხორბალი, ქერი, ჭვავი) და საბურღულე ან ფეტვანი (სიმინდი, ფეტვი, ბრინჯი, ღომი, სორგო). საქართველოში მარცვლეული კულტურები მოჰყავთ ყველგან ზღვისპირა რაიონებიდან მაღალმთიან რაიონებამდე. თავთავიანი პურეული იყოფა ორ ჯგუფად საშემოდგომო და საგაზაფხულო. საშემოდგომო ითესება შემოდგომაზე, მოსავალს იძლევა გადაზამთრების შემდეგ, მომდევნო წელს, ხოლო საგაზაფხულო ითესება გაზაფხულზე, მოსავალს იძლევა იმავე წელს.

ხორბალს პურეულ მცენარეთა მსოფლიო წარმოებაში პირველი ადგილი უკავია. მსოფლიო მოსახლეობის ორ მესამედზე მეტი ხორბლისაგან დამზადებული პროდუქტებით იკვებება. ქვეყნის ნიადაგურ-კლიმატური პირობები საკმაოდ ხელსაყრელია ხორბლის კულტურის განვითარებისთვის. ხორბლის კულტურის გავრცელებას აზრკოლებს: 1. სითბოსა და ტენის უკმარისობა; 2. სითბოს უკმარისობა და ტენის სიჭარბე; 3. სითბოს სიჭარბე და ტენის უკმარისობა; 4. სითბოსა და ტენის სიჭარბე.

ქერის არეალი საკმაოდ ფართოა. ის პირველ ადგილზეა არა მარტო პურეულთა, არამედ თითქმის ყველა კულტურულ მცენარეთა შორის. მთიან რაიონებში ქერის კულტურით მთავრდება მიწათმოქმედების საზღვარი (საქართველოში მისი საზღვარი ადის 2000-2300 მ ზღვის დონიდან - უშგული).

ჭვავი მეტად მნიშვნელოვანი სასურსათო კულტურაა. ჭვავი ხშირად შერეულია ხორბლის ნათესებში და ასარეველიანებს მას. მთიან რაიონებში ჭვავს თესავენ ქერთან ერთად, რაც ცნობილია ქეჭრელის სახელწოდებით.

სიმინდს დასავლეთ საქართველოში სასურსათო დანიშნულება აქვს და მოსახლეობის ძირითად საზრდოს წარმოადგენს. სიმინდის მთელი ნათესი ფართობის 80%-ზე მეტი მოდის დასავლეთ საქართველოზე. იხ. გვ. 167 სურ.3.2.

სამარცვლე პარკოსანი კულტურების (ლობიო, სოიო, ბარდა, მუხუდო, ცერცი, ოსპი, ცერცლა, ცულისპირა, არაქსი, უგრეხელი, ხანჭკოლა) უპირველესი მნიშვნელობა ისაა, რომ მათი მარცვლეული მდიდარია ცილებით, რაც აუცილებელ საჭიროებას წარმოადგენს ადამიანისა და პირუტყვის საკვებად. ლობიო ყველაზე უფრო გემრიელი საჭმელია. ის მოყავთ საჭმელად და კონსერვების დასამზადებლად.

ტექნიკური კულტურების ჯგუფში გაერთიანებულია ბოტანიკურად განსხვავებული მცენარეები, რომლებიც მოყავთ მსუბუქი და კვების მრეწველობისთვის მცენარეული ნედლეულის მისაღებად, აგრეთვე საპარფიუმერიო, ფარმაცევტული და მრეწველობის სხვა დარგებისთვის. ტექნიკურ კულტურებში შედის: ზეთოვანი კულტურები (მზესუმზირა, აბუსალათინი, რაფსი), ეთერზეთოვანი მცენარეები (გერანი, ევგენოლის რეჰანი, ქინძი), სართავი მცენარეები (ბამბა, სელი, კანაფი, ჯუთი), ნარკოტიკული მცენარეები (თამბაქო, წეკო), ძირხვენები, მათ შორის ძირნაყოფები (შაქრის ჭარხალი, საკვები ჭარხალი, სტაფილო, თალგამურა, თალგამი და სხვ.) და ტუბერიანი მცენარეები (კარტოფილი, მიწავაშლა, ბატატი და სხვ.).

საკვები კულტურები აერთიანებენ: 1. საკვებ ძირხვენებს (საკვები ჭარხალი, სტაფილო, თაღამურა, თაღამი და სხვ.); 2. ზღვრულ კულტურებს (ნესვი, გოგრა, ყაბაყი და სხვ.) და საკვებ კომბოსტოს; 3. მრავალწლოვან ბალახებს (იონჯა, სამყურა, ესპარცეტი, კაპუტა, უფხო შვრიელა, ტიმოთელა და სხვ.); 4. ერთწლიან საკვებ ბალახებს (საგაზაფხულო ცერცველა, საშემოდგომო ცერცველა, ერთწლიანი სამყურა); 5. ერთწლოვან მარცვლოვან ბალახებს (სუდანურა, ქვრიმა, აფრიკული ფეტვი, ერთწლოვანი კოინდარი).

ხეხილის ბაღები წარმოდგენილია თესლოვანი და კურკოვანი კულტურების მრავალი ჯიშით. მათ შორის ვაშლით (ბუნაჟნი რენეტი, ბროცკი, კეხურა, კანადური რენეტი ანტონოვკა, გოლდენ დელიშესი, ბანანი ზამთრის, ბელფლორი ყვითელი ცარსკი, მსხლით ბერე ბოსკი ალექსანდრეული, ბერა, ვილიამსი სუნიანი მსხალი, ზაფხულის დუშესი); კომშით ლაგოდების მსხვილნაყოფა, ქართული მყავა, მალაჩინი; ატამით ელბერტა, საკონსერვო საადრეო, ხიდისთაური ვარდისფერი შადინოვის, კრიმსკი.

სუბტროპიკულ კულტურებს მიეკუთვნება: ტექნიკურ-საკვებ-სურნელოვანი (ჩაი და დაფნა); სუბტროპიკული ხეხილი (ლიმონი, ფორთოხალი, მანდარინი, გრეიფრუტი, ხურმა, ლეღვი, ბროწეული, ზეთისხილი, ფეიხოა, მუშმულა, უნაბი, კაკალი, პეკანი, აქტინიდია, წყავი); ცხიმზეთოვანი (ტუნგოს ხე, ლაქის ხე, ქონის მუხა); მერქნოვან-ტექნიკური (ბამბუკი, ევკალიპტი, კორპის მუხა, გუდაპერჩის ხე); ეთერზეთოვნები (გერანი, გეგენოლის რეჰანი, ეთერზეთოვანი ვარდი, მსხვილყვავილა ჟასმინი, ყაზანლიყის ვარდი); ფოთოლბოჭკოვნები (რამი, კანაფი, ჯუთი, ახალზელანდიური სელი, დრაცენა); სამკურნალო მცენარეები (ალოე, თირკმლის ჩაი, კალანხოა, ოლეანდრა, პასიფლორა, ვარდისებრი კატარანტუსი, ბურჩისებრი გომფოკარპუსი, სტევია).

ვაზი გამორჩეული ეროვნული კულტურაა, სულ ცოტა, 4 ათასწლიანი ისტორიით. საქართველოში აღრიცხულია 500-მდე აბორიგენული (ადგილობრივი ჯიშის). ძირითადი სამრეწველო ჯიშები შემდეგნაირად არიან წარმოდგენილი: კახეთში რქაწითელი, მწვანე კახური, საფერავი, ხიხვი; ქართლში ჩინური, გორული მწვანე, თავკვერი; იმერეთში ციცქა, ცოლიკაური, კრახუნა, ოცხანური, საფერე; რაჭა-ლეჩხუმში ალექსანდროული, ხვანჭკარა, უსახელაური; გურიაში ჩხავერი, ალადასტური, ჯანი; სამეგრელოში ოჯალეში, პანეში; აჭარაში ბროლა, საწურავი; აფხაზეთში ავასირხვა, კაჭიჭი.

სათიბ-სადოვრები იყოფა 6 ძირითად მცენარეულ ტიპად: ნახევრად უდაბნოს, სტეპის, მდელო-სტეპის, ტყის, სუბალპური და ალპური.

3.3. აგროლანდშაფტი

აგროლანდშაფტი არის ლანდშაფტი, რომლის უმეტეს ნაწილში ბუნებრივი მცენარეულობა შეცვლილია სასოფლო-სამეურნეო მცენარეების ნათესებით და ნარგავებით. აგროლანდშაფტი წარმოადგენს ადამიანის მიერ ხელოვნურად შექმნილი და ტერიტორიის დიდ ნაწილზე ბუნებრივი ფიტო- და ზოოცენოზების შეცვლით წარმოქმნილ ანთროპოგენურ ლანდშაფტს. აგროლანდშაფტის ფორმირებისას აუცილებელია შემდეგი პრინციპების გათვალისწინება:

1. *ადგვატურობის (სრული შესატყვისობის) პრინციპი.* აგროლანდშაფტში საწარმოო საქმიანობა ფუნქციონერად უნდა შეესაბამებოდეს ბიოსფეროს ფუნქციებს, ე.ი. უნდა იყოს გარემოს ბუნებრივი კანონზომიერებების ადგვატური.
2. *შემთავსებლობის პრინციპი.* აგროლანდშაფტების ტერიტორიის კომპონენტებს (ელემენტებს) აპროექტებენ და ქმნიან ბუნებრივ-ანთროპოგენური შემთავსებლობის გათვალისწინებით, ე.ი. აგროლანდშაფტის ტერიტორიის ელემენტები ორგანულად უნდა იყვნენ ერთად დაკავშირებული და წარმოდგენდნენ ერთიან სისტემას, რომელიც შეჯერებული იქნება ბუნებრივი კომპლექსების შენებასთან და სამეურნეო საქმიანობასთან.
3. *ადგილ მდებარეობისადმი ფიტოცენოზების შესატყვისობის პრინციპი.* აგროლანდშაფტის დაგეგმვისას აუცილებელია, რომ სასოფლო-სამეურნეო მცენარეების სახვადასხვა ჯგუფის ნათესები და ნარგავები სწორად იქნეს შერჩეული ეკოლოგიური პირობების გათვალისწინებით.
4. *ფიტომელიორაციის პრიორიტეტის პრინციპი.* ნიადაგდაცვითი, თვითაღდგენადი და თვითგამწმენდი აგროლანდშაფტის და აგროეკოსისტემის ფორმირებისას ძირითადია ფიტომელიორაცია. აგროლანდშაფტის ტერიტორიის ორგანიზაციის პრაქტიკული ამოცანა მდგომარეობს სხვა კომპონენტებთან კავშირში მიწვრის, მდელოს და ტყეს შორის გონიერი შეფარდების განსაზღვრაში.
5. *სივრცობრივი და სახეობრივი მრავალფეროვნების პრინციპი.* აგროეკოსისტემების შექმნა უნდა ხდებოდეს სივრცობრივი და სახეობრივი მრავალფეროვნების მოთხოვნილებათა გათვალისწინებით. ცნობილია, რომ რაც უფრო მრავალფეროვანია და რთულია აგროლანდშაფტის სტრუქტურა, მით უფრო მაღალია მისი მდგრადობა, უნარი წინააღმდეგობა გაუწიოს გარეშე ზემოქმედებას.
6. *მიწის სავარგულების სტრუქტურის და შეფარდების ოპტიმიზაციის პრინციპი.* აგროლანდშაფტების მიწათმოწყობისას ადგილობრივი ეკოლოგიური პირობების შესაბამისად ადგენენ ეკოლოგიურად და ეკონომიკურად დასაბუთებულ სახნავის, მდელოს, ტყის და წყლის სტრუქტურასა და შეფარდებას.

3.4. აგროეკოსისტემა და მისი საბაზისო ტიპი

სოფლის მეურნეობის სფეროში პირველად სტრუქტურულ ერთეულს წარმოადგენს აგროეკოსისტემა, სადაც ხდება ადამიანისა და ბუნების ურთიერთმოქმედება. სხვადასხვა აგროეკოსისტემა არსებობს განსხვავებული ვადებით. აგროეკოსისტემა მარცვლოვანი კულტურების სიჭარბით ერთ წლამდე, მრავალწლოვანი ბალახებით 3-4 წელი, ნაყოფიანი კულტურებით 20-30 წელი და ა.შ. შემდეგ საჭიროა მათი აღდგენა, რადგანაც ისინი იშლება და ილუპება.

აგროეკოსისტემები წარმოადგენენ სასოფლო-სამეურნეო სისტემების განსაკუთრებულ სახეს, სადაც იზრდება კულტურული და სხვა მცენარეები და ცხოველები და ხორციელდება ენერგიის და ნივთიერების რთული ფიზიკური და ქიმიური გარდაქმნა.

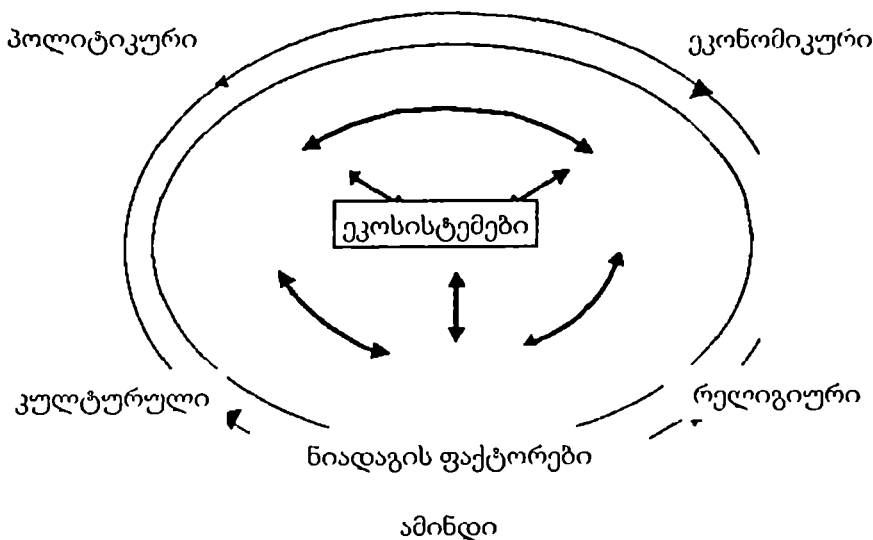
აგროეკოსისტემების მიღებული კლასიფიკაციაა:

1. სამიწათმოქმედო ან საველე მიწათსარგებლობა ურწყული, სარწყავი აგროეკოსისტემები (მარცვლოვანი, პარკოსანი, საკვები, ბოსტნეული, ბაღეული, ტექნიკური და სამკურნალო კულტურების როტაცია).
2. პლანტაციურ-საბაღო მიწათსარგებლობა პლანტაციური აგროეკოსისტემები (ჩაის ბუჩქი, შაქრის ლერწამი), საბაღე აგროეკოსისტემები (ხეხილის ბაღები, კენკროვნები, ვენახები).
3. საძოვრული მიწათსარგებლობა საძოვრული აგროეკოსისტემები (სამომთაბარო საძოვრები: მთის, უდაბნოს; ტყის საძოვრები; გაუმჯობესებული საძოვრები; სათიბები; გაკულტურებული მდელოები).
4. შერეული მიწათსარგებლობა შერეული აგროეკოსისტემები, რომლებიც ხასიათდება რამდენიმე სახის მიწათსარგებლობის განსხვავებული შეფარდებით და შეხამებით. შერეული მიწათსარგებლობის დროს ცალკეული აგროეკოსისტემები განსხვავდება აგრეთვე პირველადი და მეორადი ბიოლოგიური პროდუქციის მიღების პროცესებით.
5. მიწათსარგებლობა მეორადი ბიოლოგიური პროდუქციის წარმოების მიზნით აგროსამრეწველო ეკოსისტემები (რძის, ხორცის, კვერცხის და სხვა პროდუქციის ინტენსიური „ინდუსტრიალიზებული“ წარმოების ტერიტორიები, ამ სისტემებში ხდება ნივთიერების და ენერგიის აქტიური მიწოდება).

ენერგეტიკული მაჩვენებლების მიხედვით არჩევენ აგრო-ეკოსისტემების ორ ძირითად ტიპს. პირველი ტიპის აგროეკოსისტემები დამახასიათებელია ისეთი შემთხვევებისთვის, როდესაც დამატებით ენერგიად გამოიყენება მხოლოდ ადამიანის და ცხოველების კუნთოვანი ძალა. ასეთი ტიპის აგროეკოსისტემები საკმაოდ მიახლოებულია ბუნებრივ ეკოსისტემებთან; მეორე ტიპის აგროეკოსისტემები საჭიროებენ ენერგიის მუდმივ დამატებით შეტანას.

გამოიყოფა აგროეკოსისტემების სამი საბაზისო ტიპი: ბუნებატევადი, ბუნებადაცვითი და ბუნებაგაუმჯობესებული. ბუნებატევადი აგროეკოსისტემა ხასიათდება ბუნებრივი ნაყოფიერების არასრული კვლავწარმოებით, რაც იწვევს მისი დონის დაცემას. ბუნება დაცვითი ტიპისთვის დამახასიათებელია ბუნებრივი ნაყოფიერების უბრალო კვლავწარმოება და, როგორც შედეგი, მისი დონის შენარჩუნება. ბუნებაგაუმჯობესებული ტიპი ითვალისწინებს გაფართოებულ კვლავწარმოებას და ბუნებრივი ნაყოფიერების დონის ამაღლებას. ამ ბოლო დროს ჭარბობს ბუნებადაცვითი ტიპი და აღინიშნება ბუნებრივი ნაყოფიერების დაქვეითება.

აგროეკოსისტემის ანალიზის კომპონენტები



სქემა 3.1. აგროეკოსისტემებზე მოქმედი ფაქტორები

აგროეკოსისტემების ფუნქციონირების სტაბილურობის მიღწევა, დეგრადირებული პროცესების წარმოქმნის და განვითარების თავიდან აცილება მოითხოვს მეცნიერულ გააზრებას, პრაქტიკული საქმიანობის ეფექტური მიმართულების ჩამოყალიბებას. მეტად მნიშვნელოვანია ბუნებრივი და აგროეკოსისტემების თვისებების შედარებითი შეფასება. აგროეკოლოგიური გადაწყვეტილებების მთავარი მიზანია ხელოვნური წარმონაქმნების თვისებების მაქსიმალური მიახლოება ბუნებრივი სისტემების თვისებებთან. ყოველივე ეს უნდა ხდებოდეს აგროეკოსისტემებში მასო- და ენერგოგაცვლის თავისებურებების

გათვალისწინებით. აგროეკოსისტემების პროდუქტიული პროცესი დამოკიდებულია არა განცალკევებულად მოქმედ აბიოტურ (ადგილმდებარეობა, მზის რადიაცია, თბური და წყლოვანი რეჟიმი, მინერალური კვება და სხვ.), ბიოტურ და ანთროპოგენურ ფაქტორებზე, არამედ ერთობლივ მოქმედებაზე. აგროეკოსისტემების პროდუქტიულობის უზრუნველყოფა ხდება მოსაყვან კულტურასა და გარემოს შორის ნივთიერებების ცვლის და ენერგიის გადაყვანის პროცესების ინტენსიური მიმართებით. ეს კი ხდება ადამიანის მართვით და მისი დონე საბოლოო ჯამში განსაზღვრავს აგროეკოსისტემების ეფექტურობას.

3.5. აგროეკოსისტემის მდგრადობა

აგროეკოსისტემების მდგრადობა არის სისტემის თვისება, შეინარჩუნოს თავისი პარამეტრებისა და სტრუქტურის მნიშვნელობა სივრცესა და დროში და, ამავე დროს, ხარისხობრივად არ შეცვალოს ფუნქციონირების ხასიათი. აგროეკოსისტემა წარმოადგენს ადამიანის სამეურნეო საქმიანობით შეცვლილი ხმელეთის ეკოსისტემის ნაწილს. მის სტრუქტურასა და ფუნქციონირებას არეგულირებენ ნივთიერებათა (სასუქები, პესტიციდები, მელიორანტები) და ენერგიის დამატებითი შეტანით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ოპტიმალური და სტაბილური პროდუქტიულობის მისაღებად და გარემოს დაბინძურების ასაცილებლად. ბუნებრივი ეკოსისტემები, აგროეკოსისტემებისგან განსხვავებით, წარმოადგენს არაორგანულ გარემოში ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლიობას. მათ უკავიათ გარკვეული სივრცე, დაკავშირებული არიან ნივთიერებათა და ენერგიის ცვლით და აქვთ თვითრეგულაციის უნარი.

აგროეკოსისტემების მდგრადობის პარამეტრებია: ნიადაგის ფუნქცია, რეჟიმი და თვისება; აგროფიტოცენოზის სტრუქტურა, ორგანიზაცია და პროდუქტიულობა; მიკრობული თანასაზოგადოების სტრუქტურა და ორგანიზაცია; ბიოქიმიური წრებრუნვის ინტენსივობა და დაბალანსება. აგროეკოსისტემების მდგრადობის რაოდენობრივი შეფასებისათვის აღრიცხავენ მოქმედ ფაქტორთა კავშირს (ტიპი, ინტენსივობა, ხანგრძლივობა რაოდენობა და სხვ.), და აგრეთვე ეკოსისტემის კავშირს მდგრადობის უზრუნველყოფის პარამეტრებთან და მდგრადი მდგომარეობის ზონებთან. იხ. გვ. 168 სურ.3.3. მდგრადი აგროეკოსისტემა

ეკოსისტემების სტრუქტურის შეცვლა ან მისი პარამეტრების გადასვლა არამყარ მდგომარეობაში განაპირობებს მდგრადობის დაკარგვას. თუ გადასვლა მდგრადი წონასწორობის ერთი ზონიდან მეორეში ხდება ეკოსისტემების შინაგანი კავშირების შენარჩუნებით, მაშინ მქდავდება მისი დრეკადობის თვისება, ე.ი. მდგრადი წონასწორობის ერთი ზონიდან მეორეში გადასვლისას ხდება ეკოსისტემის შინაგანი კავშირების შენარჩუნება. ეკოსისტემის უნარი, დაუბრუნდეს მდგრად წონასწორობას

ძველ ზონაში ბუნებრივი ან ანთროპოგენური ფაქტორების დროებითი ზეგავლენის შემდეგ, ახასიათებს მის სტაბილურობას. ეს კატეგორიები მისაღებია აგრეთვე ანთროპოგენური ეკოსისტემებისათვის. ძირითადი პრობლემა ამ შემთხვევაში მდგომარეობს იმაში, რომ მოხდეს აგროეკოსისტემისათვის მისადაგებული შესაბამისი ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ფორმალიზაცია.

აგროეკოსისტემების მდგრადობის და სტაბილურობის მაჩვენებლებს შორის პირველი ადგილი ეკუთვნის აგროცენოზის პროდუქტიულობას. მისი დაცემა სხვადასხვა მიზეზით (მინერალური კვების ელემენტების დეფიციტი ან სიჭარბე, გვალვა ან ზედმეტი ტენიანობა, ნიადაგის დეგრადაცია და ა.შ.) დასაშვებ დონეზე დაბლა, მეტყველებს აგროეკოსისტემის არამდგრად ზონაში გადასვლაზე. მოსავლიანობის დაქვეითება - ესაა უარყოფით ზეგავლენაზე აგროეკოსისტემის რეაქციის უკანასკნელი ფაზა, რომელსაც წინ უსწრებს სხვა პარამეტრების, მაგალითად, მიკრობული თანასაზოგადოების აქტიურობის, ელემენტების ბიოგეოქიმიური ციკლების დაბალანსების, ნიადაგის ნაყოფიერების დონის ცვლა. ამ პარამეტრებზე კონტროლი საშუალებას იძლევა, გამოვლინდეს მდგრადობის დარღვევის ფარული ფორმები და საკმაოდ ოპერატიულად მოხდეს აგროეკოსისტემების სტაბილურობის უზრუნველყოფა, ანუ მოხდეს ძირითადი პარამეტრების შენარჩუნება ხანგრძლივი დროის მანძილზე.

აგროეკოსისტემების მდგრადობის მართვა და პრაქტიკული საშუალებების გამოყენება უნდა ითვალისწინებდეს გონივრულ კომპრომისს პროდუქციის რაოდენობას, მისი ხარისხის, ბუნებრივი და ტექნიკური რესურსების დანახარჯების მასშტაბებსა და გარემოს დარღვევებს შორის. ეს მაჩვენებლები ახასიათებს მიწათმოქმედების ახალ ტიპს ადაპტიურს. აქ იგულისხმება აგროტექნოლოგიების ეკოლოგიური დიფერენციაცია. ასეთი დიფერენციაცია მიმართულია საქმიანობის აგრარული ფორმების ეკოსისტემების თვითრეგულაციის ბუნებრივ მექანიზმებთან შესაბამისობის მისაღწევად. შესაძლებელია აგროეკოსისტემების პროდუცენტების გარეშე და შინაგანი მალიმიტირებელი ფაქტორების და თვისებების ოპტიმიზაციის ან კომპენსაციის გზით. ალტერნატიული მიწათმოქმედებისგან განსხვავებით, რომელიც ითვალისწინებს ერთი რომელიმე კრიტერიუმის პრიორიტეტს, ადაპტიურ-კომპრომისული მიწათმოქმედება მიმართულია რაციონალურად დაბალანსებული კრიტერიუმების მისაღწევად და წარმოდგენს მიწათმოქმედების ბიოლოგიურ და ტრადიციულ ტიპებს შორის შუალედურ ფორმას.

3.6. კულტურული მცენარეების წარმოშობა

კულტურული მცენარეები წარმოიშვა დედამიწის თბილი ზონების მთიან რეგიონებში. ამჟამად დადგენილია კულტურული მცენარეების

წარმოშობის შვიდი ცენტრი: სამხრეთ-დასავლეთი აზია, ხმელთაშუა ზღვის რეგიონი, აბისინიის ზეგანი, ინდოეთი, სამხრეთ-აღმოსავლეთი აზია, ცენტრალური ამერიკის მთიანი ოლქი, ბოლივია - პერუს მთიანი ოლქი. სამხრეთ-დასავლეთ აზიის ოლქი საკმაოდ ვრცელია - კავკასიიდან და მცირე აზიიდან აღმოსავლეთიდან პამირამდე. ამ ოლქში წარმოიშვა მსოფლიო კულტურული ფლორის 14%, მათ შორის ხორბლის ყველაზე ფართოდ კულტივირებადი სახეობა ჩვეულებრივი ხორბალი (*Triticum vulgare-aestivum*), ჭვავი (*Secale cereale*), შვრია ორმწკვრიანი ქერი (*Hordeum Distichum*), სელის წვრილთესლა ფორმები (*Linum usitatissimum*), ოსპი (*Lens culinaris*), პარკოსნები (*Vicia faba*), ბარდა (*Pisum sativum*), იონჯა (*Medicago sativa*), შალგი (*Brassica rapa*), ხახვი (*Allium cepa*) და აგრეთვე მნიშვნელოვანი ხეხილოვანი მცენარეები: ვაშლი, მსხალი, ქლიავი, ბალი და ალუბალი, აგრეთვე ვაზი.

ხმელთაშუა ზღვის ქვეყნების მთის ლანდშაფტები და სანაპირო ზოლი წარმოადგენს კულტურული მცენარეების წარმოშობის მეორე მსხვილ ცენტრს, სადაც წარმოიშვა მსოფლიოს კულტურული ფლორის 11%. ამ ოლქში ხორბლის და შვრიის ზოგიერთი ნაკლებად გავრცელებული სახეობების გარდა, წარმოიშვა ხანჭკოლა (*Lupinus*), ჩიტოფეხა (*Ornithopus sativus*), ინკარტული სამყურა (*Trifolium incarnatum*), შაქრის და საკვები ჭარხალი (*Beta vulgaris*), კომპოსტო (*Brassica oleracea*), რაფსი (*Brassica napus*). სათესი სტაფილო (*Daucus sativa*). შუა აზიაში მზარდი გარეული *D. carota*-ს შეგვარებით გიგანტურ სტაფილოსთან (*D. maxima*) წარმოიშვა ბოლოკი (*Raphanus sativus*). ამ ოლქიდან აგრეთვე წარმოიშვა ოხრახუმი (*Petroselinum sativum*), ძირტებილა (*Scorzonera hispanica*), სატაცური (*Asparagus officinalis*) და ნიახური (*Apium graveolens*).

აბისინიის ზეგანი წარმოადგენს ხორბლის, ქერის, ბარდის და აგრეთვე ოსპის ზოგიერთი სახეობის წარმოშობის მეორედ ცენტრს. ამის გარდა, ესაა ყავის სამშობლო.

ინდოეთი არის: ბრინჯის, შაქრის ლერწმის, ბანანის და ქოქოსის პალმის სამშობლო.

სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიიდან წარმოიშვა მრავალმწკვრიანი ქერი. ამავე რაიონის შორეული აღმოსავლეთი არის ატმის, გარგლის, ფორთოხლის, ლიმნის, ჩაის და სოიოს სამშობლო.

ამერიკაში მთიანი ოლქი მექსიკიდან გვატემალამდე იყო: ლობიოს (*Phaseolus*), გოგრების (*Cucurbita*), წეკოს (*Nicotiana rustica*), ბამბის (*Gossypium hirsutum*) ზოგიერთი სახეობის და კაკოს სამშობლო; ამის გარდა, ეს ოლქი არის სიმინდის წარმოშობის პირველადი ცენტრი.

ანდეზი კოლუმბიიდან ჩილეს ჩრდილოეთამდე არის კარტოფილის და პამიდორის სამშობლო და აგრეთვე: სიმინდის, ვირჯინიის (თურქეთის) თამბაქოს (*Nicotiana tabacum*) და ბამბის სხვა სახეობების (*Gossypium barbadense*) მეორადი წარმოშობის ცენტრი.

კულტურული მცენარეების უმრავლესობა ვითარდებოდა ზღვის დონიდან 500-დან 2500 მეტრამდე, სადაც იყო მიწათმოქმედების პირველი კერები.

მრავალი სახეობა სარეველებისგან გარდაიქმნა სასარგებლო მცენარედ, ანუ წარმოიშვა მეორადი კულტურული მცენარეები. ასეთებია ჭვავი და შვრია, რომლებიც თავიდან ანაგვიანებდნენ ხორბლის და ქერის ნათესებს. ამჟამადაც ჭვავი გვხვდება, როგორც სარეველა მცირე აზიის ხორბლის მინდვრებზე. მათ რიცხვს მოეკუთვნება აგრეთვე ცერცელა (*Vicia*), ოსპი, სელი და ბარდა, რომლებიც თავიდან იყვნენ სარეველები. მრავალი მცენარე კი თავიდანვე იყო ადამიანებით დასახლებული ტერიტორიების თანამგზავრი. ისინი გვხვდებოდნენ სანაგევებზე ან ნაკელზე, საიდანაც საკვებისათვის მცენარეული საკაზმის მიზნით გადაიტანეს ბოსტნებში. მათ შორისაა ჭარხალი (*Beta*), ისპანახი (*Spinacea*), თალგამურა (*Brasica*), მდოგვი (*Sipanus alba*), რომლებიც ხასიათდებიან ნიტრატების დიდი რაოდენობით დაგროვების უნარით. ნიახურს, სტაფილოს, პამიდორს, კარტოფილს, ყაყაჩოს (*Papaver*), კანაფს (*Cannabis*), ჭინჭარს (*Urtica*) ჰქონდათ საცხოვრებლბთან ახლოს, საკვებით მდიდარ ადგილებზე ზრდის ხელსაყრელი პირობები. მრავალი ასეთი სასარგებლო მცენარის დაბრუნება მინდვრებზე სასაქონლო ან ბოსტნეული კულტურების სახით აღინიშნა მხოლოდ შედარებით ახლო წარსულში. ქერსა და ხორბალთან ერთად ყველაზე ძველ სასარგებლო მცენარეებს მიეკუთვნება, აგრეთვე სელი და ბარდა.

მრავალი სასარგებლო მცენარის წარმოშობის ადგილი იყო ლიტორალური ტიპის ბიოტოპი. გარეული კომპოსტო (*Brassica oleracea*), ისევე როგორც შაქრის და საკვები ჭარხლის საწყისი ფორმა *Beta maritima*, იზრდება ხმელთაშუა ზღვის და ატლანტიკური ოკეანის სანაპიროზე. რაპი (*B.napus=B.campestris x B.oleraces*) ზეთიანი შალგი (*B. rapa*) და მათგან გამოყვანილი თალგამურა და ტურნეფსი წარმოიქმნენ *B.campestris*-გან, რომლის კომპონენტები ადრე იზრდებოდნენ ზღვების, ტბების და მდინარეების სანაპირო ზოლში, ხოლო ბინადრობდნენ რუდერულ ადგილებში და სახნავ მიწებზე. იგივე ითქმის მდოგვის (*Sinallis alba*) მიმართაც.

ადამიანის გავლენა მცენარეულ სამყაროზე არ შეიზღუდა სასარგებლო მცენარეებით. აგროლანდშაფტში მოკალათებული სარეველების ისტორია ისევე ძველია, როგორც თვით მიწათმოქმედება. რაც უფრო ემთხვევა სარეველების ეკოლოგიური მოთხოვნილებები კულტურული მცენარეების მოთხოვნილებებს, მით უკეთესად ვითარდებიან ისინი სახნავ და მდელო-სახნავ სავარგულებზე. მათი ნაწილი წარმოიშვა იმავე ადგილებიდან, საიდანაც კულტურული მცენარეები, ან იმ ადგილებიდან, რომლებზეც მიმდინარეობდა მათი გადაადგილება, ნაწილი გამოჩნდა ისტორიულად ახლო წარსულში და, საბოლოოდ, სარეველების მნიშვნელოვანი ნაწილი საწყისს იღებს ადგილობრივი ველურად მზარდი ფლორიდან.

თავი IV

სამრეწველო დანიშნულების ფერმენტები

4.1. ფერმენტები, აღნაგობა და კლასიფიცირება

ფერმენტების გამოყენებას თანამედროვეობის მიღწევას ვერ ვუწოდებთ. როგორც ირკვევა, ფერმენტები საუკუნეების განმავლობაში გამოიყენებოდა ტყავის და ყველის დამზადებისას, მეღვინეობაში, ლუდის წარმოებაში და პურის აფუებისთვის. ამ პროცესებში ფერმენტები გამოიყენებოდა ცხოველური და მცენარეული ქსოვილების, ან მთლიანი მიკროორგანიზმების უჯრედების სახით. გამოყოფილი და ნაწილობრივ გაწმენდილი პრეპარატების სახით სამრეწველო ფერმენტების გამოყენების დასაწყისი შედარებით გვიან პერიოდს განეკუთვნება და შეიძლება XX საუკუნის დასაწყისით დათარიღდეს. სისტემური პროგრესირებით ამ ახალმა დარგმა საკმაოდ სწრაფად მიაღწია მილიარდიან წლიურ ბრუნვას (აშშ დოლარებში), რაც ფერმენტდამოკიდებული ტექნოლოგიების განსაკუთრებულ მნიშვნელობაზე მეტყველებს. უახლოეს მომავალში ფერმენტული ტექნოლოგიების მეშვეობით შესაძლებელი გახდება ადამიანისთვის ისეთი ცხოვრებისეული მნიშვნელობის პრობლემების გადაჭრა, როგორიცაა: სუფთა საკვები პროდუქტების წარმოება, ენერგოდამზოგავი ტექნოლოგიების შემუშავება, გარემოს დაცვა, მუნიციპალური, აგრარული და სამრეწველო სექტორის არსებული ნარჩენების უტილიზაცია, მცირენარჩენიანი ბიოტექნოლოგიების შექმნა და ა.შ.

ფერმენტები ბიოტექნოლოგიის უმნიშვნელოვანეს ინსტრუმენტებს მიეკუთვნება. ზოგ შემთხვევაში ეს არის მიკროორგანიზმების უჯრედშიდა და უჯრედგარე ფერმენტები, სხვა შემთხვევებში კი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მიკროორგანიზმების ინტაქტური უჯრედები (მთლიანი უჯრედები ან მათი იმობილიზირებული ფორმები), როგორც ფერმენტულად აქტიური აგენტები. ორგანიზმის ტიპის მიხედვით, თითოეულ უჯრედში ერთდროულად შეიძლება ფუნქციონირებდეს ათასამდე ფერმენტი. მორფოლოგიურად განსხვავებულ უჯრედებში ფერმენტების რიცხვი და ანაკრები არსებითად იცვლება. მაგ., პროკარიოტულ უჯრედებში ერთდროულად თანაარსებობს 3000-მდე ცილა, ხოლო უმცირეს ეუკარიოტულ უჯრედებში ცილის მოლექულების რიცხვი 40.000-ს აღწევს. ამ მოლექულების უმრავლესობა კატალიზურად აქტიური ცილებია. ფერმენტების მრავალ უნიკალურ თვისებას შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია მათი რეაქციისუნარიანობა, სპეციფიკურობა და აქტიურობის რეგულაციის შესაძლებლობა.

მოქმედების სპეციფიკურობის მიხედვით ფერმენტები სამ ჯგუფად იყოფა:

1. ფერმენტები, რომლებიც ფლობენ შედარებით დაბალ სპეციფიკურობას. ეს ჯგუფი ძირითადად აერთიანებს ჰიდროლიზურ ფერმენტებს: ამილაზებს, ცელულაზებს, პექტინაზებს, ლიპაზებს, ესთერაზებს და სხვ. ფერმენტების ეს ტიპები სხვადასხვა სიჩქარით მოქმედებენ როგორც პოლიმერულ, ასევე ოლიგომერულ და დაბალმოლეკულურ (დი-, ტრი-, ტეტრამერულ) სუბსტრატებზე.
2. ფერმენტები, რომლებიც ფლობენ ჯგუფურ სპეციფიკურობას, მოქმედებენ სტრუქტურულად მსგავს ან ახლომდგომ სუბსტრატებზე. მაგ., ჰექსოკინაზა, რომელიც ახორციელებს სხვადასხვა ჰექსოზის ფოსფორილირებას.
3. ფერმენტები, რომლებიც ფლობენ აბსოლუტურ სპეციფიკურობას, აკატალიზებენ მხოლოდ ერთი სუბსტრატის გარდაქმნას, ან მოქმედებენ მასთან სტრუქტურულად ძალიან ახლოს მდგომ ანალოგზე მნიშვნელოვნად ნაკლები სიჩქარით. ეს ფერმენტები ხასიათდება სტერეოსპეციფიკურობით. მაგ., დეჰიდროგენაზებს გადააქვთ წყალბადის ატომი სუბსტრატიდან კოფაქტორის ნიკოტინამიდური ბირთვის მკაცრად განსაზღვრულ მხარეს.

უჯრედებში ფერმენტები საკმაოდ კოორდინირებულად ფუნქციონირებენ, ძალიან ხშირად ერთი ფერმენტის რეაქციის პროდუქტი მეორის სუბსტრატი ხდება. სწორედ ასეთი კოორდინაცია იძლევა უჯრედებში რთული მეტაბოლური პროცესების განხორციელების საშუალებას, რომლებშიც სხვადასხვა ფერმენტი მონაწილეობს. ფერმენტების უნიკალური თვისებაა დაბალმოლეკულური ორგანული ნაერთებით ან ლითონთა იონებით მათი აქტივობის რეგულირების უნარი. უჯრედული პროცესების რეგულირების ეს მექანიზმი დამახასიათებელია ისეთი ფერმენტებისთვის, რომლებიც მონაწილეობენ რთულ ბიოსინთეზურ პროცესებში და აწარმოებენ ერთ-ერთი პირველი ფერმენტის ინჰიბირებას საბოლოო პროდუქტით, რასაც თან ახლავს მთელი პროცესის მნიშვნელოვანი შენელება ან მთლიანი შეწყვეტა.

4.2. ფერმენტული რეაქციების კინეტიკა

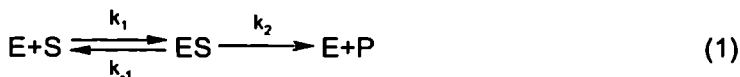
ფერმენტული რეაქციების სიჩქარე გამოისახება დროის ერთეულში გარდაქმნილი სუბსტრატის რაოდენობით. ფერმენტული რეაქციის სიჩქარე მრავალი პარამეტრით განისაზღვრება, კერძოდ: საანალიზოდ აღებული ცილის რაოდენობით, სუბსტრატის კონცენტრაციით, კოფაქტორის არსებობითა და კონცენტრაციით, ბუფერის იონური შედგენილობითა და იონური ძალით, pH-ის მნიშვნელობით,

სარეაქციო არის ტემპერატურით და ა.შ. ბიოტექნოლოგიურ პროცესებში განსაკუთრებულ ინტერესს სარეაქციო არის ტემპერატურა წარმოადგენს. უმრავლეს შემთხვევაში, ფერმენტის მოქმედების ოპტიმალური ტემპერატურა განისაზღვრება დროის მცირე, ერთიდან ათ წუთამდე ინტერვალში. ეს დრო შეესაბამება ფერმენტის მოქმედების ტემპერატურულ ოპტიმუმს, ტემპერატურის ინაქტივაციური ეფექტის გაუთვალისწინებლად, ამიტომ ის ფერმენტის მოქმედების მოჩვენებით ტემპერატურულ ოპტიმუმს წარმოადგენს. სამრეწველო პირობებში ფერმენტების გამოყენების დრო (ხანგრძლივობა), განსაკუთრებით, ბუნებრივი ბიოპოლიმერების (პოლისაქარიდების, ცილების) ჰიდროლიზის შემთხვევაში, საათებითა და დღე-ღამეებით განისაზღვრება. ამ პირობებში არ შეიძლება ფერმენტის აქტივობაზე ტემპერატურის ინაქტივაციური გავლენის უგულებელყოფა, სუბსტრატის მასტაბილიზებული ეფექტის გათვალისწინებითაც კი. ამიტომ, აუცილებელი ხდება ფერმენტის მოქმედების „ოპერატიული“ ოპტიმალური ტემპერატურული მცნების შემოღება, რაც მთელი პროცესის რეალურ მიმდინარეობას ასახავს.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია ფერმენტული რეაქციის რიგის დადგენა. პირველი რიგის რეაქციებს, როგორც ცნობილია, მიეკუთვნება რეაქციები, რომელთა სიჩქარეც რეაქციაში მონაწილე ერთ-ერთი კომპონენტის კონცენტრაციის კვადრატის პროპორციულია. მეორე რიგის რეაქციებში სიჩქარე ორი მორეაგირე კომპონენტის კონცენტრაციის ნამრავლით იზომება, ან ერთ-ერთი კომპონენტის კონცენტრაციის კვადრატის პროპორციულია. ამასთან, აღსანიშნავია, რომ $A+B \rightarrow P$ ტიპის რეაქცია ყოველთვის არ შეესაბამება მეორე რიგის რეაქციებს. მაგ., თუ ერთ-ერთი კომპონენტის (A) კონცენტრაცია გაცილებით აღემატება მეორე კომპონენტის (B) კონცენტრაციას, მაშინ რეაქცია B კომპონენტის მიმართ პირველი რიგის იქნება, რადგანაც მოცემულ შემთხვევაში რეაქციის სიჩქარე B კომპონენტის კონცენტრაციის პროპორციული იქნება. ასეთ რეაქციებს ფსევდოპირველი რიგის რეაქციებს უწოდებენ. მესამე რიგის რეაქციები სამი მორეაგირე კომპონენტის კონცენტრაციის ნამრავლის პროპორციულია. რეაქციები, რომელთა სიჩქარეც არ არის დამოკიდებული მორეაგირე კომპონენტების კონცენტრაციაზე, ნულოვანი რიგის რეაქციებს მიეკუთვნება.

ფერმენტული რეაქცია ხორციელდება ცილის იმ უბნით, სადაც განლაგებულია პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ამინომჟავების ფუნქციურად მნიშვნელოვანი ჯგუფები, რომლებიც უზრუნველყოფენ არა მხოლოდ სუბსტრატთან დაკავშირებას, არამედ მის გარდაქმნასაც. ფერმენტის ამ უბანსაქტიურიცენტრიეწოდება. ფერმენტული რეაქციის განმსაზღვრელი ეტაპია კატალიზის საწყის სტადიაზე ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის ([ES]) წარმოქმნა. ეს კომპლექსი წარმოიქმნება ფერმენტის

აქტიურ ცენტრში, შემდგომი ეს კომპლექსი იშლება ფერმენტად და რეაქციის პროდუქტად. მაგრამ ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსი შეიძლება დისოცირდეს ფერმენტად და სუბსტრატად პროდუქტის წარმოქმნის გარეშე. ორივე შემთხვევაში ხდება ფერმენტის რეგენერაცია და მისი მომზადება ახალი აქტისთვის. ქვემოთ მოყვანილი განტოლება ყველა განხილულ შემთხვევას აღწერს:



სადაც K_1 , K_2 , K_3 რეაქციის შესაბამისი ეტაპების კონსტანტებია. იდეალურ შემთხვევებში ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის ყველა შესაძლო გარდაქმნის $K_1 + K_2$ კონსტანტების ჯამი, გაყოფილი ამ კომპლექსის წარმოქმნის K_1 კონსტანტაზე, უდრის ე.წ. მიხაელისის კონსტანტას (K_m), რომელიც აღწერს რეაქციის მიმდინარეობას:

$$\frac{k_{-1} + k_2}{k_1} = K_m \quad (2)$$

მიხაელის-მენტენის კონსტანტას k_m -ის სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს როგორც სუბსტრატის ის კონცენტრაცია, რომელზეც ფერმენტული რეაქციის სიჩქარე მაქსიმალური სიჩქარის ნახევარია.

მიხაელისის კონსტანტა იზომება მოლი/ლ (ან მილიმოლი/ლ), ხოლო უხსნადი სუბსტრატის შემთხვევაში – მგ/ლ. სხვადასხვა სუბსტრატული სპეციფიკურობის ფერმენტებისთვის k_m -ის მნიშვნელობა, როგორც წესი, 0,015-250 მილიმოლის დიაპაზონშია; k_m ფრიად მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია, რომლის სიდიდე მნიშვნელოვნად მერყეობს pH-ის და სარეაქციო არის ტემპერატურის შესაბამისად. თუ ფერმენტი მოქმედებს რამდენიმე სუბსტრატზე, მაშინ ამ რეაქციების მიხაელისის კონსტანტას სიდიდეები შეიძლება ერთმანეთისგან არსებითად განსხვავდებოდნენ.

მიხაელისის კონსტანტას მეშვეობით შესაძლებელია ისეთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებლის განსაზღვრა, როგორიცაა ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის $[ES]$ კონცენტრაცია, რომელიც უდრის:

$$[ES] = \frac{[E] \cdot [S]}{K_m + [S]} \quad (3)$$

სადაც $[E]$ ფერმენტების კონცენტრაციაა; $[S]$ – სუბსტრატების კონცენტრაცია

4.3. ფერმენტული რეაქციების ინჰიბირება

ნორმალურ უჯრედებში, მეტაბოლური პროცესების დროს ფერმენტების ინჰიბირება მათი აქტივობის ფიზიოლოგიური რეგულირების ერთ-ერთი ძირითადი საშუალებაა.

ინჰიბირება ნიშნავს ფერმენტული პროცესის აქტივობის (სიჩქარის) კლებას ან მთლიანად დათრგუნვას. ხშირად ეს ხდება გარკვეული ქიმიური რეაგენტებით, რომლებსაც ინჰიბიტორები ეწოდება. ფერმენტების პრაქტიკული გამოყენებისას დიდ მნიშვნელობას იძენს ინჰიბირების ტიპის დადგენა.

განასხვავებენ შექცევად და შეუქცევად ინჰიბირებას. როცა ინჰიბიტორი ფერმენტთან კოვალენტურად არის დაკავშირებული, ეს იწვევს ერთი ან რამდენიმე ფუნქციური ჯგუფის მოდიფიკაციას და ექვიმოლური კონცენტრაციის შემთხვევაში ხშირად ხდება ფერმენტის სრული ინაქტივაცია. ეს შეუქცევადი ინჰიბირების შემთხვევებია. თუ ინჰიბიტორი კოვალენტურად არ უკავშირდება ფერმენტს, ახდენს მის ინჰიბირებას, ხოლო წარმოქმნილი კომპლექსი გარკვეული დროის ამოწურვის შემდეგ ან სარეაქციო არის pH ცვლილების შედეგად განიცდის დისოციაციას, შექცევად ინჰიბირებასთან გვაქვს საქმე. უკანასკნელი შეიძლება შეფასდეს რაოდენობრივად მიხაელის-მენტენის განტოლების მიხედვით.

ცხადია, რომ ექსპერიმენტული მონაცემების მისაღებად ამ განტოლების გამოყენება არ ივარგებს. მაგრამ, თუ კონსტანტების მიმართ გარკვეული დაშვებები იქნება მიღებული, მაშინ განტოლება მნიშვნელოვნად გამარტივდება. ინჰიბირების ტიპის დასადგენად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ლაინუივერ-ბერკის კოორდინატთა სისტემა. დისოციაციის კონსტანტების მნიშვნელობების მიხედვით შეიძლება იყოს სამი ტიპის შექცევადი ინჰიბირება: კონკურენტული, არაკონკურენტული და უკონკურენტო.

კონკურენტული ინჰიბირება. კონკურენტული ინჰიბირება თავისი არსით გამოხატავს ინჰიბიტორისა და სუბსტრატის კონკურენტციას ფერმენტის აქტიურ ცენტრთან დასაკავშირებლად. თუ დავუშვებთ, რომ $KES = \infty$, ხოლო, ეს ნიშნავს, რომ ES კომპლექსი ვერ წარმოიქმნება ES -ის დაკავშირებით I-სთან, ვერც EI დაკავშირებით [S] თან, მაშინ განტოლება შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{V_{\max}} + \frac{K_E}{V_{\max}} \left[1 + \frac{[I]}{K_E} \right] \frac{1}{[S]} \quad (4)$$

არაკონკურენტული ინჰიბირება. არაკონკურენტული ინჰიბირების დროს ინჰიბიტორი ფერმენტს უკავშირდება არა აქტიურ ცენტრში, სადაც სუბსტრატი უკავშირდება, არამედ სულ სხვა ადგილას. ამის გამო, ფერმენტის მოლეკულის კონფორმაცია იცვლება იმგვარად, რომ ხდება მისი კატალიზური ცენტრის შექცევადი ბლოკირება. თუ დავუშვებთ, რომ $K_{ESI} = K_{ES}$, სუბსტრატის ფერმენტთან დაკავშირება არ მოქმედებს ინჰიბიტორთან დაკავშირებაზე, მაშინ განტოლება შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{V_{\max}} \left[1 + \frac{[I]}{K_{ESI}} \right] + \frac{K_s}{V_{\max}} \left[1 + \frac{[I]}{K_{ESI}} \right] \cdot \frac{1}{[S]} \quad (5)$$

ლაინვიერ-ბერკის კოორდინატთა სისტემაში განტოლება გამოისახება წრფით და რეაქციის მნიშვნელოვანი მაჩვენებლების დადგენის საშუალებას იძლევა (ნახ. 3.4ბ). არაკონკურენტული ინჰიბირების დროს ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსი არააქტიურ მდგომარეობაში გადადის. აქედან გამომდინარეობს, რომ სუბსტრატის კონცენტრაციის გაზრდა ინჰიბირების პროცესზე არ მოქმედებს. ამ თავისებურებით არაკონკურენტული ინჰიბირება განსხვავდება კონკურენტულისაგან. ფერმენტები, რომელთა აქტივობის გამოვლენისთვის ლითონთა იონებია საჭირო, ინჰიბირდება მათი კომპლექსწარმომქმნელი აგენტებით, არაკონკურენტული ინჰიბირების მექანიზმებით.

უკონკურენტო ინჰიბირება. უკონკურენტო ინჰიბიტორი მხოლოდ ES კომპლექსს უკავშირდება და წარმოქმნის არააქტიურ ESI კომპლექსს, რის გამოც ფერმენტული რეაქცია ინჰიბირდება. თუ მიღებული იქნება დაშვება, რომლის თანახმადაც $K_{EI} = \infty$, ეს გამორიცხავს ფერმენტისა და ინჰიბიტორის კომპლექსის წარმოქმნას, მაშინ ძირითადი განტოლება შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{V_{\max}} \left[1 + \frac{[I]}{K_{ESI}} \right] + \frac{K_s}{V_{\max}} \cdot \frac{1}{[S]} \quad (6)$$

უნდა აღინიშნოს, რომ მონოსუბსტრატულ რეაქციებში უკონკურენტო ინჰიბირება იშვიათი მოვლენაა. ასეთი ტიპის ინჰიბირება ძირითადად გვხვდება პოლისუბსტრატულ რეაქციებში.

4.4. იზოფერმენტები

ფერმენტებს, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა გენის ექსპრესიის პროდუქტებს, არსებობენ ერთ უჯრედში და ერთი და იმავე რეაქციის კატალიზს ახორციელებენ, იზოფერმენტები ეწოდება. იზოფერმენტების შეფასებისას გარკვეული სიფრთხილეა საჭირო. ეს იმითაა გამოწვეული, რომ ხშირად გამოყოფის პროცესში ფერმენტები ნაწილობრივ დენატურაციას განიცდიან (პროტეოლიზი, წყალბადური ბმების დაშლა, კოფაქტორების ჩამოცილება). ეს, ალბათ, გამოწვეულია ორგანული გამსხეულების გამოყენებით, pH -ის გადანაცვლებით ოპტიმალური მნიშვნელობიდან, სარეაქციო არის ტემპერატურის ცვლილებით და სხვ. შედეგად, შესაძლებელია ცილის მოლეკულის ჯამური მუხტის შეცვლა. იქმნება შთაბეჭდილება, რომ დადგენილია თვისებრივად ახალი ცილის, იზოფერმენტის არსებობა, თუმცა პრაქტიკულად საქმე გვაქვს ნაწილობრივ დენატურირებულ ფერმენტთან. ამიტომ, იზოფერმენტების არსებობის დასადგენად რეკომენდებულია ელექტროფორეზის მეთოდის გამოყენება ნატრიუმის დოდეცილსულფატის არეში. ამ პირობებში დარღვეულია ცილის სივრცითი სტრუქტურა, პოლიპეპტიდი გადაყვანილია ხაზოვან მდგომარეობაში და ცილის ზოლებად დაყოფა მოლეკულების ჭეშმარიტი მუხტის ხარჯზე ხდება.

იზოფერმენტების არსებობა თითქმის ყველა ტიპის ფერმენტისთვის არის დადგენილი. ძნელი სათქმელია, იზოფერმენტები ევოლუციის პროცესის შედეგად წარმოიქმნა თუ მუტაციის შედეგად. ყოველ შემთხვევაში, იზოფერმენტების ნაირგვარობა სრულიად განსხვავებული ორგანიზმებისთვის ჩვეულებრივი ფაქტია.

ბიოტექნოლოგიური მიზნებისთვის იზოფერმენტები საინტერესოა იმ თვალსაზრისითაც, რომ მათ აქვთ განსხვავებული ხვედრითი აქტივობა და ზოგიერთი კრიტიკული პირობებისადმი სტაბილურობა და, მაშასადამე, შეუძლიათ კლონირებისთვის გამიზნული სტაბილური ფერმენტების გენების ფონდის გამდიდრება.

4.5. მულტიფერმენტული ცილები

მულტიფერმენტულს უწოდებენ ცალკეულ, ან ერთმანეთთან ქიმიურად დაკავშირებულ ცილებს, რომელთა მოლეკულა ერთზე მეტ ფერმენტულ აქტივობას ავლენს. ამჟამად, მულტიფერმენტულ კომპლექსებს მულტიფერმენტულ პოლიპეპტიდებს უწოდებენ. ამის მაგალითია E.coli-დან გამოყოფილი მულტიფერმენტული პოლიპეპტიდი, რომლის მოლეკულური მასაა 86 კდა (კილოდალტონი) და რომლისთვისაც დამახასიათებელია ასპარტატკინაზული და ჰომოსერინდეჰიდროგენაზული აქტივობები. ყურადღებას იპყრობს ცხიმოვანი მჟავების სინთაზა, რომელიც ცხიმოვანი მჟავების ბიოსინთეზის პროცესში ყველა თანმიმდევრულ რეაქციას ახორციელებს, გარდა აცეტილ-KoA კარბოქსილირებისა. საინტერესოა არომატული

ამინომევაბის L-ტრიპტოფანის, თიროზინის და ფენილალანინის ბიოსინთეზის პროცესში მონაწილე მულტიფერმენტული პოლიპეპტიდები (1 და 2 კომპლექსები), რომლებიც აკატალიზებენ რამდენიმე თანმიმდევრულ რეაქციას. მულტიფერმენტული პოლიპეპტიდები იმითაც არის საინტერესო, რომ ისინი მნიშვნელოვნად ამსუბუქებენ რთული გარდაქმნების განხორციელებას და ასევე, მთელი პროცესის რეგულირების წინაპირობებს ქმნიან.

როგორც გამოირკვა, დიმერული და ტეტრამერული ცილების in vivo აწყობა საკმაოდ ეფექტურად მიმდინარეობს. ამასთან დაკავშირებით სპეციალურადაა შემუშავებული ერთი უჯრედის მიერ ორი რეკომბინანტული ცილის სინთეზის სისტემა. ამ მიზნით მასპინძლის უჯრედები ორი ვექტორით ტრანსფიცირდება, რომელთაგან თითოეული ერთ-ერთი სუბერთეულის გენს შეიცავს. საბოლოოდ, ციტოპლაზმაში სრულფასოვანი სუბერთეულებისგან შედგენილი ცილის მოლეკულა ყალიბდება.

4.6. მიკრობული წარმოშობის სამრეწველო დანიშნულების ფერმენტები

ფერმენტების მიღება სამრეწველო მასშტაბებში ყველა ბიოლოგიური ობიექტიდან წარმოებს, მაგრამ აღიარებულია, რომ ფერმენტების მიღების საუკეთესო წყარო არის მიკროორგანიზმები. ამას შემდეგი ფაქტორები ადასტურებენ:

თანამედროვე მიდგომები მიკრობული კულტურების სელექციისადმი (სელექცია ველური კულტურებიდან, მუტაცია, გენური ინჟინერია) და კულტივირების პირობების ოპტიმიზაცია, პრაქტიკულად ნებისმიერი მიკრობული ფერმენტის ბიოსინთეზის დონის მნიშვნელოვნად ამაღლების საშუალებას იძლევა;

სამრეწველო პირობებში გამოყენებულ შტამ-პროდუცენტს საძიებელი ფერმენტის სინთეზის ისეთი უნარი უნდა გააჩნდეს, რომელიც მისი ორგანიზმის ფიზიოლოგიურ მოთხოვნილებაზე გაცილებით მეტი რაოდენობით ფერმენტის სინთეზის საშუალებას იძლევა;

მიკროორგანიზმების კულტივირების პროცესზე სეზონურობის ფაქტორის ზემოქმედება გამორიცხულია;

ექსტრემალურ პირობებში მცხოვრები მიკროორგანიზმების არსებობა სხვადასხვა კრიტიკული ფაქტორების მიმართ სტაბილური ფერმენტების მიღების საშუალებას იძლევა, რასაც სამრეწველო პროცესებში ხშირად გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს.

სხვადასხვა ტაქსონომიური ჯგუფის წარმომადგენელი მიკროორგანიზმებისათვის დამახასიათებელია ფერმენტების ბიოსინთეზის ფართო სპექტრი. თავად მიკროორგანიზმების უნიკალური მრავალფეროვნება, გენური ინჟინერიის შესაძლებლობების გათვალისწინებით, ქმნის სასურველი ფერმენტების შერჩევის იდეალურ შესაძლებლობას პრაქტიკულად ყველა კონკრეტული მიზნისათვის;

მიკროორგანიზმების მიერ ფერმენტების ბიოსინთეზის გაძლიერება ფერმენტების ინდუქციით მიიღწევა, ხოლო ახალი, უნიკალური თვისებების მქონე ფერმენტების სინთეზის უნარის შეძენა მხოლოდ შესაბამისი გენების კლონირების მეშვეობითაა შესაძლებელი. ამ მიზნით ფართოდ გამოიყენება ისეთი გენეტიკურად კარგად შესწავლილი ორგანიზმები, როგორიცაა პროკარიოტები: *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* და სხვ.; ეუკარიოტები: *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae*, *Phanerochaeta chrisosporium* და სხვ.

იმისათვის, რომ მიკროორგანიზმის სამრეწველო კულტურა კონკურენტუნარიანი იყოს, მას შემდეგი თვისებები უნდა ახასიათებდეს:

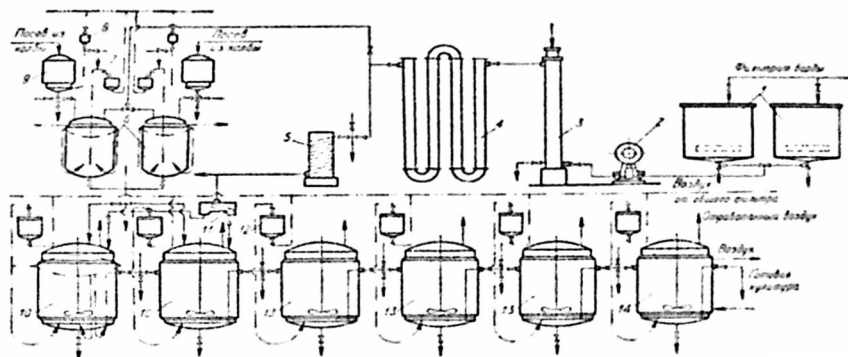
იაფ საკვებ არეზე ფერმენტების სინთეზის უნარი (უჯრედში ან კულტურალურ სითხეში); განსაკუთრებული შემთხვევების გარდა, მიკროორგანიზმის კულტურა არ უნდა ავლენდეს ტოქსიკურ თვისებებს;

წარმოქმნილი ფერმენტი უნდა გამოირჩეოდეს საკმარისი სტაბილურობით მისი შემდგომი გამოყენების პირობების შესაბამისად;

კულტურა-პროდუცენტი, რომელიც უფრო ხშირად მუტანტი, ფუზანტი ან ტრანსფორმანტია, სასურველია ხასიათდებოდეს ძირითადი ფერმენტის სინთეზის კონსტიტუციური მექანიზმით და კულტურალური მეტაბოლიტების მინიმალური მაინჰიბირებელი მოქმედებით. იხ. გვ. 168 სურ. 4.1

ზემოთ ჩამოთვლილი თვისებები სამრეწველო მნიშვნელობის კულტურებისთვის ამომწურავი არ არის, რადგანაც თითოეულ კონკრეტულ შტამს გარკვეული თავისებურებები ახასიათებს, რომელთა გაუთვალისწინებლობაც სამრეწველო კულტივირებისას შეიძლება გადამწყვეტ ფაქტორად იქცეს. არსებობს საფუძვლიანი მოსაზრება, რომ სადღეისოდ ცნობილია მიკრობული გარდაქმნების მხოლოდ 30-40%. ეს კი ნიშნავს, რომ არსებობს ბიოქიმიკოსებისათვის უცნობი ფერმენტები და პოტენციურად მნიშვნელოვანი მეტაბოლური გზები. ასეთი თვისებების მქონე კულტურების გამოყოფა და მათი დაწვრილებითი გენეტიკურ-ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური დახასიათება მნიშვნელოვნად გაამდიდრებს ფერმენტების არსენალს. ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით საინტერესოა იმ მიკროორგანიზმების ფერმენტები, რომელთაც ზრდისა და განვითარების ოპტიმუმი გააჩნიათ ჩვეულებრივი ფორმებისთვის (მეზოფილური კულტურებისთვის) განსხვავებულ, ხშირად ექსტრემალურ პირობებში. ესენია, კერძოდ: თერმოფილები, აციდოფილები, ალკალიფილები, ფსიქროფილები, ჰალოფილები, ბაროფილები. მიკროორგანიზმების ამავე ჯგუფს შეიძლება მივაკუთვნოთ მიკროორგანიზმების ის ავტოტროფული ფორმები, რომლებიც რიგი მეტაბოლიტების სინთეზისათვის ძალიან მწირი ქიმიური შედგენილობის გარემოში ბინადრობენ. მაგ., ბაზიდიალური სოკოები მიკროორგანიზმების ერთადერთი ჯგუფია, რომელიც

ლიგნინის დამშლელ მეტად მნიშვნელოვან ფერმენტებს წარმოქმნის. არამიკრობული წარმოშობის ფერმენტები სხვადასხვა მიზეზის კერძოდ, დაბალი სტაბილურობის, სიძვირის, სეზონურობისა და სხვა ფაქტორების გამო შედარებით იშვიათად გამოიყენება. მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ფერმენტების გამოყენების ძირითადი მიზეზი კომერციული მიკრობული ანალოგების არარსებობაში მდგომარეობს. ასეთი ფერმენტების მაგალითებია: ცხოველური წარმოშობის რენინი, ლელვიდან გამოყოფილი ფიკინი, პაპაინი და სხვ. საწარმოო მასშტაბით მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ფერმენტების მისაღებად ბოლო დროს წარმატებით იყენებენ უჯრედული ქსოვილებისა და ცალკეული ორგანიზმების კულტივირებას.



სქემა 4.1. მიკროსკოპული სოკოების უწყვეტი კულტივირების ტექნოლოგიური სქემა

მიუხედავად, იმისა, რომ სამრეწველო ფერმენტების დიდი უმრავლესობა რეალიზდება ტექნიკური პრეპარატების სახით, მათი გარკვეული ნაწილი მაინც იქმნდება მაღალი ცილოვანი სისუფთავის დონემდე. ამასთან, ხდება რამდენიმე ამოცანის გადაჭრა: ამორებენ ტოქსიკურ და არასასურველ მეტაბოლიტებს და ბალასტურ ცილებს, ხდება აქტივობის სტანდარტიზება. ამრიგად, უზრუნველყოფილია პრეპარატის მაღალი სისუფთავის ხარისხი და სტაბილურობა. მთავარი სირთულე კულტურალური სითხის არაერთგვაროვანი შედგენილობის გამო იქმნება. ეს სითხეები ხშირად დიდი რაოდენობით კოლოიდებს შეიცავენ და არასასურველი მაღალი სიბლანტე აქვთ.

α-ამილაზა. მრეწველობაში იყენებენ როგორც ბაქტერიულ, ასევე სოკოვანი წარმოშობის ამილაზებს. ის ახორციელებს სახამებლის მოლეკულაში შიდამოლეკულური ბმების მოუწყვსრიგებელ ჰიდროლიზს, რაც სახამებლის ხსნარების სიბლანტის სწრაფ კლებას იწვევს.

გლუკოამილაზა (ამილოგლუკოზიდაზა) წარმოქმნის β -D-გლუკოზას სახამებლისა და მისი ნაწილობრივი ჰიდროლიზის პროდუქტების (დექსტრინების) არარედუცირებადი ბოლოებიდან გლუკოზის ნაშთის ჰიდროლიზური წყვეტით. ეს ფერმენტი ეუკარიოტული ორგანიზმებისთვის – სოკოებისთვის არის დამახასიათებელი და ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში, სადაც საჭიროა სახამებლის დაშაქრება. უჯრედგარე გლუკოამილაზას წარმოქმნიან სოკოები *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* და სხვა გვარების წარმომადგენლები.

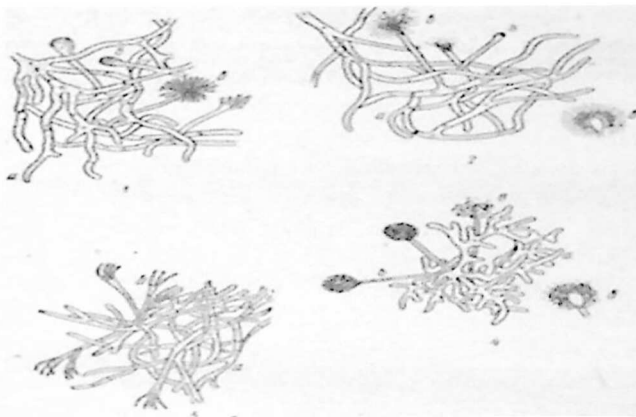
β -ამილაზა ფართოდ არის გავრცელებული უმაღლეს მცენარეებში. შლის ამილოზასა და ამილოპექტინს მალტოზამდე ჯაჭვის არააღდგენილი ბოლოებიდან β -ანომერულ ფორმაში. ფერმენტი არ მოქმედებს $\alpha(1-6)$ ბმაზე, ანუ ამილოპექტინის განშტოებებზე. β -ამილაზას ზოგიერთი ბაქტერია წარმოქმნის *Bacillus*, *Pseudomonas*, *streptomyces* გვარების წარმომადგენლები. დიდი მოთხოვნილებაა β -ამილაზაზე ლუდისა და სპირტის წარმოებაში.

პულულანაზა – $\alpha(1-6)$ ბმების ჰიდროლიზის მეშვეობით შლის განშტოებებს ამილოპექტინში და გლიკოგენში. იგი განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება სახამებლის სრული ჰიდროლიზისათვის. პულულანაზა ფართოდ არის გავრცელებული გრამდადებით და გრამუარყოფით ბაქტერიებში. სამრეწველო მიზით ფერმენტს გამოყოფენ კულტურიდან *Klebsiella pneumoniae*.

გლუკოზოიზომერაზა (ქსილოზოიზომერაზა) გამოიყენება მაღალი კონცენტრაციით ფრუქტოზის შემცველი დამატკობლების მისაღებად მარცვლეულიდან. ფერმენტს, რომელიც ახდენს გლუკოზის ფრუქტოზად გარდაქმნის კატალიზს, იყენებენ სვეტში იმოზილიზებული უჯრედების სახით. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ამ ტიპის დამატკობელ კონცენტრატებს აწარმოებენ აშშ-ში. ფრუქტოზის კონცენტრატების წარმოება დაიწყო ევროპაში, იაპონიასა და ავსტრალიაში. გლუკოზოიზომერაზას გამოყოფენ ბაქტერიებიდან: *Bacillus coagulans*, *Lactobacillus brevis*, *Streptomyces albus*.

პროტეოლიზური ფერმენტები. ყველა მიკრობული პროტეაზა შეიძლება დაიყოს ექვს ჯგუფად: სერინის, ტრეონინის, ცისტეინის, ასპარტამის, გლუტამინის პროტეაზები და მეტალოპროტეაზები. განსაკუთრებით ფართო პრაქტიკული გამოყენება ქვემოთ მოყვანილმა სამმა ჯგუფმა პოვა.

მჟავა პროტეაზები. ამ ტიპის ფერმენტები ბაქტერიებში გვხვდება, მაგრამ უფრო მეტი რაოდენობით მათ უმაღლესი სოკოები წარმოქმნიან. მჟავა პროტეაზების პროდუქტებად განსაკუთრებით ცნობილია მიკრომიცეტების შემდეგი გვარების წარმომადგენლები: *Aspergillus*, *Mucor*, *Endothia*. რძის კოაგულირების უნარის გამო ეს ფერმენტები ხშირად რენინის შემცვლელებადაც გამოიყენება.



სურ. 4.2. ობის სოკოები: 1 – *Asp. Oryzae*; 2 – *Asp. Niger*, 3 – *Penicillium*, 4 – *Mucor*,

Aspergillus oryzae ზოგიერთი შტამიდან ორგანული გამხსნელებით დალექვით ლებულობენ ფერმენტულ პრეპარატს **ტაკადიასტაზას**, რომელიც შეიცავს მჟავა და ნეიტრალურ პროტეაზებს, α -ამილაზას და მცირე რაოდენობით პექტინაზებს. პრეპარატი გამოიყენება სოიას ცილის ჰიდროლიზისთვის, აღმოსავლეთის ქვეყნებში ძალიან პოპულარული სოიას სოუსის დასამზადებლად.

მაჭიკი – ხბოს კუჭის ექსტრაქტი შეიცავს ფერმენტ **რენინს**. ძვირად ღირებული და დეფიციტური მაჭიკის ფერმენტის შეცვლა იაფი და ხელმისაწვდომი მიკრობული ფერმენტით, არის ის ფაქტორი, რომელიც არსებითად განაპირობებს ყველის ხარისხს, ღირებულებას და დარგის შემდგომ განვითარებას.

სოკოური წარმოშობის პროტეაზები ფართოდ გამოიყენება წებოვანას ნაწილობრივი დეგრადაციისთვის. ეს პურის ცხობის პროცესის სტანდარტიზების, მოხელვისა და დაყვნების პერიოდების შემცირების საშუალებას იძლევა.

სხვა ფერმენტების (გლუკოზოოქსიდაზა, ფრუქტოფურანოზიდაზა, გალაქტოზიდაზა, პექტინაზები, პაპაინი, ტრიპსინი, ქიმოტრიპსინი, სოკოური და ბაქტერიული წარმოშობის პროტეაზა) გამოყენება კვების და მსუბუქი მრეწველობის დარგებში საგრძნობლად გაიზარდა და პრაქტიკულად ყოველ 5-10 წელიწადში ორმაგდება.

უახლოეს მომავალში ფერმენტული პრეპარატების გამოყენების მნიშვნელოვანი ზრდა განპირობებულია საკვები შაქრის მისაღებად ლიგნოცელულოზური სუბსტრატების ფერმენტული ჰიდროლიზით. ამ მიმართულებით დიდი სამუშაო ტარდება: სელექციურად შერჩეულია დიდი რაოდენობით მიკროსკოპული სოკოების კულტურები, რომელთაც ახასიათებთ უჯრედგარე ცელულაზების სუპერსინთეზი;

კლონირებით მიღებულია ათეულობით ბაქტერიული კულტურა-ტრანსფორმანტი, რომლებიც ახორციელებენ ცელულაზების ცალკეული კომპონენტების (ძირითადად ენდოგლუკანაზების) სინთეზს; დამუშავებულია ცელულაზების სხვადასხვა კომერციული პრეპარატის წარმოების ტექნოლოგიები, რომლებიც ცელულაზების შემადგენელი კომპონენტების განსხვავებული აქტივობით და კრიტიკული პირობებისადმი განსხვავებული მედეგობით გამოირჩევიან; შემუშავებულია ლიგნოცელულოზური ნედლეული მასალის წინასწარი დამუშავების სხვადასხვა ტექნოლოგია, რაც ზრდის გლუკოზის გამოსავალს ფერმენტული ჰიდროლიზის შედეგად და სხვა. არსებული მდგომარეობა იძლევა იმედს, რომ ეს უმნიშვნელოვანესი პრობლემა უახლოეს მომავალში გადაიჭრება. ამ შემთხვევაში მოსალოდნელია ცელულაზების პრეპარატების (თერმოსტაბილური, ტუტე არეში მოქმედი; ცალკეული ცელულაზური კომპონენტებით გამდიდრებული და სხვა) მასობრივი წარმოება ისეთი რაოდენობით, რომელიც საგრძნობლად აღემატება თანამედროვე ფერმენტულ ი ინდუსტრიის მთლიან მასშტაბს.

ცხრილი 4.1.

Aspergillus niger - ის გვარის სოკოები ფერმენტების პროდუცენტები

ლიპაზა	peqtinesTeraza
გლუკოამილაზა	Kკატალაზა
პროტეაზა	α-გალაქტოზიდაზა
α-ამილაზა	ინულინაზა
ფოსფოლიპაზა	β-გლუკოზიდაზა
ფიტაზა	გალაქტომანაზა
გლუკოზოოქსიდაზა	არაბინაზა
პექტინაზა	

რაც შეეხება მაღალი ცილოვანი სიწმინდის ფერმენტული პრეპარატების წარმოებას, ეს მთელი დარგის მაგისტრალური მიმართულებაა. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ბოლო ორი ათწლეული, როდესაც ფერმენტების გასუფთავების მეთოდების სრულყოფა საშუალებას იძლევა სამრეწველო მასშტაბებში განხორციელდეს ფერმენტების გაწმენდის პროცესები. ამ პროცესის დიდ ხელის შემწყობ ფაქტორად უნდა ჩაითვალოს სპეციალური აპარატურის შექმნა. ცხადია, რომ ამ აპარატურის გამოყენება საშუალებას იძლევა მივიღოთ მაღალი სისუფთავის მქონე ფერმენტები, რომლებიც გამოიყენება მედიცინაში. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის სამედიცინო პრაქტიკაში გამოყენებული მაღალი სისუფთავის ფერმენტების რიცხვი რამდენიმე ათეულს არ აღემატება.

აგროსისტემების განახლებადი რესურსები

5.1. აგროსისტემების ბიოტექნოლოგიური სუბსტრატების კლასიფიკაცია

ახალგაზრდა სამეცნიერო-ტექნოლოგიური დარგის – ბიოტექნოლოგიის პოტენციალს სუბსტრატები განსაზღვრავს. ბიოტექნოლოგიაში გამოყენებული სუბსტრატები იმდენად მრავალგვარია, რომ მათი კლასიფიცირება ქიმიური ბუნების ან სტრუქტურის მიხედვით პრაქტიკულად შეუძლებელია. ბიოტექნოლოგიური გარდაქმნებისთვის გამიზნული სუბსტრატების კლასიფიკაცია სხვა კრიტერიუმებით გაცილებით უფრო მოხერხებულია, მაგ., როგორც განახლებადი და არაგანახლებადი, ხსნადი და უხსნადი, კრისტალური და ამორფული, მონომერული, ოლიგომერული და პოლიმერული, ბუნებრივი და სინთეზური; მუნიციპალური, წარმოებული და სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენები.

ბიოტექნოლოგიური ნედლეულის მრავალგვარობა რამდენადმე ართულებს მათ რაოდენობრივ შეფასებას. უეჭველია, რომ რაოდენობრივი თვალსაზრისით ბიოტექნოლოგიურ გარდაქმნებში პირველ ადგილზე მცენარეული წარმოშობის განახლებადი სუბსტრატებია.

შემდეგ მოდის ნავთობპროდუქტების გადამუშავების ნარჩენები. მათი კოლოსალური რაოდენობის მიუხედავად, ამ კატეგორიის სუბსტრატები ჯერ კიდევ ვერ პოულობენ შესაბამის გამოყენებას ბიოტექნოლოგიაში.

ნარჩენთა სხვა კატეგორიებს შორის პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს აგრობიოლოგიური, საკვების, ფარმაცევტული წარმოების ნარჩენები, ვარგისიანობის ვადაგასული წამლები, ძნელად ჰიდროლიზებადი ბიოპოლიმერების (ცელულოზის, ქსილანის, ლიგნინის) შემცველი საკვები ნარჩენები. ეს სუბსტრატები საკმარისი რაოდენობით შეიცავენ ნახშირბადშემცველ კომპონენტებს, კერძოდ, უხსნად ნივთიერებებს – ცელულოზას, ქსილანს, ლიგნინს და ა.შ., ხსნადს – ნახშირწყლებს, ორგანულ მჟავებს, ამინომჟავებსა და სხვა ძვირფას ნივთიერებებს. სუბსტრატების ცალკე კატეგორიას ქმნის საავადმყოფოებისა და პოლიკლინიკების ნარჩენები, რაც განსაკუთრებულ დამოკიდებულებას მოითხოვს.

5.1.1. განახლებადი ბიომასა

განახლებადი მცენარეული ბიომასა საზოგადოების არსებობისთვის სულ უფრო მნიშვნელოვანი ნელდებული ხდება. ეს იმით არის განპირობებული, რომ ყველა სახის ენერგიის მატარებლების, განსაკუთრებით კი ნავთობპროდუქტების მოხმარებამ არნახულ მასშტაბებს მიაღწია. მიუხედავად პროგნოზირების სირთულისა, სპეციალისტების აზრით, უკვე რამდენიმე ათწლეულის შემდეგ ნავთობის მარაგი იმდენად შემცირდება, რომ გაჩნდება ალტერნატიული სათბობის გამოყენების აუცილებლობა.

ამ მიმართულებით ყველაზე პერსპექტიულია მცენარეული ნედლეულის (ბიომასის) გადამუშავება ისეთი ტექნოლოგიით, რომელიც თხევადი და აირადი სათბობის მიღების საშუალებას იძლევა. აქედან გამომდინარე, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარეული ბიომასის რაოდენობრივ შეფასებას როგორც ცალკეულ ქვეყნებში, ასევე მთელი პლანეტის მასშტაბით. განახლებადი ბიომასის წარმოქმნის მიმართ პლანეტის პოტენციალი არაერთგზის იქნა დაანგარიშებული. დადგენილია, რომ ყოველწლიურად დედამიწაზე ხდება 120-150 მილიარდი ტონა ნახშირბადის ფიქსაცია ფოტოსინთეზის გზით, თუ ამას დავუმატებთ ოკეანეში ფიქსირებულ 40 მილიარდ ტონა ბიომასას, ცხადი ხდება, რომ ჩვენი პლანეტის მიერ განახლებადი მცენარეული ბიომასის პოტენციალი 200 მილიარდ ტონას უახლოვდება. ამ ბიომასის თითქმის 60% ლიგნოცელულოზურ ნედლეულს წარმოადგენს.

განახლებადი ბიომასის მეტი წილი ტყის მასივებზე მოდის (ცხრილი 2.1). ასევე საკმაოდ მნიშვნელოვანია მსოფლიო ოკეანის აკვატორიაში მწვანე წყალმცენარეების როლი (ხვედრითი წილი 35,2%). ყურადღებას იქცევს ის ფაქტიც, რომ კულტურული მცენარეების ბიომასა მთელი განახლებადი მასის მხოლოდ 5,9%-ს შეადგენს.

ცხრილი 5.1. ფოტოსინთეზურად განახლებადი მცენარეული პოლიმერები

კომპონენტი	% საერთო ბიომასიდან
ტყე (ხის მასალა)	44.5
მინდვრები (ბალახი)	9.7
ს/ს ნათესები (სიმინდი, ხორბალი, სოიო)	5.9
უდაბნოები	1.5
მდინარეები	3.2
ოკეანე (წყალმცენარეები)	35.2

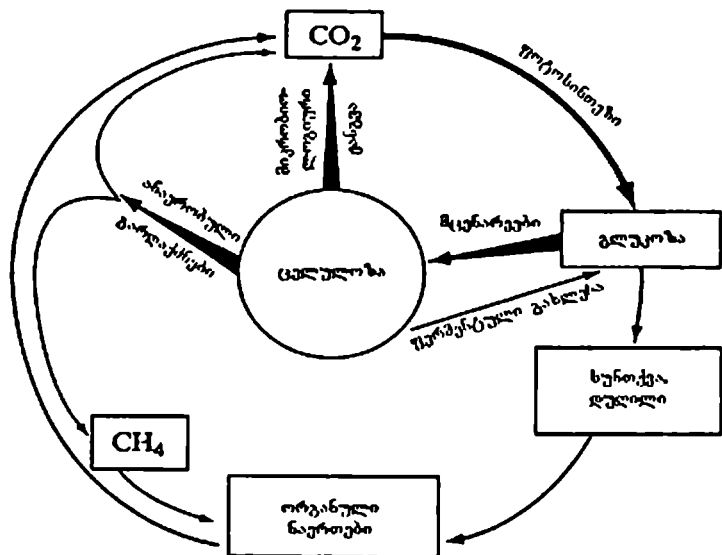
დედამიწაზე არასოდეს შეინიშნებოდა ორგანულ ნაერთთა განსაკუთრებული სიჭარბე, მიუხედავად იმისა, რომ მცენარეები მილიონობით წლის განმავლობაში ახდენენ ნახშირწყლების სინთეზს, რომელთაგანაც სხვადასხვა ორგანული ნაერთები წარმოიქმნება. ანაერობულ პირობებში აღდგენილი მცენარეული მასის მხოლოდ მცირედი ნაწილი შემოინახა ქვანახშირის, ბუნებრივი აირისა და ნავთობის სახით. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ორგანულ ნაერთთა სინთეზს თან ახლავს გარდაქმნები, რომლებიც განსაკუთრებით ინტენსიურად ხდება ანაერობულ პირობებში.

ჩვენს პლანეტაზე, როგორც დინამიკურ, დანარჩენი სამყაროსაგან იზოლირებულ სისტემაში, ნებისმიერი ქიმიური ელემენტის დიდი რაოდენობით გარედან შეღწევა შეუძლებელია. ამიტომ, როგორც არ უნდა დიდი იყოს მთელი პლანეტის ნახშირბადის პოტენციალი, რაღაც ხარისხით ის ყოველთვის შეზღუდულია.

სპეციალისტები თანხმდებიან, რომ, მიუხედავად პერმანენტული ურბანიზაციისა და ინდუსტრიალიზაციისა, პლანეტის ფოტოსინთეზური პოტენციალი შეიძლება გაიზარდოს 50%-ით მაინც. ეს შესაძლებელია ნახშირბადის უფრო აქტიური წრებრუნვით ორ ტერმინალურ მდგომარეობას - ნახშირორჟანგსა და ორგანულ ნაერთებს შორის. ამ პროცესის (ნახშირბადის წრებრუნვის) მაღლიმიტირებელი ეტაპი არის ფოტოსინთეზი. იმავე გამოთვლებიდან გამომდინარე ცხადი ხდება, რომ ფოტოსინთეზის პროცესის ინტენსიფიკაცია შესაძლებელს გახდის განახლებადი მცენარეული ნედლეულის რაოდენობის გაზრდას წელიწადში არანაკლებ 75 მილიარდ ტონამდე. ცნობილია, რომ მცენარეთა მასის 70-80%-ს პოლიმერები შეადგენენ, რომლებიც ძირითადად გლუკოზისა და პენტოზების პოლიკონდენსაციის შედეგია, შესაბამისად მიიღება ცელულოზა და ჰემიცელულოზა.

ცელულოზა – ბუნებაში ყველაზე გავრცელებული პოლიმერია. ცელულოზა ნებისმიერი მცენარეული მასალის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტია. მისი შემცველობა მცენარეულ ბიომასაში საშუალოდ 50%-ს შეადგენს, ხოლო ხის მასაში (მრავალწლიანი მცენარეები) 60-70%-ს. ცელულოზა შედგება D-გლუკოზის ნაშთებისაგან, რომლებიც ერთმანეთს $\beta(1-4)$ -გლიკოზიდური ბმებით უკავშირდებიან. ცელულოზაში გლუკოზის პოლიმერიზაციის ხარისხი აღემატება 10 000, ხოლო მოლეკულური მასა დაახლოებით 1,5 მილიონია. ცელულოზა წყალში უხსნადი ბიოპოლიმერია. ნატიურ მდგომარეობაში მისი პოლიმერული ჯაჭვები მცენარეებში წარმოდგენილია ფიბრილების სახით. წყალბადურ ბმათა დიდი რაოდენობა და სისტემური ბუნება უზრუნველყოფს კრისტალური უბნების არსებობას, რომლებიც ამორფულ უბნებს ენაცვლება.

გამოთვლების თანახმად, ფოტოსინთეზით განახლებადი ცელულოზის რაოდენობა ჩვენს პლანეტაზე ყოველწლიურად 100-140 მილიარდ ტონას შეადგენს, ე.ი. პლანეტის თითოეულ მცხოვრებზე ყოველწლიურად 25 ტონამდე განახლებადი ცელულოზა მოდის.



სურ. 5.1. ცელულოზის მონაწილეობა ნახშირბადის წრებრუნვაში

დიდი ყურადღება ეთმობა ცელულოზის გადამუშავებასთან და მისი ნაწარმების მიღებასთან დაკავშირებულ ტექნოლოგიურ პროცესებს. კრისტალური სახით ცელულოზა გამოიყენება: ქიმიაში, ბიოლოგიაში, მედიცინაში, მრეწველობის სხვადასხვა დარგში, საკვები პროდუქტების წარმოებაში, მეცნიერულ კვლევებში. სამრეწველო მასშტაბით ის გამოიყენება სხვადასხვა მიზნით, მათ შორის გლუკოზის მისაღებად, რომელიც მისი სრული ჰიდროლიზის ერთადერთი პროდუქტია. სამრეწველო პირობებში ცელულოზაშემცველი ნედლეულის-მერქნის ჰიდროლიზი ორი სხვადასხვა ტექნოლოგიით ხორციელდება. პირველი – ტრადიციული მდგომარეობს მინერალური მჟავებით (მარილმჟავათი და გოგირდმჟავათი) ჰიდროლიზში. მიღებული ჰიდროლიზატი წარმოადგენს რთულ ნარევს, რომელიც შედგება მონოსაქარიდების -გლუკოზისა და პენტოზების ნარევისაგან და სპირტების - კუმარის, სინაპის, კონიფერილისაგან. ამ ნარევის შემდგომი გადამუშავებით ღებულობენ ჰიდროლიზურ სპირტს. აღნიშნულ ტექნოლოგიას ნაკლიც აქვს: მოითხოვს დიდი ტევადობის სპეციალურ მჟავაგამმლე ჭურჭელს, გადამუშავებული მჟავების რეგენერაციას, ხასიათდება შრომის

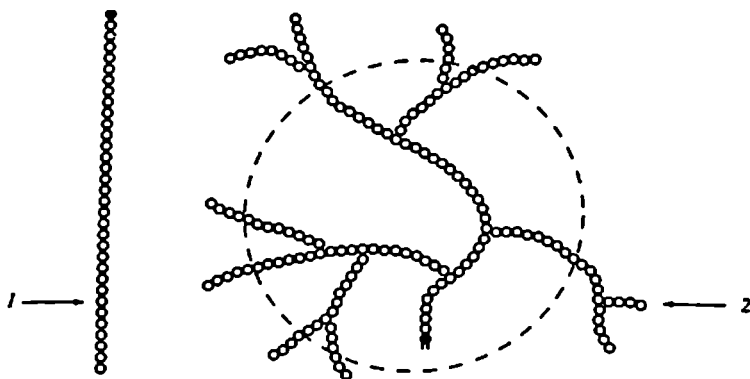
მძიმე პირობებში, არის სერიოზული ეკოლოგიური გაჭუჭყიანების წყარო. მიუხედავად ამისა, აღნიშნული ტექნოლოგია ჯერ კიდევ მრავალ ქვეყანაში გამოიყენება. მეორე ტექნოლოგია, რომელმაც ჯერ ვერ პოვა ფართო პრაქტიკული გამოყენება, დაფუძნებულია ცელულოზის ფერმენტულ ჰიდროლიზზე. ცელულაზური კომპლექსი შედგება სულ მცირე სამი ფერმენტისაგან: β -ენდო(1-4)-გლუკანაზა, რომელიც აჰიდროლიზებს შიდამოლეკულურ β (1-4) ბმებს ჰიდროლიზის მოუწესრიგებელი მექანიზმით; ეგზო(1-4)-გლუკანაზა ანუ ცელობიოჰიდროლაზა, რომელიც სხვადასხვა სიგრძის ცელოლიგოსაქარიდების არააღდგენილი ბოლოდან ხლეჩს დისაქარიდ ცელობიოზას; β -გლუკოზიდაზა დაბალმოლეკულური (ხსნადი) ფერმენტი, რომელიც ცელოლიგოსაქარიდების არააღდგენილი ბოლოდან ხლეჩს გლუკოზის ნაშთს.

ჰემიცელულოზა (ქსილანი). ჰემიცელულოზა არის პენტოზების ბიოპოლიმერი და ძირითადად შეიცავს D-ქსილოზის ნაშთებს, რომლებიც ერთმანეთთან β (1-4) გლიკოზიდური ბმებითაა დაკავშირებული. რაოდენობრივად ჰემიცელულოზა, როგორც განახლებადი მცენარეული სუბსტრატი, ცელულოზის შემდეგ მეორე ადგილზეა. მცენარეებში ის ასრულებს სამარაგო და საყრდენ ფუნქციებს. სხვადასხვა წარმოშობის ჰემიცელულოზა, გარდა ქსილოზისა, შეიცავს არაბინოზას, იშვიათად გლუკოზას, გალაქტოზასა და გლუკურონის მჟავას.

ჰემიცელულოზა საკმაოდ იოლად განიცდის მიკრობიოლოგიურ დეგრადაციას მიცელიალური სოკოების სხვადასხვა ტაქსონომიური ჯგუფებით: *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Allesheria*. ბაქტერიები ასევე ხასიათდებიან ქსილანის ფერმენტული დაშლის უნარით. ამ უნარით განსაკუთრებით გამოირჩევიან *Bacillus*, *Streptomyces* და *Clostridium* სახეობის წარმომადგენლები.

ჰემიცელულოზის დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობიდან გამომდინარე, ინტენსიურად ისწავლება ფერმენტები, რომლებიც მას შლიან შემადგენელ პენტოზებად.

სახამებელი მცენარეთა უმრავლესობის აუცილებელი შემადგენელი კომპონენტი და მთავარი სამარაგო ნივთიერებაა. დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობისა და გამოყოფის სიმარტივის გამო, სახამებელი არის პირველი ბიოპოლიმერი, რომლის შესწავლაც ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნეში დაიწყო. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით სახამებელს აგროვებს კარტოფილი (30%) და სხვადასხვა მარცვლეული კულტურები (80%-მდე). სახამებელი შედგება ორი პოლიმერული ჯაჭვისაგან – ამილოზისა და ამილოპექტინისგან. ამილოზის შემცველობა სხვადასხვა წარმოშობის სახამებელში მერყეობს 20-25% ფარგლებში, დანარჩენ ნაწილს ამილოპექტინი შეადგენს (ნახ. 2.1).



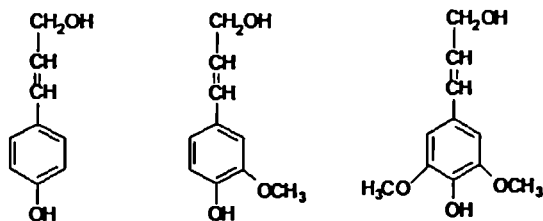
სურ.5.2. ამილოზის (1) და ამილოპექტინის (2) სტრუქტურა (თითოეული რგოლი შეესაბამება გლუკოზის ნაშთს პირანოზულ ფორმაში)

არსებობს სახამებლის ჰიდროლიზის ორი საწარმოო მეთოდი – მჟავური და ფერმენტული. მჟავური ჰიდროლიზის დროს ბიოპოლიმერის კრისტალური უბნები გადადის ამორფულ მდგომარეობაში და შემდეგ ჰიდროლიზდება. ვარაუდობენ, რომ ანალოგიურ პროცესს აქვს ადგილი ფერმენტული ჰიდროლიზის დროსაც. სახამებელს შლის ფერმენტების ჯგუფი, რომელიც ცნობილია ამილაზების სახელწოდებით. ისინი თავისი მოქმედების მიხედვით ენდო- და ეგზოტიპის ფერმენტებად იყოფა. α -ამილაზა ტიპური ენდოფერმენტია, რომელიც სახამებლის შიდამოლეკულური გლიკოზიდური ბმების მოუწყვსრიგებელ ჰიდროლიზს ახდენს. გლუკოამილაზა (ამილოგლუკოზიდაზა) და β -ამილაზა ეგზოტიპის ფერმენტებია, რომლებიც სახამებლის ნატიურ მოლეკულას თანმიმდევრულად აცილებენ გლუკოზის (გლუკოამილაზა) და მალტოზის (β -ამილაზა) ნაშთებს.

პექტინები წარმოადგენენ პოლიგალაქტურონიდების სწორხაზოვან ჯაჭვებს და შედგებიან D-გალაქტურონის მჟავას ნაშთებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან $\alpha(1-4)$ გლიკოზიდური ბმებითაა დაკავშირებული. მიკროორგანიზმები აქტიურად შლიან ნებისმიერი წარმოშობის პექტინს. საინტერესოა, რომ მცენარეული მიკროფლორის პათოგენურობა საკმაოდ ხშირად დამოკიდებულია მის უნარზე, წარმოქმნას პექტოლიზური ფერმენტები. პექტინური ნივთიერებების დაშლაში ორი ტიპის ფერმენტთა ჯგუფი მონაწილეობს – ესთერაზები და დეპოლიმერაზები. პექტინესთერაზების მოქმედებით იშლება ეთერული ბმები, რაც იწვევს მეთანოლის გამოთავისუფლებას,

პოლიმერაზები შლიან პოლიგალაქტურონის მჟავას დი- და ტრიმერულ ოლიგომერებად და, ნაწილობრივ, მონომერებად (D-გალაქტურონის მჟავა).

ლიგნინი. განახლებად ბიოპოლიმერებს შორის ლიგნინი ერთადერთი პოლიმერია, რომელიც ნახშირწყლებს არ შეიცავს. რაოდენობრივად მცენარეულ ბიოპოლიმერებს შორის ლიგნინი მესამე ადგილზეა ცელულოზისა და ჰემიკელულოზის შემდეგ. ხე მცენარეებში ლიგნინის შემცველობა 15-30%-ს აღწევს. ის აკავშირებს ცელულოზასა და ჰემოცელულოზას, რაც ხის მასალას სიმტკიცეს ანიჭებს. მცენარეულ ბიოპოლიმერებს შორის ლიგნინი მიკრობიოლოგიური დეგრადაციისადმი ყველაზე მდგრადი პოლიმერია.



კუმარინის სპირტი კონიფერლის სპირტი სინაპის სპირტი

ლიგნინის დაშლის უნარი შესწევთ მხოლოდ უმაღლეს ბაზიდიალურ სოკოებს. ეს მაკრომიცეტები იყოფა ორ - ეკოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ ჯგუფად. ერთი ჯგუფის წარმომადგენლები იწვევენ ხის მურასიდამპლეს, რადგან ხრწნიან უპირატესად ცელულოზურ და ჰემიკელულოზურ კომპონენტებს და არ გააჩნიათ ლიგნინის დეგრადირების უნარი. მეორე ჯგუფის წარმომადგენლები - თეთრი სიდამპლის ბაზიდიომიცეტები უნიკალური ორგანიზმებია, იმიტომ, რომ მხოლოდ მათ ძალუძთ ლიგნინის დაშლა. გამოვლენილია ბაზიდიომიცეტების კულტურები (მაგ., *Pleurotus Ostreatus*), რომლებიც ძირითადად ლიგნინის დეგრადაციას ახორციელებენ.

ხის მასალის გადამუშავების პროცესში (ქაღალდის წარმოება, ფერმენტული ან მჟავური ჰიდროლიზი, კრისტალური ცელულოზის წარმოება) ლიგნინი არასასურველი კომპონენტია და მას, როგორც წესი, აცილებენ. ამ პროცესს უწოდებენ დელიგნიფიკაციას. დღეისათვის არსებობს დელიგნიფიკაციის ათამდე სამრეწველო ტექნოლოგია. ამ მიზნით ხის მასალას ამუშავებენ სხვადასხვა ქიმიური და ფიზიკური აგენტებით, როგორიცაა: მჟავები, ტუტეები, ორგანული გამხსნელები, წნევა, ორთქლი, მექანიკური დამუშავება, დაქუცმაცება და სხვ. უკანასკნელ დროს დიდი ყურადღება ექცევა ლიგნინის მოშორების ფერმენტულ შესაძლებლობებს. ამ პროცესს ლიგნინის დამჟანგავი ფერმენტები ლაკაზა, ლიგნინაზა და Mn-პეროქსიდაზა ახორციელებს.

ფრუქტანები, მანანები, ინულინი. ეს ბიოპოლიმერები გამოირჩევიან მაღალი საკვები ღირებულებით. ფრუქტანები (ლევანები) ფრუქტოზის პოლიმერებია. ფრუქტანები შეადგენენ ბალახოვანი მცენარეების მშრალი მასის 14-15% და ცხოველების საკვების მნიშვნელოვან კომპონენტს. ნიადაგის ბაქტერიები შლიან ფრუქტანებს, მაგრამ ამ ბიოპოლიმერების დაშლის გაცილებით მაღალი უნარით სოკოები და ასპერგილები გამოირჩევიან. ფრუქტანების ჰიდროლიზურად დაშლის უნარი სხვა ჯგუფების მიკროორგანიზმებსაც გააჩნიათ.

მანანები მანოზის პოლიმერებია. მათ დიდი რაოდენობით შეიცავენ წიწვოვანი მცენარეები (მშრალი წონის 10-11%).

ინულინი D-ფრუქტოზის პოლიმერია. საკვები ღირებულებით ის სახამებელს არ ჩამოუვარდება, ადვილად იშლება ფრუქტოზად. ინულინი შედის მიწავაშლას (ტოპინამზურის) შედგენილობაში. ბაქტერიები და სოკოები ხშირ შემთხვევაში წარმოქმნიან ინულინის დამშლელ ფერმენტს.

აგარი შედგება აგაროზისა და აგაროპექტინისგან. აგაროზა არის პოლისაქარიდი, რომელიც შედგება D-გალაქტოზისა და 3,6-ანჰიდროგალაქტოზის თანმიმდევრულად ბმული მოლეკულებისაგან.

აგაროპექტინს შედარებით რთული აგებულება აქვს. ზემოთ ჩამოთვლილი ნაერთების გარდა, მის შედგენილობაში შედის ურონის მჟავა. აგარი დიდი რაოდენობით გვხვდება წითელ წყალმცენარეებში, რომლებიც სამრეწველო მასშტაბით მისი მიღების წყაროა. აგარი იშლება მხოლოდ განსაზღვრული ჯგუფების ბაქტერიებით (*Cytophaga, Flavobacterium, Bacillus, Pseudomonas*).

ქიტინიN-აცეტილ-გლუკოზამინისნამთევისგან შედგენილი ხაზოვანი პოლიმერია. სხვადასხვა ფიზიკური და ქიმიური ზემოქმედებებისადმი ქიტინის განსაკუთრებული გამძლეობა შეიძლება აიხსნას დამატებითი წყალბადური ბმების არსებობით, რომლებიც წარმოიქმნება N-აცეტილის ჯგუფებს შორის. ქიტინი ფართოდაა გავრცელებული მცენარეულ და ცხოველურ სამყაროში როგორც სტრუქტურული პოლიმერი. დიდი რაოდენობით ქიტინი გვხვდება ნიადაგში. ის ბევრი მიკროსკოპული სოკოს უჯრედული კედლის ძირითადი კომპონენტია. პლანქტონური კიბოსებრები ყოველწლიურად ტონობით ქიტინს წარმოქმნიან.

გამოვლენილია სხვადასხვა ტაქსონომიური ჯგუფის ნიადაგისა და წყლის ბაქტერიები, რომლებიც აწარმოებენ ქიტინის ჰიდროლიზს, ხოლო ჰიდროლიზის პროდუქტებს იყენებენ ნახშირბადისა და აზოტის წყაროდ. ფერმენტები, რომლებიც ახდენენ ქიტინის ჰიდროლიზს, გამოყოფილია მიკროსკოპული სოკოების-*Aspergillus* სახეობის ბევრი წარმომადგენლისგან. ქიტინის აქტიურ ჰიდროლიზს აქტინომიცეტებიც (სტრეპტომიცეტები) აწარმოებენ ქიტინაზათი და ქიტობიაზათი. ამ ფერმენტების ხანგრძლივი მოქმედებისას ქიტინი ჰიდროლიზდება N-აცეტილგლუკოზამინის მონომერებად, დიმერებად და ტრიმერებად.

5.1.2. ნარჩენები - ბიოტექნოლოგიის სუბსტრატები

საწარმოო ნარჩენებად ითვლება სუბსტრატების (ქიმიური ნაერთების) კატეგორია, რომელთა შემდგომი გადამუშავებაც არსებული ტექნოლოგიური პროცესის ფარგლებში შეუძლებელი ან ეკონომიკურად გაუმართლებელია. დიდ ქალაქებში, დიდი რაოდენობით საკვები პროდუქტების (საქონლისა და ფრინველის ხორცი, თევზი, რძე, ხილი და ბოსტნეული) მოხმარების შედეგად მნიშვნელოვანი რაოდენობით ნარჩენები წარმოიქმნება. ნარჩენების ეს კატეგორია, თუ ის არ ექვემდებარება ორგანიზებულ გადამუშავებას, უსათუოდ ზიანს აყენებს გარემოს, ხელს უწყობს სპეციფიკური, მათ შორის პათოგენური მიკროფლორის გამრავლებას.

განვითარებულ ქვეყნებში წარმოქმნილი ნარჩენების მთლიანი რაოდენობის დაახლოებით ორი მესამედი სოფლის მეურნეობასა და გადამამუშავებელ მრეწველობაზე მოდის. მცენარეული ნარჩენები წარმოიქმნება: მარცვლეულის, კარტოფილის, ბოსტნეულის, ბალახების მოსავლის აღების შემდეგ დარჩენილი, საჭმელად უვარგისი, ბიომასის სახით. რადგანაც პათოგენური მიკროფლორით ამ ბიომასის მიკრობიოლოგიური მოწამვლა უმნიშვნელოა, მათ აშრობენ, ფქვავენ და აბრუნებენ ნიადაგში, როგორც ორგანული საკვების წყაროს. ნარჩენთა სხვა წყაროა მცენარეული ბიომასის ის ნაწილი, რომელიც შეიცავს ძვირფას ნივთიერებებს, როგორიცაა: ნახშირწყლები, ორგანული მჟავები, ამინომჟავები, ცილები, ცხიმები და სხვ., მაგრამ მისი ტექნოლოგიური გადამუშავება არ ხერხდება. ნარჩენთა მესამე კატეგორია წარმოადგენს არაკონდიციურ პროდუქტებს, ანუ ისეთებს, რომლებიც შენახვის გათვალისწინებული დროის განმავლობაში არ გაიყიდა – ხილი, ბოსტნეული, კონსერვები და რეალიზაციისათვის მზა სხვა პროდუქტები.

მეცხოველეობის ფერმების (სანაშენო მეცხოველეობა) ნარჩენები ძირითადად წარმოიქმნება: ნაკელის, ცხოველთა საგების, ცხოველთა დაკვლისა და ხორცის გადამუშავებისაგან. კატეგორიის ნარჩენების უტილიზაცია აბსოლუტურად აუცილებელი ეკოლოგიური ღონისძიებაა.

აგრარულ მრეწველობაში რიგ შემთხვევაში ნარჩენების რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება მიზნობრივი პროდუქტის რაოდენობას. ამის მაგალითია ეთერზეთების წარმოება, სადაც ხდება სხვადასხვა მცენარის სურნელოვანი კომპონენტების ექსტრაქცია. მცენარეში ექსტრაგირებადი ეთერზეთების შემცველობა არ აღემატება 1-3%-ს, რის გამოც მცენარეული მასის 97% ნარჩენებად იქცევა. არსებული ტექნოლოგიების გამოყენებით წარმოქმნილი ნარჩენების რაოდენობა მნიშვნელოვანია და განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს.

5.2 ცხრილში წარმოდგენილია ნარჩენთა ის კატეგორია, რომელთა ბიოლოგიური გადამუშავებაც ეკონომიკურად მომგებიანი პროცესია.

ცხრილი 5.2.

სოფლის მეურნეობა	მეტყვეობა	მრეწველობა
თივა, შაქრის ჭარხლის გადამუშავების ნარჩენები (მელასა), სიმინდის ჩალა, ჩაის, ყავის, კაკაოს წარმოების ნარჩენები, ქოქოსის, თხილის ნაჭუჭი, ზეთოვანი თესლის კანი; ბამბის გადამუშავების ნარჩენები, პომიდვრის კანი, ღვინის ნალექი, ნაყოფის ჩენჩო, ბოსტნეულის საკმელად უვარგისი ნაწილი, ვაზის და ხეხილის ანასხლავი, მეცხოველეობის ნარჩენები და სხვ.	ტყის გაწმენდის დროს წარმოქმნილი ხის მასა (ფოთლები, მოჭრილი ტოტები, ნაფოტები და მთლიანი ხეები); ქაღალდის მრეწველობაში წარმოქმნილი სულფიტური პულპის სითხე; ცელულოზა ნარჩენების ბოჭკოების სახით.	შრავი, მუნიციპალური ნარჩენები, გამდინარე წყლები, ცხოველების დაკვლის შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენები, სახამებლის წარმოების ნარჩენები, მიკროორგანიზმების (ცილოვანი საკვების, სასუქის და სხვ.) კულტივირებისას მიღებული მიკრობული ბიომასები, ქაღალდის წარმოების ნარჩენები.

ზემოთ ჩამოთვლილ ნარჩენთა ბიოტექნოლოგიური გადამუშავება საქონლის საკვების, სასუქის, ენერგიისა და სხვა სახის საჭირო პროდუქტის მიღების საშუალებას იძლევა. ამრიგად, რიგი აგროსამრეწველო კომპლექსის ნარჩენები შეიძლება განახლებად რესურსებს მივაკუთვნოთ, რომელნიც განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს.

ბიოტექნოლოგიის განვითარებამ მნიშვნელოვნად სრულყოფილი ნარჩენების გადამუშავების ბიოლოგიური პროცესები. სოფლის მეურნეობის ნარჩენები ბიოტექნოლოგიური გარდაქმნებისათვის სუბსტრატების მნიშვნელოვან კატეგორიას წარმოადგენს. სხვადასხვა გამოანგარიშებით ამ ნარჩენების რაოდენობა წელიწადში 1200-1400 ტონას სცილდება. ტრადიციულად, ეს ნარჩენები წვის გზით სითბოს მისაღებად, ცხოველების საკვებად ან სასუქად გამოიყენება.

სხვადასხვა სახის ნახშირწყლების უპირატესი შემცველობის მიხედვით უმაღლესი მცენარეები შეიძლება დავყოთ სამ ძირითად ჯგუფად: პირველს მიეკუთვნება მცენარეები, რომლებშიც ჭარბობს მადულარი დაბალმოლეკულური შაქრები, მონო- და დისაქარიდები;

მეორეს – მცენარეები, რომლებიც შეიცავენ სახამებელს, პოლისაქარიდს, რომელიც შედარებით ადვილად იხსნება და ადვილად გარდაიქმნება გლუკოზად როგორც ფერმენტული, ასევე მქავეური ჰიდროლიზით; მესამე ჯგუფს შეიძლება მივაკუთვნოთ მცენარეები, რომლებიც ძირითადად ძნელად ჰიდროლიზებად სტრუქტურულ პოლიმერებს – ცელულოზასა და ჰემიცელულოზას შეიცავენ.

მონო - და დისაქარიდების შემცველ ჯგუფში შედიან როგორც ერთწლიანი, ასევე მრავალწლიანი მცენარეები. შაქარშემცველი ერთწლიანებია: შაქრის ჭარხალი, შაქრის ლერწამი, სორგო, ტოპინამბური და სხვ.; მრავალწლიანებია ხილ-კენკროვანი მცენარეები, რომელთა ნაყოფიც საერთო მასის 5%-მდე შეაქრებს შეიცავს. შაქარშემცველი მცენარეები, მაგ., ტოპინამბური, მეტად საინტერესოა ფრუქტოზისა და სპირტის სამრეწველო წარმოებისთვის. მაგრამ, რამდენადაც ასეთ მცენარეთა ნაყოფი გამოიყენება საკვებად (ან შაქრის წარმოებისათვის), ბიოტექნოლოგიური მიზნებისთვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მხოლოდ მათი გადამუშავების ნარჩენები. საკონსერვო წარმოების ნარჩენებშიც კი შაქრის შემცველობა საკმარისად მაღალია. მსოფლიო მასშტაბით ამ კატეგორიის სუბსტრატების რაოდენობა ათობით მილიონ ტონას შეადგენს, მაგრამ მათი შეგროვება და გადამუშავება ძვირი ჯდება, ამიტომ ეს სუბსტრატები, როგორც სამრეწველო წყარო, შეიძლება განხილულ იქნეს მხოლოდ ცალკეული რეგიონის მასშტაბით.

სახამებელი ბიოტექნოლოგიური თვალსაზრისით ყველა მცენარეული პოლიმერისაგან გამოირჩევა. ჯერ ერთი, ის შედგება მხოლოდ გლუკოზის ნაშთებისაგან, რომელთა შორისაც α -გლიკოზიდური ბმებია; მეორეც, ეს ბმები იოლად იშლება ფერმენტული და მქავეური ჰიდროლიზით მადუღარი მონოსაქარიდის – გლუკოზისა და მცირე რაოდენობით (1-2%) დისაქარიდების (მალტოზების, იზომალტოზების) ნარევის წარმოქმნით. სახამებლის მაღალი შემცველობით გამოირჩევიან ერთწლიანი მცენარეები: ყველა სახის მარცვლეული, კარტოფილი, სორგო, ბატატი და კასავა. ამ კატეგორიის სუბსტრატებში სახამებლის ფერმენტული ჰიდროლიზითა და მიღებული ჰიდროლიზატების შემდგომი დუღილით ღებულობენ ისეთ ეროვნულ სასმელებს, როგორიცაა: რუსული არაყი (ნედლეული ხორბალი, კარტოფილი), იაპონური საკე (ბრინჯი), შოტლანდიური ვისკი (ქერი, ხორბალი, სიმინდი), გერმანული შნაპსი (კარტოფილი, ხორბალი) და სხვ. ეს ბიოტექნოლოგიები მწიფე ხილისაგან სხვადასხვა სიმაგრის (20-50%) ალკოჰოლური სასმელების დამზადების ეროვნულ ტრადიციებს ეფუძნება. ამ ტიპის სასმელების წარმოებისას, გლუკოზის გარდ, დუღილს განიცდის მწიფე ხილისათვის დამახასიათებელი მონო- და დისაქარიდები: ფრუქტოზა, გალაქტოზა, აქაეროზა და სხვა. მიღებული სასმელებისთვის დამახასიათებელია სასიამოვნო გემო და სუნის, მიუხედავად იმისა, რომ ხშირად შეიცავენ მეთანოლის გარკვეულ რაოდენობას და დისტილაციას მოითხოვენ.

ცელულოზაშემცველ ნარჩენებს წარმოქმნიან როგორც ერთწლიანი ბალახოვანი მცენარეები, ასევე მრავალწლიანი ხე-მცენარეები. ერთწლიანი მცენარეული სუბსტრატები წარმოიქმნება მარცვლეულისა და ბოსტნეულის გადამუშავების ნარჩენების სახით. იმისათვის, რომ ცელულოზა მიკრობიოლოგიური კონვერსიის, ფერმენტული ჰიდროლიზის ან ნებისმიერი სხვა ქიმიური გარდაქმნისთვის მისაწვდომი გახდეს, აუცილებელია ლიგნინის ნაწილობრივი ან სრული მოცილება. მიუხედავად მრავალრიცხოვანი მოდიფიკაციისა, ეს პროცესი ჯერ კიდევ ძვირი და ენერგოტევადია. სწორედ ამიტომ, დღემდე ვერ ხერხდება 10%-ზე მეტი ლიგნინის შემცველი ხის მასალისაგან გლუკოზის მასობრივი წარმოება. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ეთილის სპირტის სამრეწველო წარმოების შესაძლებლობა, როგორც ლიგნოცელულოზური მასალისგან მიღებული ალტერნატიული საწვავისა, რომელიც გამოიყენება ავტომობილის ძრავაში ბენზინის დანამატად და ავტომობილების გაზიფიცირებისთვის.

5.1.3. ტოქსიკური ნაერთები

ტოქსიკური ნაერთებით გარემოს გაჭუჭყიანებას მუდმივად მზარდი ტენდენცია აქვს. გაჭუჭყიანების წყაროები შეიძლება იყოს ბუნებრივი და ანთროპოგენური. ეკოლოგიის ლოკალური გაუარესება ბუნებრივი პროცესების შედეგია, მაგ., ორგანული ნაერთების დიდი მასის ლაშობა, ქვანახშირის, ტორფისა და მადნების საბადოებიდან მომწამლავი აირების გამოყოფა. მომწამლავი აირების წარმოქმნა ხდება აგრეთვე ვულკანების ამოფრქვევისას, მიწისძვრებისა და სხვა სტიქიური მოვლენების დროს, მაგრამ ადამიანის მრავალგვარი სამეურნეო საქმიანობის შედეგად წარმოქმნილი ტოქსიკური ნაერთების რაოდენობა ბევრად აღემატება ბუნებრივი მოვლენების შედეგად წარმოქმნილს, შესაბამისად, ანთროპოგენული ტიპის ტოქსიკანტების გარემოში გავრცელების არეალი უფრო ფართოა.

ტრანსპორტის ზრდა, სამრეწველო ქიმიის მნიშვნელოვანი განვითარება, ინტენსიური ურბანიზაცია, მრეწველობის სხვადასხვა დარგის ყოველმხრივი განვითარება, ომები აქტიურად უწყობს ხელს გარემოს გაჭუჭყიანებას. მთელს მსოფლიოში ყოველწლიურად მილიონობით ტონა ქიმიურ პროდუქტებს აწარმოებენ. ეს პროდუქტები სხვადასხვა გზით ხვდება ბიოსფეროში, კოლოსალური რაოდენობით კონცენტრირდება მასში და მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ეკოლოგიურ წონასწორობაზე. უკანასკნელი წლების განმავლობაში შემუშავებულია ეკოლოგიური ტექნოლოგიები, რომელთა მიზანია შეამციროს ბიოსფეროში ტოქსიკური ნივთიერებების ნაკადი. მიუხედავად გარკვეული დადებითი ეფექტისა, რაც მათი პრაქტიკაში დანერგვის შედეგია, მაინც შეინიშნება ბიოსფეროში ტოქსიკანტების შეღწევის ნაკადის ზრდა.

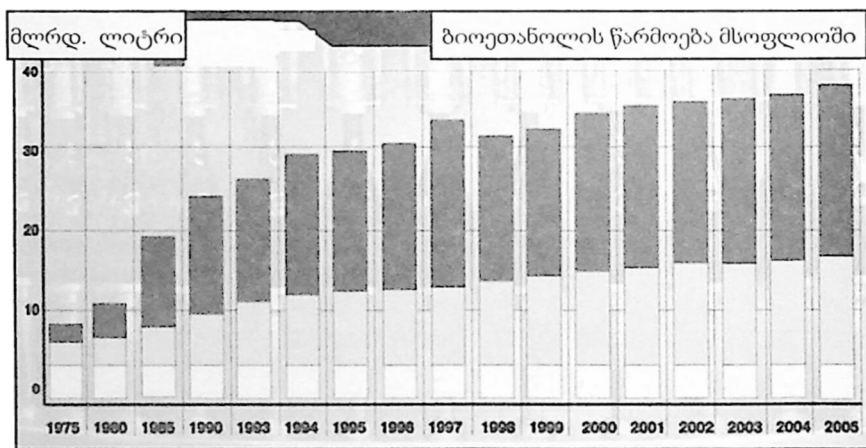
ტოქსიკურობის სიძლიერის მიხედვით შემუშავებულია ქიმიური ნერთების კლასიფიკაცია: კლასი 1 – ზედმიწევნით სახიფათო ნივთიერებები: აკროლეინი, ბენზ(ა)პირენი, დიოქსინი, პოლიქლორირებული ბიფენოლები, ლინდანი, ვერცხლისწყალი და სხვ.; კლასი 2 – მაღალი საფრთხის შემცველი ნივთიერებები: ატრაზინი, ბორი, ბრომდიქლორმეთანი, ჰექსაქლორბენზოლი, სელენი, სილიკატები, სტრონციუმი და სხვ.; კლასი 3 – ზომიერად საშიში ნივთიერებები: ალუმინი, სპილენძი, გოგირდოვანი აირი, ოზონი, ფოსფატები, ნიტრატები და სხვ.; კლასი 4 – ნაკლებად საშიში ნივთიერებები: გოგირდწყალბადი, სიმაზინი, სულფატები, ქლორიდები და სხვ. უნდა გვახსოვდეს, რომ მაღალი კონცენტრაციით ნებისმიერი ქიმიური ნივთიერება ტოქსიკურია, რაც შესაბამის ეკოლოგიურ ნიშაში მათი კონცენტრაციის რეგულირებას მოითხოვს.

5.2. ორგანული მასის (მათ შორის აგროსამრეწველო ნარჩენების) ენერგომატარებლად კონვერსიის გზები

ენერგიის არატრადიციული სახეების საწარმოებლად ახალი რესურსების ძიება და არსებულის ზრდა კაცობრიობისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობას უკვე XXI საუკუნის დასაწყისში იძენს. ეს პრობლემა მომავალში უფრო გლობალურ ხასიათს მიიღებს. ენერგიის ახალი წყაროების მოძიების განმაპირობებელ მიზეზთა შორის უმნიშვნელოვანესად უნდა ჩაითვალოს მოსახლეობის (რომლის რაოდენობამ უკვე 6 მილიარდს გადააჭარბა) ზრდის მაღალი ტემპი; ურბანიზაციის წარმოუდგენელი მასშტაბები; ყველა სახის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფართობების შემცირება; ნავთობპროდუქტებისა და ყველა სახის არატრადიციული ენერგორესურსების არასრული წვის ტოქსიკური პროდუქტების და გამონაბოლქვის სიჭარბე; სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის პერმანენტულად მზარდი მოცულობა; საომარი მოქმედებები და სხვა.

ყოველივე ზემოთქმული გვაიძულებს ახლებურად გავიაზროთ ენერგეტიკული და ეკოლოგიური პრობლემები, რაც პლანეტარულ მასშტაბებს იძენს. შექმნილ სიტუაციაში სულ უფრო მეტ ყურადღებას იპყრობს განახლებადი რესურსების ენერგიის გამოყენების შესაძლებლობა, კერძოდ: მზის, გეოთერმული წყაროების, ქარის, ყველა სახის განახლებადი ბიომასისა და წყლის რესურსები. როგორც გამოთვლები გვიჩვენებს, განახლებადი რესურსების ენერგიას უკვე დღეს შეუძლია შეადგინოს კაცობრიობის მიერ მოხმარებული მთელი ენერგიის 20%, თუმცა, ამ წყაროების რეალური წვლილი საერთო ენერგეტიკაში ჯერჯერობით 3%-ს არ აღემატება.

თუ გავანალიზებთ უკანასკნელი 15-20 წლის მანძილზე არატრადიციული წყაროებიდან წარმოებული ენერგიის რაოდენობას, ცხადი გახდება, რომ იზრდება არა მხოლოდ არატრადიციული ენერგიის აბსოლუტური რაოდენობა, არამედ მატულობს სუბსტრატების ამ კატეგორიის ხვედრითი წონაც. სპეციალისტები თანხმდებიან იმაში, რომ დღეისათვის საერთაშორისო მასშტაბებში ენერგეტიკულ ბაზარზე განახლებადი ენერგიის შეღწევის მაქსიმალურად ხელსაყრელი პირობებია შექმნილი. ამასთან, ვარაუდობენ, რომ უახლოესი რამდენიმე ათწლეულის განმავლობაში უფრო სრულყოფილი ტექნოლოგიების (გამოყენებული აპარატურის ჩათვლით) შემუშავების შედეგად განახლებადი ენერგიის ფასი დაიკლებს. მთელი რიგი მოსაზრებების გამო არ უნდა ველოდოთ განახლებადი ენერგიის სწრაფ და მასშტაბურ შეღწევას საერთო ენერგეტიკაში. ჯერ ერთი, ეს არის მრეწველობის ახალი ფორმა, რომელსაც თავისი სპეციფიკა აქვს, როდესაც დარგის განვითარების ყველა საკვანძო მომენტის წინასწარი გათვლა შეუძლებელია; მეორეც, საჭიროა დიდი ინვესტიციები თავისი არსით განსხვავებულ განახლებად წყაროებში. აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული ენერგიის მყარი ბუნებრივი წყაროების (ქვანახშირი, ფიქალი, ტორფი და სხვ.) დიდი მარაგი და კარგად აპრობირებული ატომური ენერგეტიკა, როგორც საკმაოდ სერიოზული კონკურენტები. მიუხედავად ამისა, გამოთქმულია საფუძვლიანი ვარაუდები, რომ XXI საუკუნეში სწორედ განახლებადი ენერგეტიკა იქნება ენერგოსექტორის მნიშვნელოვანი შემადგენელი კომპონენტი, ენერგიაზე მუდმივად მზარდი მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად.



სურ. 5.3. ბიოსაწვავის წარმოების დინამიკა მსოფლიოში

პრაქტიკული რეალიზაციის თვალსაზრისით, განახლებადი ენერგიის თითოეულ ფორმას თავისი პლუსები და ნაკლოვანი მხარეები გააჩნია. თითოეული მათგანი შეიძლება გამოიყენოთ რეგიონის ბუნებრივი პირობების შესაბამისად: წყლის რესურსების (დიდი და მცირე მდინარეები), ქარის, მზის, ფოტოსინთეზური პროცესების შედეგად აკუმულირებული ბიომასის (მცენარეული ბიომასა), თერმული წყლების ენერგიები და სხვა.

ენერგიის განახლებადი წყაროების გამოყენების უპირატესობის შეფასებისას სპეციალისტები თანხმდებიან, რომ:

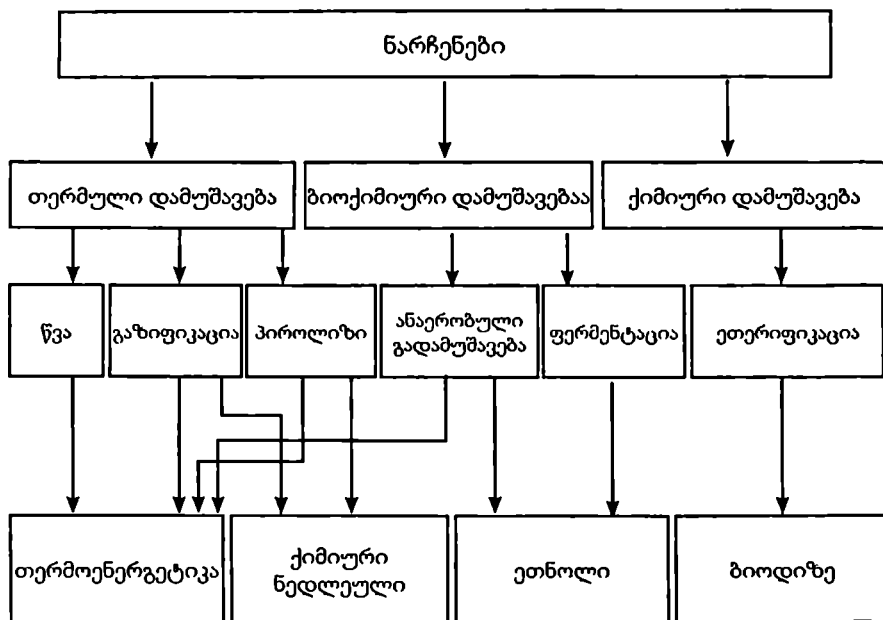
ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით, განახლებადი ენერგიის გამოყენება უფრო პერსპექტიულია, იმდენად რამდენადაც ამ შემთხვევაში გადაიჭრება ენერგიის წარმოების ტრადიციულ ხერხებთან დაკავშირებულ პრობლემათა უმრავლესობა;

ენერგიის წარმოებისთვის განახლებადი წყაროების ფართო გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ასპექტია CO₂-ის გამოყოფის არსებითი შემცირება, რომლის რაოდენობაც ტრადიციული ტექნოლოგიების ენერგოწყაროების გამოყენების შედეგად 2020 წლისთვის ატმოსფეროში გამოყოფილი CO₂-ის საერთო რაოდენობის 25%-ზე მეტი იქნება;

განსაკუთრებით პერსპექტიულად განახლებადი ენერგეტიკა უნდა ჩაითვალოს მისი სიიაფის გამო.

ეჭვგარეშეა, რომ ყველა სახის განახლებადი წყაროებიდან ენერგიის მიღება გლობალურ საერთაშორისო პრობლემად გადაიქცა, რომლის წარმოებასა და გამოყენებას რიგი პროგრამები და პროექტები მიემდვნა განვითარებული და განვითარებადი ქვეყნების მონაწილეობით.

ყველაზე ფართოდ გავრცელებული განახლებადი რესურსის – ბიომასის მიმართ შემუშავებულია სხვადასხვა ფორმის ენერგიად და ენერგომატარებლად გარდაქმნის რიგი ტექნოლოგიები. 5.4. სქემაზე ნაჩვენებია ორგანული ნარჩენების ენერგიის სხვადასხვა სახედ გადაქცევის შესაძლებელი ბიოქიმიური, ქიმიური და მაღალტემპერატურული ტექნოლოგიები.



სურ. 5.4. ორგანული ნარჩენების ენერგომატარებლებად კონვერსიის გზები

ენერგიის კონვერსია მთელი ენერგეტიკული დარგის სერიოზული პრობლემაა. ასეთი შესაძლებლობა იქმნება მხოლოდ განახლებადი მცენარეული ბიომასის ენერგიის გამოყენებისას.

ბიოსაწვავი ეწოდება ნებისმიერი ბიომასისგან წარმოებულ საწვავს, რომელიც სატრანსპორტო მიზნებისთვისაა გათვალისწინებული. ბიოსაწვავის ცნების ქვეშ მოიაზრება ნებისმიერი შემდეგი ნაერთი: მეთანი, ეთანოლი, მეთანოლი, ეთერები, ცელულოზის გადამუშავებით მიღებული ორგანული ნაერთები. მეცხოველეობის ფერმების ნარჩენები, ბალახოვნები და ხე-მცენარეები (ნარჩენების ჩათვლით), მარცვლეულის ზეთები. მუნიციპალური და სამრეწველო ორგანული ნარჩენები. ეს სუბსტრატები შესაფერისი სუბსტანციებია ფართო სპექტრის ბიოსაწვავის მისაღებად. იხ. გვ.169 სურ. 5.5.

ბიოდიზელი რიგ ქვეყნებში დიზელის ტიპის ძრავებისთვის გამოყენებული საწვავის ფორმაა, რომელიც: რაპსის, სოიას, მზესუმზირის, ქოქოსისა და სხვა მცენარეების ზეთებისა და ცხოველური ცხიმების ეთერიფიცირებით მიიღება.

ბიოეთანოლს ღებულობენ გლუკოზის დუდილით. ეს უკანასკნელი მიიღება ნებისმიერი მცენარეული ბიომასის (მათ შორის ლიგნოცელოლაზური ნარჩენების) ცელულოზაშემცველი მასალის ფერმენტული (ქსილანაზები, ცელულაზები) ან მჟავური ჰიდროლიზით. ძალიან დიდი ყურადღება ეთმობა ხის მასალის ცელულოზის გლუკოზად ფერმენტული ჰიდროლიზის ეკონომიკურად მომგებიანი ტექნოლოგიის შექმნას.

ბიოეთანოლი არის ჩვეულებრივი ეთილის სპირტი, რომელიც მიიღება მცენარეული ნედლეულის გადამუშავების შედეგად. ბიოეთანოლის მსოფლიო წარმოებამ 2005 წელს შეადგინა 36,3 მილიარდი ლიტრი, რომელთაგან 45% ბრაზილიაზე მოდის და 44,7% აშშ-ზე. ბრაზილიაში ეთანოლს შაქრის ლერწმისგან აწარმოებენ, ხოლო აშშ-ში – სიმინდისგან.

აშშ-ში 2012 წლისთვის მარცვლეულიდან 30 მილიარდი ლიტრი ეთანოლის მიღებას ვარაუდობენ, ხოლო 3,8 მილიარდი ლიტრის მიღებას ცელულოზისგან (სიმინდის და ბრინჯის ჩალა, მერქანი და ა.შ).

ბიოეთანოლისთვის ნედლეულის პერსპექტიული წყაროებია კარიბის აუზის ქვეყნები: პერუ, ინდონეზია, მოზამბიკი, სადაც შაქრის ლერწმის კულტივირებისთვის ხელსაყრელი კლიმატური პირობებია. როგორც ნედლეულს, დიდი პოტენციალი აქვს მანიოკას, რომელიც ჩინეთში, ნიგერიაში, ტაილანდში ხარობს. ქვეყნებში, სადაც ზომიერი კლიმატია, პერსპექტიულია სახამებლის მაღალი შემცველობის მცენარეების კულტივირება.

ბიომეთანოლი წარმოიქმნება ბიოგაზისგან (შესაძებელია ბუნებრივი აირისგანაც), გამოიყენება საწვავად შიდაწვის ძრავებში. ბიომეთანოლის გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია იმ შემთხვევებში, როდესაც აირადთან შედარებით უპირატესობა თხევად საწვავს ენიჭება. იხ. გვ. 170 სურ. 5.6

შესაბამისი გაწმენდის შემდეგ ეთერიფიცირებული **მცენარეული ზეთები** საავტომობილო ტრანსპორტიშ საწვავად შეიძლება იქნეს გამოყენებული. ასეთი ხერხით მიღებული ბიოსაწვავი ქიმიური შედგენილობით ნავთობისგან მიღებული საწვავისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება. ნახშირბადისა და წყალბადის ატომებს გარდა ბიოსაწვავი შეიცავს ჟანგბადს.

ბენზინისა და დიზელის საწვავის ქიმიური ბუნება დამოკიდებულია გაწმენდის პროცესზე (refinery process). თითოეული ნიმუში შეიძლება 500-მდე ნაერთს შეიცავდეს, რომელთაგან 10-დან 20-მდე ნიმუში საერთო მოცულობის 60-80% შეადგენს. ბენზინისა და დიზელის სათბობის შედგენილობა, რომელიც ამ ნაერთების ბუნებას ასახავს, ზუსტი ქიმიური ფორმულით ვერ გამოისახება. ბენზინისათვის დამახასიათებელი მთავარი პარამეტრი არის ოქტანური რიცხვი, ხოლო დიზელისათვის ცეტანური რიცხვი.

ოქტანური რიცხვი ასახავს სათბობის "წვადობას", რომელიც განისაზღვრება აირების ნარჩენი რაოდენობით, რომლებიც შიდაწვის ძრავაში წვის პროცესში არ ღებულობენ მონაწილეობას. ჰეპტანის (C_7H_{16}) ოქტანური რიცხვი 0 ტოლია, იზოოქტანისა (C_8H_{18}) 100-ის. აქედან გამომდინარე, 8%-იანი ჰეპტანისა და 92%-იანი იზოოქტანის ნარევის ოქტანური რიცხვი 92-ის ტოლი იქნება. იხ. გვ. 171 სურ. 5.7.

ბიოსათბობის წარმოება უკვე გადაიქცა მრეწველობის დამოუკიდებელ დარგად, რომლის სიმძლავრეც მუდმივად იზრდება და საწვავის თითოეული სახის მიღება საკმაოდ სპეციფიკური თავისებურებით გამოირჩევა.

აგროეკოსისტემების ფუნქციონირება ტექნოგენეზის პირობებში

6.1. ტექნოგენეზი და გარემოს გაჭუჭყიანება

ტექნოგენეზი წარმოადგენს ადამიანის საწარმოო საქმიანობის ზემოქმედებით ბუნებრივი კომპლექსების შეცვლის პროცესს. ტექნოგენეზი იწვევს ბიოსფეროს გარდაქმნას, რადგანაც ის დაკავშირებულია გარემოდან მთელი რიგი ქიმიური ელემენტების, მათ შორის მინერალური და ორგანული ნაერთების ამოღებასთან. საწარმოო ძალების ზრდა იწვევს ბუნებრივ-რესურსული პოტენციალის გამოყენების გაფართოებას.

ტექნოგენეზის ან ადამიანის სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო და სხვა საქმიანობის შედეგად ხდება სხვადასხვა ნივთიერების ტექნოგენური მიგრაცია. პრაქტიკულად ყველა ეს ნივთიერება იწვევს გარემოს გაჭუჭყიანებას. მიაჩნიათ, რომ საშუალოდ წელიწადში დედამიწაზე წარმოიქმნება 40 000 მლნ ტ მეტი ნარჩენი. მათ შორის გაზისებრ ნივთიერებებზე მოდის 40%, მყარ ნარჩენებზე 15%, ფეკალურ ნარჩენებზე 25%, ორგანულ ნარჩენებზე 10% და ა.შ. საგულისხმოა, რომ სოფლის მეურნეობაზე მოდის ნარჩენების 40%-ზე მეტი. ეს ნარჩენები სასოფლო-სამეურნეო წარმოების სპეციფიკის გამო უაღრესად აქტიურად ურთიერთმოქმედებენ ბუნებრივ კომპლექსებთან (ნიადაგი, წყალი და სხვ.).

ასეთი ტერიტორიების ფართობი ჩრდილოეთ ამერიკაში შეადგენს 37,5%; ყოფილ საბჭოთა კავშირის ქვეყნებში - 33,6%; ავსტრალია და ოკეანეთში 27,8; აფრიკაში 27,5%; სამხრეთ ამერიკაში 20,8%; აზიაში 18,6% და ევროპაში 2,8%. შეიძლება ითქვას, რომ მხოლოდ ანტარქტიდა არ განიცდის ანთროპოგენურ ზემოქმედებას.

გარემოში ახალი, უცხო ფიზიკური, ქიმიური ან ბიოლოგიური სხეულის შეტანა ან მათი ბუნებრივი, საშუალო მრავალწლიური შემცველობის დონის გადაჭარბება წარმოადგენს გარემოს გაჭუჭყიანებას ან ტექნოგენეზის შედეგების ინტეგრალურ მაჩვენებელს. გაჭუჭყიანებას იწვევს ნებისმიერი უცხო, მათ შორის სუფთა, აგენტის შეჭრა არსებულ გარემოში. გაჭუჭყიანება შეიძლება იყოს გამოწვეული როგორც ბუნებრივი მიზეზებით, ისე (და უფრო) ადამიანის საქმიანობით (ანთროპოგენური მიზეზები). გაჭუჭყიანების ნეგატიური გავლენის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ უცხო ნივთიერებების შეჭრა განაპირობებს ეკოლოგიური ფაქტორების ევოლუციურად ჩამოყალიბებული რეჟიმების შეცვლას, ან გაცვლითი და პროდუქტიული პროცესების დარღვევას. გარემოში მომხდარი ცვლილებები შეიძლება მოქმედებდეს ადამიანზე უშუალოდ ან კვების ჯაჭვებით, მათ შორის წყლით ან სხვა ბიოლოგიური პროდუქტებით

(ნივთიერებებით). გაჭუჭყიანებამ შეიძლება ზემოქმედება მოახდინოს ადამიანის ირგვლივ არსებულ საგნებზე და დასვენების პირობებზე. ფართო გაგებით, გაჭუჭყიანება არის ნივთიერებების, ენერგიის, შრომის და სახსრების არასასურველი დანაკარგი. როგორც წესი, გაჭუჭყიანება ხდება ეკოლოგიური სისტემების შეუქცევადი დაშლის მიზეზი. გაჭუჭყიანების შედეგად იცვლება გარემოს გლობალური ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები, ხდება ნაყოფიერი ნიადაგების დაკარგვა, ეცემა ეკოლოგიური სისტემების და ბიოსფეროს პროდუქტიულობა.

გარემოზე ზემოქმედების თვალსაზრისით, ეკოლოგიურად საშიშ წარმოებებს და ობიექტებს მიეკუთვნება:

ატომური მრეწველობა-გამდიდრებული ბირთვული საწვავის წარმოების, გამომუშავებული თუ ბირთვული საწვავის რეგენერაციის, რადიოაქტიური ნარჩენების შეგროვების, მოცილების და გადამუშავების დანადგარები;

ენერგეტიკა - ატომური, ჰიდრავლიკური და თბური ელექტროსადგურები, საწვავის მოხმარების მსხვილი დანადგარები;

შავი და ფერადი მეტალურგია-ბრძმედული და მარტენის წარმოების დანადგარები, შავი და ფერადი მეტალურგიის, მანქანათმშენებლობის და ლითონდამამუშავებელი საწარმოები;

ნავთობქიმია, ნავთობის და გაზის გადამუშავება;

ქიმიური მრეწველობა-ქიმიური კომბინატები, აზბესტის, შუშის, მინერალური სასუქების, პესტიციდების და სხვა წარმოება;

მთამადნეულის მოპოვება (მათ შორის ნავთობი და გაზი);

ნავთობის და გაზის, მათი გადამუშავების პროდუქტების ტრანსპორტირება;

ცელულოზის, ქაღალდის, მუყაოს წარმოება;

ტოქსიკური და შხამიანი ნარჩენების ტრანსპორტირება, შენახვა, უტილიზაცია და ჩამარხვა;

საბრძოლო მასალის, ფეთქებდი ნივთიერებების და სარაკეტო საწვავის წარმოება, შენახვა, ტრანსპორტირება და განადგურება;

ნავთობის, ნავთობქიმიური, ქიმიური პროდუქტების, პესტიციდების შესანახი დიდი საწყობები;

გზების ავტოსტრადების, რკინიგზის ტრასების, აეროპორტების მშენებლობა;

სასოფლო-სამეურნეო ობიექტები (მეცხოველეობის კომპლექსები და მეფრინველეობის ფაბრიკები);

ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მსხვილი წყალამღებები;

მსხვილი კაშხალები და წყალსაცავები, ტყის გაჩეხვა დიდ ფართობებზე;

მსუბუქი მრეწველობა (მატყლის გაწმენდის, გათეთრების ფაბრიკები, ტყავის ქარხნები, საღებავი ფაბრიკები);

გარემოზე შესაძლებელი ნეგატიური ზემოქმედების სტაციონარული წყაროების გარდა საგრძნობ ეკოლოგიურ საშიშროებას, განსაკუთრებით

მსხვილ ქალაქებში, წარმოადგენს ავტოტრანსპორტი. მანქანების გაზისებრი გამონატყორცნები მუდმივად იზრდება და შეადგენს მოსული გამჭუჭყიანებლების მნიშვნელოვან ნაწილს. ფიზიკური და ქიმიური პარამეტრების მიხედვით გამჭუჭყიანებელი ფაქტორები შეიძლება იყოს: მექანიკური, ფიზიკური (ენერგეტიკული), ქიმიური და ბიოლოგიური. გაჭუჭყიანების მექანიკური წყაროები წარმოადგენილია ატმოსფეროში ინერტული მტერიანი ნაწილაკებით, მყარი ნაწილაკებით და სხვადასხვა საგნით წყალსა და ნიადაგში. გაბინძურების ქიმიურ წყაროებს მიეკუთვნება გაზისებრი, თხევადი და მყარი ქიმიური ელემენტები და ნაერთები, რომლებიც ხვდება ატმოსფეროში და ურთიერთმოქმედებს გარემოს კომპონენტებთან. გაჭუჭყიანების ფიზიკურ (ენერგეტიკულ) წყაროებს მიეკუთვნება: სითბო, ხმაური, ვიბრაცია, ულტრაბერა, სინათლის სპექტრის ენერგიის ხილული, ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი ნაწილები, ელექტრომაგნიტური ველები, იონიზირებული გამოსხივებები. ბიოლოგიური გაჭუჭყიანება დაკავშირებულია სხვადასხვა ორგანიზმთან, რომლებიც ჩნდება ადამიანის მონაწილეობით და ვნებენ მასაც და ცოცხალ ბუნებასაც. გაჭუჭყიანების პრობლემის განხილვისას მეტად მნიშვნელოვანია მისი გავრცელება ბუნებრივ გარემოში.

დადგენილია ბუნებრივ გარემოში გამჭუჭყიანებელი ნივთიერებების გადასვლის ფორმები:

ატმოსფერო-ატმოსფერო უმეტესი გამჭუჭყიანებელი ნივთიერებები-სათვის დამახასიათებელია გადატანა ატმოსფეროში;

ატმოსფერო-ჰიდროსფერო წყლის ზედაპირზე ატმოსფერული გამჭუჭყიანებლების დალექვა;

ატმოსფერო-ხმელეთის ზედაპირი ხმელეთზე ატმოსფერული გამჭუჭყიანებლების დალექვა;

ატმოსფერო-ბიოტა ნარგავების ზედაპირზე გამჭუჭყიანებლების დალექვა მომდევნო ასიმილაციით (ბიოტაში ფესვგარეშე გამჭუჭყიანებლების შეღწევა);

ჰიდროსფერო-ატმოსფერო აორთქლება წყლიდან ატმოსფეროში (მაგალითად, ნავთობპროდუქტების, სინდიყის ნაერთები);

ჰიდროსფერო-ჰიდროსფერო წყლის სისტემებში გამჭუჭყიანებლების გადატანა (გავრცელება);

ჰიდროსფერო-ხმელეთის ზედაპირი წყლიდან ნიადაგში გადასვლა (მდინარეების, ტბების ფსკერი) ფილტრაცია, „თვითგაწმენდა“, წყალსატევების ფსკერზე დალექვა;

ჰიდროსფერო-ბიოტა ბიოტაში ზედაპირული წყლებიდან გადასვლა (ხმელეთის და წყლის ეკოსისტემები, სასმელ წყალთან ერთად ცხოველების და ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრა);

ხმელეთის ზედაპირი-ატმოსფერო ხმელეთის, ნიადაგის ზედაპირი-დან ატმოსფეროში გადასვლა (გამოფიტვა, აორთქლება, მტვრის გადატანა);

ხმელეთის ზედაპირი-ჰიდროსფერო თოვლის დნობის დროს, ნალექების, დროებითი ნაკადებით ხმელეთიდან გამჭუჭყიანებლების ჩამორეცხვა;

ხმელეთის ზედაპირი-ხმელეთის ზედაპირი ნიადაგში, მცინვარებში, თოვლის საფარში მიგრაცია (გამჭუჭყიანებლების სხვადასხვა სიღრმეზე ჩაღწევა);

ხმელეთის ზედაპირი-ბიოტა ფესვებიდან მცენარეში გამჭუჭყიანებლების მოხვედრა;

ბიოტა-ატმოსფერო ბიოთიდან აორთქლება (უმნიშვნელო);

ბიოტა-ჰიდროსფერო ორგანიზმების დადუპვის შემდეგ ბიოთიდან წყალში გამჭუჭყიანებლების მოხვედრა;

ბიოტა-ხმელეთის ზედაპირი ორგანიზმების დადუპვის შემდეგ ბიოთიდან ნიადაგში გამჭუჭყიანებლების მოხვედრა;

ბიოტა-ბიოტა მიგრაცია კვების ჯაჭვებით.

გამჭუჭყიანებლების გადასვლის სხვადასხვა ფორმების ცოდნის საფუძველზე შესაძლებელია გარემოში ტექნოგენური ზემოქმედების შესაძლებელი გავრცელების შეფასება. ამასთან მნიშვნელოვანია გამჭუჭყიანებლების ძირითადი სახეების და მათო წყაროების (მრეწველობის დარგი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია გამჭუჭყიანებლების აღნიშნული სახე) გათვალისწინება.

ჰაერი:

ჰალოგენშემცველი ნაერთები ქიმიური, სამაცივრო;

ლითონის ნაწილაკები მეტალურგიული, სამთო-მომპოვებლური;

ნახშირწყალბადები თბოენერგეტიკა, ტრანსპორტი;

CO₂, SO₃, NO, NO₂ თბოენერგეტიკა, ტრანსპორტი.

ნიადაგი:

აქტიური ლექი ბიოლოგიური გაწმენდის ქალაქის სადგურები;

ნაცარი, წიდა ენერგეტიკული, მეტალურგიული;

ლითონები მეტალურგიული, ქიმიური;

ნაგავი კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მეურნეობა, საქალაქო მეურპლასტმასები, **ორგანული ნივთიერებები** ქიმიური;

რადიონუკლიდები ატომური ელექტროსადგურები, სამხედრო;

ცელულოზა და ქაღალდი ცელულოზურ-ქაღალდის, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მეურნეობა.

წყალი:

შეწონილი ნაწილაკები კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მეურნეობა;

მბიმე ლითონების იონები სამთომომპოვებითი, მანქანათმშენებლობითი;

საღებავები, ფენოლები საფეიქრო;

ადვილად შესათვისებელი და ბიოგენური ნივთიერებები - სოფლის მეურნეობა, საქალაქო მეურნეობა;

ლიგნინები ცელულოზურ-ქაღალდის;
 მინერალური მარილები ქიმიური;
 ნავთობპროდუქტები ნავთობმოპოვებითი, ნავთობგადამამუშავებელი;
 ორგანული გამსხნელები ქიმიური;
 პესტიციდები სოფლის მეურნეობა;
 რადიოაქტიური ატომური ელექტროსადგურები, სამხედრო;
 ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები ქალაქის ნარჩენები;
 სითბო ენერგეტიკული (აეს, ტეც, გრესი).

სხვადასხვა არახელსაყრელი ზემოქმედების დასახასიათებლად იყენებენ გამკუჭყიანებელი ნივთიერებების სტრეს-ინდექსებს, რომლებიც ასახავს ეკოლოგიური საშიშროებების სიდიდეს.

ცხრილი 6.1.

გამკუჭყიანებელი ნივთიერებების სტრეს-ინდექსი

გამკუჭყიანებელი ფაქტორები	სტრეს-ინდექსი
პესტიციდები	140
მძიმე ლითონები	135
ატომური ელექტროსადგურების ნარჩენები	120
მყარი ტოქსიკური ნარჩენები	120
შეწონილი ლითონები მეტალურგიაში	90
გაუწმენდავი შეწონილი წყლები	85
გოგირდის დიოქსიდი	72
ნავთობი	72
ქიმიური სასუქები	63
ორგანული საყოფაცხოვრებო ნარჩენები	48
აზოტის ოქსიდები	42
რადიოაქტიური ნარჩენების საცავები	40
ქალაქის ნაგავი	40
ფიტოქიმიური ოქსიდანტები	18
ქალაქის ხმაური	15
ნახშირბადის ოქსიდი	12

ყველაზე დიდ ეკოლოგიურ საშიშროებას წარმოადგენს პესტიციდები და მძიმე ლითონები. აგროეკოსისტემები, ისევე როგორც სხვა ეკოსისტემები, განიცდიან მუდმივ ტექნოგენურ ზემოქმედებას, რომელსაც აქვს ლოკალური, რეგიონალური და გლობალური ხასიათი. დადგენილია, რომ ატმოსფეროში მავნე გამონატყორცნები საგრძნობლად აქვეითებენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას.

ცხრილი 6.2.

ატმოსფეროში მავნე გამონატყორცნების წყაროდან სხვადასხვა მანძილის მიხედვით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირება, %-ში

კულტურა	მანძილი, კმ	
	2-3	5
ხორბალი	18,7	9,4
ჭვავი	15,2	7,6
ქერი	24,4	12,2
შვრია	31,1	15,5
სიმინდი	25,0	12,5
კარტოფილი	35-47	18-24
ჭარხალი	25-62	13-31
სელი	62,6	31,3
სამყურა	33,1	16,6
იონჯა	37,8	18,9

ამგვარად, 2-3 კმ მანძილზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა მცირდება 15-62 %-მდე, ხოლო 5 კმ მანძილზე 7-31%.

6.2. ნიადაგების ეროზია და მისგან დაცვა

ნიადაგის აჩქარებული ეროზია დაკავშირებულია ბუნებრივი მცენარეული საფარის განადგურებასთან და ნიადაგის არასწორ გამოყენებასთან, რის შედეგადაც ეროზიის ტემპი მკვეთრად იზრდება და, შესაბამისად, ნიადაგწარმოქმნის ტემპი მნიშვნელოვნად ჩამორჩება მისი ჩამორეცხვის, ეროზირების ტემპს.

ცხრილი 6.3.

აჩქარებული ეროზიის ინტენსივობის გრადაციები

ზედაპირული ეროზიისათვის საშუალო წლიური ჩამორეცხვა, ტ/ჰა	
სუსტი ჩამორეცხვა	< 5
საშუალო ჩამორეცხვა	5 – 10
ძლიერი ჩამორეცხვა	10 – 20
ნიადაგის ძალიან ძლიერი ჩამორეცხვა	20 – 50
უძლიერესი ჩამორეცხვა	> 50
ხაზობრივი ეროზიისათვის ხრამების საშუალო წლიური მატება, მ-ში	
სუსტი ინტენსივობა	< 0.5
საშუალო ინტენსივობა	0.5 – 1.0
ძლიერი ინტენსივობა	1 – 2
ძალიან ძლიერი ინტენსივობა	2 – 5
უძლიერესი ინტენსივობა	> 5

დეფლაცია, როგორც პროცესი, გულისხმობს მხოლოდ ქარის მიერ დედამიწის (ნიადაგის) ზედაპირიდან ნაწილაკების ახვეტას და ჰაერში ატაცებას. ჰაერში ატივწარებული ნიადაგის ნაწილაკების გადატანის პროცესიც დეფლაციის შემადგენელი ნაწილია. აღნიშნული პროცესის საბოლოო შედეგი არის ქარის სიჩქარის კლების შედეგად ჰაერში ატივწარებული ნიადაგის ნაწილაკების დედამიწის ზედაპირზე დაფენის, სედიმენტაციის პროცესი. ნაფენები, რომლებიც წარმოიქმნებიან დეფლაციის პროცესების შედეგად, გეოგრაფიულ ლიტერატურაში ცნობილია ეოლური ნაფენების სახელწოდებით. ტერმინი „ქარისმიერი ეროზია“ შედარებით სრულად აღწერს აღნიშნულ პროცესს, რადგან ის მოიცავს როგორც დეფლაციის, ასევე სედიმენტაციის (დალექვის) პროცესებს. აქედან გამომდინარე, როდესაც საუბარია ქარის შედეგად ნიადაგის დანაკარგზე, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ტერმინი „დეფლაცია“, ხოლო როდესაც საუბარია ნიადაგის ნაწილაკებისაგან შექმნილ ნაფენებზე – ტერმინი „სედიმენტაცია“.

დეფლაციური პროცესი ვლინდება ორი სახით: ძლიერი ქარის დროს ნიადაგის ნაწილაკები ტურბულენტობის ძალით აიტანება მაღლა ჰაერში, ხოლო ქარის შედარებით მცირე სიჩქარის შემთხვევაში ხდება ნაწილაკების ნიადაგის ზედაპირზე გადაგორება ან ისინი გადაადგილდებიან ნახტომისებურად ნიადაგის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე, რითაც აზიანებენ სასოფლო-სამეურნეო მცენარეებს.

ქარისმიერი ეროზიის გამოვლინების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ქარი, რომლის სიჩქარე საკმარისია ნიადაგის ნაწილაკების გადასაადგილებლად. ისეთი გარეგნული ნიშნებით, როგორიცაა: ინტენსივობა, ხანგრძლივობა და მიყენებული ზარალი, ასხვავებენ ყოველდღიურ ქარისმიერ ეროზიას და მტკრიან ქარიშხალს. ეს განსხვავება პირობითია. ყოველდღიური ქარისმიერი ეროზიის განმასხვავებელ ნიშნად შეიძლება მიჩნეულ იქნეს ქარის შედარებით დაბალი სიჩქარე, რომელიც მხოლოდ უმნიშვნილოდ აჭარბებს მოცემული ნიადაგისათვის კრიტიკულ სიჩქარეს და მასთან დაკავშირებული მოვლენის სივრცობრივი შეზღუდვით ხასიათდება. ყოველდღიური ქარისმიერი ეროზია ხშირად შეზღუდულია ერთი ან რამდენიმე მოსაზღვრე ნაკვეთით, რომელზედაც ვითარდება პროცესის ყველა სტადია - ნიადაგის ახვეტიდან ნაფენების დაღექვამდე (სედიმენტაციამდე).

ქარის მაღალი სიჩქარეების დროს, რომელიც მნიშვნელოვნად აჭარბებს მოცემული ნიადაგისთვის კრიტიკულ სიჩქარეს, იზრდება ნიადაგის ნაწილაკების ჰაერში ატანის რაოდენობა და სიმაღლე, რომელიც რამდენიმე ასეულ მეტრს აღწევს. ჰაერში ატივინარებული ნიადაგის ნაწილაკების გადატანის სიშორე ასეულ ან ათასეულ კილომეტრებს აღწევს.

საქართველოში მხოლოდ მის აღმოსავლეთ ნაწილში ხდება დეფლაციის, ქარისმიერი ეროზიის ყველაზე ხშირად გამოვლინება. აღმოსავლეთ საქართველოში დეფლაციური მოვლენები გამოვლინდება ზამთრისა და ადრეული გაზაფხულის თვეებში 5-10 წელიწადში ერთხელ. დეფლაციის აღნიშნული გამოვლინება არ არის ხშირი, მაგრამ მისი განვითარების ინტენსივობა და სიძლიერე უმეტეს შემთხვევებში კატასტროფული ხასიათისაა.

ეროზიის განვითარების შედეგად აღინიშნება მცენარეთა საკვები ქიმიური ელემენტების დაკარგვა, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის კლება ჩამორეცხილ ნიადაგებზე და ნაკვეთში შეტანილი სასუქებისა და შხამქიმიკატების ჩამორეცხვა.

6.2.1. ეროზირებული ნიადაგების კლასიფიკაცია

ეროზირებულ ნიადაგებში ჩამოურეცხავთან შედარებით კლებულობს ჰუმუსის და მცენარისათვის საჭირო საკვები ელემენტების რაოდენობა. მკვეთრად მცირდება ჩამორეცხილი ნიადაგების ბიოლოგიური აქტივობა, უარესდება ფიზიკური და წყლიერ-ფიზიკური თვისებები. აღნიშნული ცვლილებები ჩამორეცხილ ნიადაგებზე საბოლოოდ იწვევენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსავლიანობის შემცირებას. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სუსტად ჩამორეცხილ ნიადაგებზე მოსავლიანობა კლებულობს საშუალოდ 20%-ით, საშუალოდ ჩამორეცხილ ნიადაგებზე – 40-50%-ით და ძლიერ ჩამორეცხილ ნიადაგებზე – 60-70%-ით.

მიღებულია ჩამორეცხილი ნიადაგების შემდეგი ნომენკლატურა:

სუსტად ჩამორეცხილი- ჩამორეცხილია A ჰორიზონტის ნახევარი;

საშუალოდ ჩამორეცხილი- ჩამორეცხილია A ჰორიზონტი და B ჰორიზონტის ნახევარი;

ძლიერი ჩამორეცხილი- ჩამორეცხილია მთლიანად A და B ჰორიზონტი ჩამორეცხილია მთლიანად;

ძალიან ძლიერ ჩამორეცხილი- ჩამორეცხილია მთლიანად A და B ჰორიზონტები და C ჰორიზონტის ნახევარი;

ნიადაგის ჩამორეცხვის ხარისხი განისაზღვრება 0-25 და 0-50 სმ-იან ფენაში ჰუმუსის მარაგის (ტ/ჰა-ზე) მიხედვით.

სუსტად ჩამორეცხილ ნიადაგებში ჰუმუსის მარაგი ჩამოურეცხავთან შედარებით 10-20 %-ით მცირდება;

საშუალოდ ჩამორეცხილ ნიადაგებში – 20-50 %-ით;

ძლიერ ჩამორეცხილ ნიადაგებში კი 50 %-ზე მეტად.

ვინაიდან ჰუმუსის მარაგის განსაზღვრისათვის საჭიროა ნიადაგის მოცულობითი მასის განსაზღვრა, რაც სპეციალურ სამუშაოებთან არის დაკავშირებული, ამიტომ ნიადაგის ჩამორეცხილობის ხარისხის დადგენა - დაზუსტებისათვის შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს ნიადაგის პროფილში ჰუმუსის პროცენტული შემცირების მაჩვენებელი.

სუსტად ჩამორეცხილ ნიადაგებში ჰუმუსის შემცველობა კლებულობს 10-20 %-ით;

საშუალოდ ჩამორეცხილ ნიადაგებში – 20-50 %-ით;

ძლიერ ჩამორეცხილ ნიადაგებში – 50 %-ზე მეტად.

ქარისმიერი ეროზიის (დეფლაციის) განვითარების შემთხვევაში ეოლური და დამარხული ნიადაგების კლასიფიკაციას შემდეგი სახე აქვს:

სუსტი- ქარის მიერ ახვეტილია A ჰორიზონტის ნახევარზე მეტი;

საშუალო - A ჰორიზონტი მთლიანად;

ძლიერი - B1 ჰორიზონტის ნახევარზე მეტი;

ძალიან ძლიერი - B2 ჰორიზონტის ნახევარზე მეტი;

განსაკუთრებით ძლიერი - C ჰორიზონტის ნახევარზე მეტი.

ცხრილი 6.4.

ნიადაგების კლასიფიცირება ეკოლოგიური საფრთხეების მიხედვით

ეკოლოგიური საფრთხის ხარისხი	ჩამორეცვის ინტენსივობა ტ/ჰა წწ-ში	ნიადაგის პოტენციური დეგრადაცია (% დამუშავებული ფართობიდან)
ეროზიის ზონა		
1. ძლიერ საშიში	> 20	> 70
2. საშიში	5-20	40-70
3. ზომიერად საშიში	3-5	20-40
4. სუსტად საშიში	1-3	5-20
5. უსაფრთხო	< 1	< 5

ნიადაგის დაცვა ეროზიისგან მოიცავს შემდეგი ღონისძიებების სისტემას: საორგანიზაციო-სამეურნეო (ეროზიის საწინააღმდეგი ღონისძიებების გეგმის (პროექტის) შედგენა, მისი განხორციელების ზომების უზრუნველყოფა), აგროტექნიკურ (მრავალწლიანი ბალახების გამოყენება, ღრმა ხვნა ბელტის გადმოუბრუნებლად, ფერდობების გარდიგარდმო დამუშავება, კონტურული დამუშავება, კულტურების ზოლებირივი განლაგება, წვიმის და მდნარი წყლების რეგულირება, სასუქების გამოყენება და სხვ.), სატყეო-სამელიორაციო (სხვადასხვა დანიშნულების დაცვითი ტყის ზოლების შექმნა) და ჰოდროტექნიკურ ღონისძიებებს.

6.2.2. წყლისმიერი ეროზიისაგან ნიადაგის დაცვის ღონისძიებები:

ნიადაგის განივი-კონტურული დამუშავება. ნიადაგის ეროზიისაგან დაცვის ყველაზე მარტივი, მაგრამ ეფექტური ღონისძიებაა. ფერდობებზე ნიადაგის ასეთი წესით დამუშავება შესაძლებლობას იძლევა განვალაგოთ კვლები ფერდობის განივი ჰორიზონტალების მიმართულებით, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ნიადაგის ზედაპირულ ჩამონადენს, ადიდებს ნიადაგში ტენის მარაგს და, შესაბამისად, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას.

საწინააღმდეგო მოვლენას ადგილი აქვს ფერდობის დაქანებით დამუშავების შემთხვევაში. ამ დროს, ფერდობის დაქანების მიმართულებით მანქანა-იარაღების მოძრაობით იქმნება მრავალი კვალი, რომელთა საშუალებით წვიმისა და მდნარი თოვლის წყალი დაუბრკოლებლად ჩამოედინება ნიადაგის ზედაპირზე და, შესაბამისად, ჩამორეცხავს ნიადაგის ზედა, ყველაზე ნაყოფიერ ფენას.

ფერდობების მიმართულებით ნიადაგის დამუშავებასთან შედარებით, განივ-კონტურული დამუშავება 10-15-ჯერ ამცირებს ნიადაგის ზედაპირულ ჩამონადენებს, ნიადაგის ერთი მეტრიან ფენაში 10-15 მმ-ით (100-150 მ3/ჰა-ზე) ადიდებს ტენიანობას და 1,5-3 ც/ჰა-ით ზრდის მარცვლოვანი კულტურების მოსავლიანობას.

ღრმად და დამღრმავებლით ხვნა. ნიადაგის დამუშავების სიღრმის გადიდება მიყვავართ ნიადაგის წყალგამტარობის გადიდებისკენ და შესაბამისად ფერდობების ზედაპირული ჩამორეცხვის შემცირებისაკენ. 20-22 სმ სიღრმეზე ხვნა ითვლება ნორმალურად, 25-27 სმ-ზე და უფრო მეტ სიღრმეზე – ღრმად ხვნად. ნიადაგის მზრალად ხვნის დროს, სახნავი ფენის 1 სმ-ით დაღრმავებას მიყვავართ თხიერი ჩამონადენის 0,8 – 4 მმ-ით (8-40 ტ/ჰა-დან) შემცირებასთან. ასეთი ფართო დიაპაზონი დაკავშირებულია ზამთრის თავისებურებასთან და ნიადაგის დამუშავების სიღრმესთან. ნიადაგის ღრმად დამუშავება ყველაზე ეფექტურია უხვნალექიან წლებში.

ნიადაგის ღრმა ზოლებრივი გაფხვიერება. ღრმად ხვნა ძალიან ეფექტური, მაგრამ ენერგოტევადი ღონისძიებაა. ამიტომ ასეთი ხვნა შეიძლება ჩატარდეს 2-3 წელიწადში ერთხელ, ჩვეულებრივ ხვნასთან მორიგეობით. გარდა ამისა, ეკონომიური მოსაზრებებით, სრული ღრმა დამუშავების მაგივრად რეკომენდებულია ხვნა, შემდგომი ღრმა ზოლებრივი ხვნით.

საფეხურებრივი ხვნა. ამ ხვნის არსი გამოიხატება გუთნის ძირის საფეხურებრივი ფორმის და ნიადაგის ზედაპირზე სხვადასხვა სიღრმის მორიგეობითი კვლების შექმნაში, რაც ამნელებს შიდა ნიადაგური და ზედაპირული ჩამონადენის ფორმირებას, ხელს უწყობს ტენის დაგროვებას როგორც ნიადაგში, ასევე მის ზედაპირზე. მას ატარებენ ოთხკორპუსიანი გუთნით, ამასთან, მეორე და მეოთხე სახნისები გუთნის კორპუსზე ყენდება ჩვეულებრივ სიღრმეზე, პირველი და მესამე კი 10-15 სმ-ით ღრმად. საფეხურებრივი ხვნით ნიადაგის ზედაპირზე საშუალოდ ხდება 100-120 მ3/ჰა-ზე (10-12 მმ) წყლის დაკავება, ნიადაგის ჩამორეცხვა მცირდება 5,8 მ3/ჰა-მდე, მარცვლის მოსავალი კი იზრდება 2,4 ც/ჰა-ზე.

ხნულის დაბამოება. 60-70-ზე მეტი დაქანების ფერდობებზე ნიადაგის განივი-კონტურული დამუშავება მთლიანად ვერ უზრუნველყოფს ზედაპირული ჩამონადენის მინიმუმამდე შემცირებას, ამიტომ ხვნის პარალელურად საჭიროა ხნულის დაბამოება. ამ მიზნით გუთნის ერთ-ერთ განაპირა ტანს დიდი ზომის ფრთა უკეთდება, რომელიც ხვნის დროს წარმოქმნის ერთიმეორესაგან გარკვეული მანძილით დაშორებულ ბამოებს.

წყალშემკრები კვლების მოწყობა. წყლისმიერი ეროზიის ძლიერი განვითარების ზონებში ნიადაგის ეროზიისაგან დაცვის თვალსაზრისით კარგ შედეგს იძლევა ფერდობის დაქანების განივ-კონტურული მიმართულებით წყალშემკრები ანუ ეროზიული კვლების მოწყობა. წყალშემკრები კვლები შეიძლება მოეწყოს თესვის პარალელურად, სათესი აგრეგატის ერთ-ერთ განაპირა მხარეს, გუთნის ერთი ტანის დამონტაჟებით ან თესვის შემდეგ ჩვეულებრივი ან ორტანიანი სატრაქტორო გუთნით. მათი ურთიერთდამოკიდებულების მანძილი დამოკიდებულია ფერდობის დაქანების სიდიდეზე და წყლისმიერი ეროზიის განვითარების სიძლიერეზე. რაც უფრო დიდია დაქანება და წყლისმიერი ეროზიის განვითარების საშიშროება, მით უფრო მცირე უნდა იყოს მათ შორის მანძილი.

წყალგამყვანი კვლების მოწყობა. წყალგამყვანი კვლების გაჭრა ხდება შემოდგომის მზრალად ნახნავზე, ნაწვერალზე და საშემოდგომო ნათესებზე დაკიდებული კვალმჭრელით, გუთნის დაგრძელებული ფრთით. წყალგამყვანი კვლების სიღრმე 18-22 სმ-ია, სიგანე 40-48 სმ. კვლებს ჩვეულებრივ ჰრიან ერთმანეთისაგან 50-100 მ-ის დაცილებით, ადგილის რელიეფის და ჰორიზონტალების მიმართ 25-300-ის დაქანებით, ფერდობიდან თხიერი ჩამონადენის ფორმირების შესაძლებლობიდან გამომდინარე. ამასთან, კვლების ფაქტიური დაქანება გამოდის ფერდობის დაქანებაზე 2-3-ჯერ ნაკლები, მაგრამ საკმაოდ დიდი დაქანების ფერდობებზე, რომლებიც ეკონომიკური თვალსაზრისით დაკავებულია მომგებიანი კულტურებით (მაგ. თამბაქოთი), მათ შორის დაცილებას ამცირებენ 6-7 მეტრამდე. წყალგამყვანი კვლების სიგრძე წყლის ერთმხრივი ჩაშვებით 200-250 მ-მდეა. ფერდობის დიდი სიგრძის შემთხვევაში წყალგამყვან კვალს აძლევენ ორმხრივ დაქანებას. წყალგამყვანი კვლებიდან წყლის გაყვანა (გადაგდება) ხდება ეროზიული თვალსაზრისით უსაფრთხოდ, მაგ. დაკორდებულ ხეებში. თუ ფერდობებზე ასეთი ადგილები არ არის, მაშინ ქმნიან ხელოვნურ დაკორდებულ წყალსაგდებებს. ისინი წარმოადგენენ 10-15 მეტრი სიგანის აუზისებურ ჩადაბლებას, რომელზეც დათესილია მრავალწლიანი ბალახები. წყალსაგდებიდან წყალი გადადის ხევში, მდინარეში, გუბეში და ა.შ.

შუალედური და ერთობლივი ნათესები. შუალედურს უწოდებენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს, რომელიც მოჰყავთ ნაკვეთზე თესლბრუნვის ძირითადი კულტურისაგან თავისუფალ, შუალედურ პერიოდში. შუალედური კულტურების გამოყენება შეზღუდულია ისეთი აგროკლიმატური რესურსებით, როგორიცაა წყალი და სითბო. მათი წარმატებული გამოყენება დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად ეფექტურად იქნება გამოყენებული აღნიშნული რესურსების „ნარჩენები“ ძირითადი კულტურების აღების შემდეგ, რომელიც,

თავის მხრივ, დამოკიდებულია ყველა სახის მინდვრის სამუშაოების ჩატარების დროსა და ხარისხზე.

სასოფლო-სამეურნეო-კულტურათა ჯვარედინი და მწკრივად თესვა. მწკრივად ნათესი კულტურები თანაბარ პირობებში უფრო მეტად მდგრადია ნიადაგის ეროზიული პროცესების მიმართ, ვიდრე ჩვეულებრივად ნათესი კულტურები. მათი გამოყენებით 20-30%-ით მცირდება თხიერი ჩამონადენი, ხოლო მყარი ჩამონადენი (ნიადაგის ეროზიისაგან დანაკარგი) კი 25-50 %-ით. ამავე დროს, მარცვლეული კულტურების მოსავლიანობა იზრდება 1,5-2,0 ც/ჰა-მდე. ძლიერ დასაწყვეტად, რთულ ფერდობებზე განსაკუთრებით ეფექტურია ჯვარედინი თესვა, როდესაც პირველი რიგი ითესება ფერდობის დაქანების მიმართულებით, მეორე კი - კონტურულად. თესვის აღნიშნული მეთოდი რამდენიმეჯერ ამცირებს ნიადაგის ჩამორეცხვას და უზრუნველყოფს მარცვლეული კულტურების მოსავლიანობის მატებას.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ზოლმორიგეობითი ათვისება, ბუფერული ზოლების მოწყობა. ჰორიზონტალებთან მოახლოებული მიმართულებით განთავსებული ბუფერული ზოლების დანიშნულება გამოიხატება ფერდობის ზედაპირული ჩამონადენის გაბნევაში, წყლის ნაკადის სიჩქარის შემცირებაში და ჩამორეცხილი, წყალში ატივანარებული ნიადაგის ნაწილაკების ნატანის კოლმატაციაში (დაფენაში, მოშლამვაში). მათ განალაგებენ ვიწრო ბაფთების სახით მრავალწლიანი, ერთწლიანი (საშემოდგომო ხორბალი, ჭვავი, ცერცველა, მარცვლოვან პარკოსანი ნარევი) და სათოხნი კულტურებით დაკავებულ ნაკვეთებზე, აგრეთვე ბაღებში. ბუფერული ზოლების სიგანე და მათ შორის მანძილი დამოკიდებულია ფერდობის დახრილობაზე, აგრეთვე ფერდობის სიგრძესა და ფორმაზე, ნიადაგის თვისებებსა და ბუფერულ ზოლებს შორის არსებულ მცენარეთა მახასიათებლებზე. 60-80 მ-ით დაქანებულ ფერდობებზე კეთდება 4-6 მეტრი სიგანის ბუფერული ზოლები, ხოლო მათ შორის მანძილი უნდა იყოს 30-40 მეტრი; 10-120-ით დაქანებულ ფერდობებზე – 8-10 ზოლი და 20-30 მეტრი, შესაბამისად. ზოლების სიგანე უნდა იყოს სათესი აგრეგატების მოდების სიგანის ტოლი. ზოლებს შორის სიგანე უნდა იყოს მუდმივი, რათა თავიდან იქნეს აცილებული სოლის წარმოქმნა.

ფერდობების ათვისება დატერასებით. ფერდობის დასატერასებლად მომზადების შემდეგ, რაც გამოიხატება ცალკეული ბუჩქნარების ამოძირკვაში, საჭიროებისამებრ ზედაპირის მოსწორებაში და სხვა სამუშაოების ჩატარებაში (მაგ. ნიადაგის ზედაპირის გაწმენდაში ქვებისაგან), შედგენილი პროექტის შესაბამისად, მექანიზებული წესით ვაკისის სხვადასხვა პარამეტრებით ეწყობა საფეხურებიანი ტერასები. ფერდობზე, რომლის დაქანება 12-150-ს არ აღემატება,

კეთდება პლანტაჟირებულ-დანახნავი ტერასები, ხოლო 15-250-ით დახრილობის ფერდობებზე 3,5-5,5 მეტრის სიგანის გამონათხარ-დანაყარი ტერასები; ვაკისის ჰორიზონტალური ტერასები, 3-40-ით პირდაპირი და უკუდაქანებით. ტენით უზრუნველყოფილ ზონებში ტერასების ვაკისების პირდაპირი და უკუდაქანებით მოწყობა არ არის მიზანშეწონილი, ვინაიდან ვენახების რიგთაშორისებში ნიადაგის მანქანა-იარაღებით დამუშავების და ზედაპირის ბუნებრივი ნიველირების შედეგად ტერასის ვაკისები დროთა განმავლობაში იღებენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობას.

პლანტაჟირებულ-დანახნავი ტერასები ეწყობა ფერდობის ქვედა ნაწილიდან დაქანების ჰორიზონტალების მიმართულებით საპლანტაჟე გუთნით, ხვნის ერთი მიმართულებით (უკან, უქმი სვლით), ბელტის ფერდობის დაქანებისაკენ გადამრუნებით. ტერასის მოწყობა მთავრდება 5-6 გავლის შემდეგ. პირველი გავლისას ხვნის სიღრმე 25-30 სმ, მეორე გავლისას 35-40 სმ, დანარჩენი გავლისას ხვნის სიღრმე უნდა იყოს 50-60 სმ. ამის შემდეგ გრეიდერის საშუალებით ფერდობის ზემო ნაწილიდან ხდება ტერასების ვაკისების მოსწორება და სასურველი ქანობის შექმნა.

გამონათხარ-დანაყარი ტერასები ეწყობა ბულდოზერით ან სპეციალური ტერასიორების საშუალებით. ამ წესით ტერასების მოწყობისას ნიადაგის ზედა ნაყოფიერი ფენის მნიშვნელოვანი ნაწილი ინაცვლებს დანაყარი გვერდობის – ბერმის მხარეს; ამის გამო გამონათხარი კედლის მხარე უნაყოფო ფენამდე დადის. მოწყობილი ტერასების გამონათხარი კედლის დახრილობის კუთხე 55-600-ს, ხოლო დანაყარი გვერდობის – ბერმის 40-450-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

დატერასებულ ნაკვეთზე ეწყობა შიდა საპლანტაციო გზები, მანქანა-იარაღების მოსაბრუნებელი ადგილები და ტერასიდან ტერასაზე გადასასვლელი გზები. ჩამონადენი ატმოსფერული წყლებისაგან დასაცავად ტერასებზე ეწყობა წყალამრიდი და წყალგამყვანი არხები.

ტერასების მოწყობის დამთავრებისთანავე, გამონათხარ-დანაყარი წესით მოწყობილ ტერასებზე ნიადაგი ფხვიერდება ბელტის გადაუბრუნებლად 50-60 სმ სიღრმეზე. შემდეგ, ორივე წესით მოწყობილი ტერასების ვაკისებზე ნიადაგი იხვნება 20-25 სმ სიღრმეზე ჩვეულებრივი სატრაქტორო გუთნით და ნიადაგის მოთხოვნილების შესაბამისად შეაქვთ მინერალური სასუქები. ტერასების ნაყარ გვერდობებზე – ბერმებზე, ნაყარი მიწის დამაგრებისა და ეროზიისაგან დასაცავად ითესება დარაიონებული მრავალწლიანი ნარევი ბალახები.

6.2.3. ნიადაგის ქარისმიერი ეროზიისაგან დაცვის ღონისძიებები

ნიადაგის ძირითადი დამუშავება. ამ დამუშავების მიზანია, ნიადაგის მომზადება შემდეგი გამოყენებისათვის. ქარისმიერი ეროზიის გავრცელების რაიონების ნიადაგები ხასიათდებიან არასაკმარისი ან არამდგრადი ტენიანობით.

ნიადაგის ძირითადი დამუშავება მცენარეული ნარჩენების ნიადაგის ზედაპირზე შენარჩუნებით წარმოადგენს ნიადაგის ბელტის გადაუბრუნებლად დამუშავებას, ამას აკეთებს სპეციალური იარაღებით – ბრტყლადმჭრელებით და ჩიხელებით.

ნიადაგის თესვისწინა დამუშავება და თესვა. ნიადაგის თესვისწინა დამუშავების მიზანია – შექმნას აუცილებელი პირობები ნიადაგში თესლის ჩაკეთებისთვის და სწრაფი აღმოცენებისთვის. თესვისწინა დამუშავებას აწარმოებენ ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების გასატარებლად საჭირო მანქანა-იარაღებით – კულტივატორი-ბრტყელმჭრელებით, თათებიანი კულტივატორებით, ნემსებიანი ფარცხებით, შტანგიანი კულტივატორებით.

თუ თესვა წარმოებს მძიმე და საშუალო გრანულომეტრიული შედგენილობის ნიადაგზე, ოპტიმალური ტენიანობის პირობებში, მაშინ სათესის მიერ წარმოქმნილი თხემები საკმაოდ მდგრადია ქარის დამშლელი მოქმედების მიმართ.

მსუბუქი გრანულომეტრიული შედგენილობის, შეუკავშირებელ ნიადაგებში ხეულის თხემები ხელს არ უწყობს ქარისმიერი ეროზიის ინტენსივობის შემცირებას, ხოლო ნიადაგი კი დაცულია მხოლოდ მცენარეული ნარჩენებით.

შეთანაწყობილი ოპერაციები და ნიადაგის მინიმალური დამუშავება.

ნიადაგის დამუშავების ერთერთი პერსპექტიული გზაა ნიადაგზე ზემოქმედების, შემცირება – მისი დამუშავების რიცხვის შემცირება ოპერაციათა შეთანაწყობით. 10-დან 20 სმ-მდე სიღრმეზე სასუქების შესატანად და ერთდროულად ნიადაგის ბრტყელმჭრელით დასამუშავებლად შექმნილია ღრმად მხენელი-გამანოყიერებელი.

ნიადაგის ასეთი სახით დამუშავების შეთანაწყობისათვის შექმნილია ნიადაგის დამამუშავებელი კომბინირებული აგრეგატი. დისკოებიანი აგრეგატები ჭრიან და ნაწილობრივ აქუცმაცებენ მცენარეულ ნარჩენებს და 5-8 სმ სიღრმეზე აფხვიერებენ ნიადაგს. მათ უკან ბრტყელმჭრელები აჩეჩვენ ნიადაგის ზედა ფენას და მთლიანად ჭრიან (თხრიან) სარეველებს. ნიადაგის გაფხვიერებული ფენა 14 სმ-ს აღწევს. ნემსებიანი დისკოები აფხვიერებენ და ასწორებენ ნიადაგის ზედაპირულ ფენას, ხოლო სატკეპნები შლიან მსხვილ კოშტებს, ამკვრივებენ ნიადაგის ქვედა ფენას და აფხვიერებენ ზედა, დამუშავებულ ჰორიზონტს.

ნიადაგის ნულოვანი დამუშავება. ნათესის დამუშავების რიცხვი შეიძლება დავიყვანოთ ერთამდე – თესვამდე. ნიადაგის ნულოვანი დამუშავების დროს სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს აწარმოებენ პრინციპით „თესვა დაუმუშავებელ ნიადაგზე“. ამ მეთოდით მაქსიმალურად შემცირებულია ნიადაგის დამუშავებათა რაოდენობა და თესვა დამუშავების ერთდროულად ხდება. ნულოვანი დამუშავების დროს 95 %-ით მცირდება ან სრულიად გამორიცხულია ეროზიული პროცესების განვითარება.

ქარისმიერი ეროზია საშიშ ადგილებში. თესვა ხდება წინასწარ დაუმუშავებელ ნიადაგში ბელტის გადაუბრუნებლად და ქარების მოქმედება ვეღარ იწვევს ნიადაგის სახნავი ფენის ახვეტას. სარეველების წინააღმდეგ აგროტექნიკური ღონისძიებების ნაცვლად გამოიყენება ქიმიური მეთოდი. ნიადაგის მინიმალური დამუშავების ეფექტი უფრო თვალსაჩინოა სასუქების შეტანის ნორმების 20-30 %-ით გაზრდის შემთხვევაში.

ნათესების ზოლებრივი განლაგება. ქარისმიერი ეროზიისაგან ნიადაგის დაცვის ძირითად აგროტექნიკურ ღონისძიებას წარმოადგენს ნიადაგდამცავი კულტურებით დაკავებული მინდვრების (დამცავი მინდვრები) მორიგეობა იმ მინდვრებთან, რომლებიც დაკავებულია კულტურებით, რომლებიც ვერ ან ცუდად იცავენ ნიადაგს ახვეტისგან (დასაცავი მინდვრები). ამასთან დიდი მნიშვნელობა აქვს დამცავი და დასაცავი მინდვრების ზომას და მათ განლაგებას ქარისმიერი ეროზიის განვითარების თვალსაზრისით საშიში ქარების მიმართულების მიმართ.

დამცავი მინდვრების განლაგება და ზომები დამოკიდებულია დასაცავი მინდვრის ზომებსა და განლაგებაზე. დასაცავი მინდვრის გრძივი ზომები ქარის მიმართულებით (მოცემულ შემთხვევაში სწორი იქნება, თუ მას დავარქმევთ მინდვრის სიგანეს) შეზღუდულია მოთხოვნით, არ დაფუშვან განსაზღვრულ სიდიდეზე მეტი დანაკარგები. ზოლის სიგანე უნდა იყოს ნიადაგის დასამუშავებელი აგრეგატის სიგანის ტოლი. თესლბრუნვის მინდვრების ორგანიზაციის მოხერხებულობის მოსაზრებით დამცავ სიგანედ იღებენ მინდვრების სიგანის ტოლად.

შუალედური კულტურების თესვა. საშემოდგომო მთლიანი მოზნევის კულტურებად (რომლებიც ითესება ზაფხულის ბოლოს და შემოდგომის დასაწყისში, რათა დაიცვას ნიადაგი ზამთარსა და გაზაფხულზე) იყენებენ ჭვავს, ხორბალს და შვრიას. საშემოდგომო საფარ კულტურებს იყენებენ საკმარისი დატენიანების პირობებში. მშრალ რაიონებში მათ იშვიათად იყენებენ, მხოლოდ ქარისმიერი ეროზიით ძალიან დაზიანებულ ნიადაგებზე. ყველაზე ხშირად საფარ საშემოდგომო კულტურად იყენებენ შვრიას. ეს განპირობებულია იმით, რომ ზამთარში შვრიის მცენარეთა რაღაც ნაწილი იღუპება, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ის მაინც ეფექტურად იცავს ნიადაგს და აკავებს თოვლს. შვრიას

ჩვეულებრივ თესვენ ჭარხლის, კარტოფილის, ბოსტნეულის და სოიოს აღების შემდეგ. გაზაფხულზე ნიადაგდაცვით კულტურას ანადგურებენ ჰერბიციდებით ან მექანიკურად (კულტივატორით), ტოვებენ ანარჩენებს ისეთი რაოდენობით, რომ გვიან გაზაფხულზე უზრუნველყონ აღნიშნული კულტურის შემდგომ, ძირითადი კულტურის ნათესების (მაგ., სიმინდის) აღმონაცენი.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა კულისებრივი განლაგება (კულისების მოწყობა). ქარის მოძრაობის მიმართულებაზე, ნიადაგის დაცვის ყველაზე ეფექტური საშუალებაა კულისები, რომლებიც ორიენტირებულია საშიში ქარების მიმართულების პერპენდიკულარული მიმართულებით.

კულისები განკუთვნილია მინდვრიდან ახვეტილი ნიადაგის ნაწილაკების აკუმულაციისათვის, რომელიც მას აკრავს ქარპირა მხარეს. რაც უფრო მეტია კულისის სიმაღლე, მით მეტია დამცავი ზოლის სიგრძე. ჩვეულებრივ, დამცავი ზონა შეადგენს კულისის სიმაღლის 8-12-ჯერ მეტს, დაცული ზონის სიგრძე კი, კულისის ზოლის სიგრძის ტოლია. ოპტიმალურად ითვლება სიმინდის ან სორგოსაგან შექმნილი ორრიგანი კულისების გამტარობა, როდესაც მეცნარეთა შორის დაცილება 15 სმ-ია. თუ კულისები განკუთვნილია დეფლაციისაგან ნიადაგის დაცვისათვის, აგრეთვე მინდორზე თოვლის დაგროვებისა და თანაბრად განაწილებისათვის, მაშინ მათ შორის მანძილს განსაზღვრავენ ისე, როგორც დამცავი ზონის სიგანეს. კულისებს შორის რეკომენდებული მანძილი განპირობებულია სასოფლო-სამეურნეო მანქანა-აგრეგატების სიგანის ჯერადი მანძილით (ორმაგი, ოთხმაგი, და ა.შ.).

6.2.4. ნიადაგის ირიგაციული ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებები

წყლის დასაშვები ხარჯები სარწყავ კვალში საკმაოდ დაქანებულ, აგრეთვე დამრეც ფერდობებზე ეროზიისადმი დაბალი მდგრადობის ნიადაგების შემთხვევაში ხშირად აღმოჩნდება იმდენად დაბალი, რომ ეკონომიკური მოსაზრებებით არ შეიძლება იქნეს პრაქტიკულად რეალიზებული. წყლის უფრო მაღალი ხარჯებით რწყვა მიგვიყვანს ნიადაგის ჩამორეცხვამდე. აღნიშნულ პირობებში მხედველობაში იღებენ ეროზიის საწინააღმდეგო დამატებით ღონისძიებებს, რომელიც მიმართულია ნაკადის სიჩქარის შემცირებაზე სარწყავი კვალის დაქანების შემცირებით, კვალის ფსკერის ხორკლიანობის გადიდებით და ნიადაგის წყალგამტარობის გადიდებით ან ნიადაგის წყალგამძლე სტრუქტურისა და აგრეგატების შეკავშირების ხარჯზე წყლის ნაკადის დასაშვები სიჩქარის გადიდებით.

რწყვა „წაკვეთილი“, „კონტურული“ და „დაკლაკნილი“ კვლებით. სარწყავი კვლების დაქანების შემცირება შესაძლებელია ნაკვეთის ე.წ. „წაკვეთილი“ კვლევის დაკვალვით, რომლებიც დაკვალულია მახვილი

კუთხით ჰორიზონტალების მიმართ და „კონტურული“ კვლებით, რომლებიც დაკვალილია ჰორიზონტალების მიმართულებით. ამასთან აუცილებელია ნაკვეთის ზედაპირის ზედმიწევნით პლანირება (მოსწორება), რათა ცალკეულ უბნებზე თავიდან იქნეს აცილებული უკუდაქანება კვლების ცალკეულ მონაკვეთებზე.

რთული რელიეფის პირობებში ბუნებრივია სწრაფვა, რომ მორწყვა ჩატარდეს ფერდობის უდიდესი დაქანების მიმართულებით, რათა თავიდან იქნეს აცილებული წყლის დაგუბება ჩადაბლებებსა და მისი გარღვევა ქვემოთ მდებარე კვლებში. ასეთ პირობებში დაქანების რეგულირება წარმოებს დაკლაკნილი კვლების მოწყობით. ამ მიზნისათვის იყენებენ კულტივატორს სპეციალური საგორავებით, რომლებიც მოთავსებულია კულტივატორის სამუშაო ორგანოების უკან და უზრუნველყოფენ 3-6 სმ სიგანისა და 3-4 სმ სიღრმის დაკლაკნილი (ზოგზავისებური) კვლების ფორმირებას. დაკლაკნილი მიკროკვლებით ნაკვეთის რწყვის შედეგად ნიადაგის ჩამორეცხვა მცირდება 20-30-ჯერ, იზრდება ნაკვეთის თანაბარი დატენიანება, მცირდება სარწყავი წყლის ზედაპირული გადაგდება.

სარწყავი კვლის საწყისი (ზედა) ნაწილის წინასწარი დატენიანება მცირე ხარჯის მქონე წყლის ნაკადით. ერთ-ერთი პერსპექტიული ხერხი, რომელიც მიმართულია სარწყავი წყლის ნაკადის დასაშვები სიჩქარის გადიდებისათვის, წარმოადგენს რწყვამდე ნიადაგის დატენიანებას სარწყავ კვლებში, წყლის მცირე ხარჯებით, რომელიც საშუალებას აძლევს კვლის კედლებს ნელ-ნელა კაპილარულად დატენიანდეს. კვლის წინასწარი დასველებიდან რამდენიმე ხნის შემდეგ ტარდება ძირითადი რწყვა. საკმარისია დატენიანდეს კვლის საწყისი 20-30 მ და დატოვებულ იქნეს ღამით ასეთ მდგომარეობაში, იმ მიზნით, რომ დილით ჩატარდეს ძირითადი რწყვა წყლის უფრო დიდი, დასაშვები (წინასწარ დატენიანებული ნიადაგის გადაურეცხვადობის პირობით) ხარჯებით. წინასწარი დატენიანების ეფექტი განპირობებულია ნიადაგის წყალგამძლე აგრეგატების რაოდენობის გაზრდით და მასთან დაკავშირებული ზედაპირის ხორკლიანობის გადიდებით. სარწყავი კვლების წინასწარი დატენიანების დადებითი გავლენა ნიადაგის სტრუქტურის წყალგამძლეობაზე დამოკიდებულია მის (დატენიანების) ინტენსივობაზე და ხანგრძლივობაზე, აგრეთვე ნიადაგის თვისებებზე. ნელ, ნიადაგის საკმაოდ ხანგრძლივ კაპილარულ დატენიანებას, განსაკუთრებით მძიმე გრანულომეტრიული შედგენილობის ნიადაგების შემთხვევაში, მიყვარათ წყლის ნაკადის გადამრეცხი და დასაშვები (ნიადაგის გადაურეცხაობის პირობით) სიჩქარეების მნიშვნელოვან ამაღლებამდე.

სარწყავი კვლების მულჩირება. სარწყავი კვლების ფსკერის მულჩირება მცენარეული ნარჩენებით წარმოადგენს სარწყავი

წყლის დასაშვები ხარჯის გადიდების ეფექტურ ღონისძიებას. მისი მოქმედების მექანიზმი მდგომარეობს სარწყავი კვლების ფსკერის ხორკლიანობის გაზრდაში. ამის შედეგად იზრდება წყლის ნაკადის სიღრმე და დასველების პერიმეტრი, რასაც მივყავართ ნიადაგში წყლის ინფილტრაციის გადიდებამდე, ნაკადის სიჩქარის შემცირებამდე და, შესაბამისად, მისი გადარეცხვობის და ტრანსპორტირებადობის უნარის შემცირებამდე. წყლის დასაშვები (ნიადაგის გადაურეცხაობის პირობით) ხარჯის გაზრდის ზემოთ გადმოცემული სქემის გამოყენებით, შეიძლება შეფასდეს ნამჯით მულჩირების ეფექტურობა.

6.3. პესტიციდები და ნიადაგების დაცვა

პესტიციდები (ინსექტიციდები, ფუნგიციდები, ჰერბიციდები, როდენტიციდები და სხვ.) ქიმიური ან ბიოლოგიური პრეპარატების, რომლებიც გამოიყენება მცენარეთა დაავადებების და მავნებლების, სარეველა მცენარეების, შენახული სოფლის მეურნეობის პროდუქციის დასაყოფაცხოვრებო მავნებლების, ცხოველთა პარაზიტების წინააღმდეგ.

პესტიციდების გამოყენების აუცილებლობა აიხსნება იმით, რომ დედამიწაზე არსებულ 70 ათასამდე მწერს, ტკიპას და მილიონზე მეტ ფეხსახსრიანს შეუძლია მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენოს ადამიანს, შინაურ ცხოველებს, მცენარეებს.

ეკონომიკურად სუსტად განვითარებულ ქვეყნებში დაავადებებისა და მავნე ორგანიზმებისაგან მოსავლის 50%-მდე ილუპება, ხოლო განვითარებულ ქვეყნებში მხოლოდ 15-25%.

პესტიციდები თავისი წარმოშობით იყოფა რამდენიმე ჯგუფად:

- I. მცენარეული წარმოშობის პირეტრუმი, ნიკოტინი; არამდგრადი პრეპარატული ფორმისა და თბილისისხლიანებისათვის საკმაოდ მაღალი ტოქსიკურობის გამო ისინი შეზღუდულად გამოიყენება.
- II. არაორგანული ნივთიერებები დარიშხანის, ვერცხლისწყლის, ფთორის ნაერთები. ამ ჯგუფის ბიოციდები გამოიყენება მრავალ ქვეყანაში, თუმცა, მათ გააჩნიათ დაბალი ამორჩევითი უნარი და ადამიანისათვის მაღალი ტოქსიკურობა.
- III. ორგანული ნივთიერებები: 1) ქლორირებული ნახშირწყალბადები - დიქლორდიფენილ ტრიქლორმეთილმეთანი (დდტ), ჰექსაქლორციკლოჰექსანი (გექსაქლორანი), ტოქსაფენი, დიენები - გექსაქლორციკლოპეტადიენიდან წარმოებულები - ქლორდანი, გექტაქლორი, ალდრინი, დიელდრინი, სევინი და სხვ., 2) ფოსფორმემცვლედი ორგანული ნივთიერებები - ფოსფორმეჟავს თიოფოსფორმეჟავს, დითიოფოსფორმეჟავს რთული ეთერები - მეთაფოსი, მეთილმერკატოფოსი, მეთილნიტროფოსი, საიფოსი, ფოსფამიდი, კარბოფოსი და სხვ., 3) კარბამატები - კარბიდის მჟავის ეთერები. მათ მიეკუთვნება კარბათიონი, კარბინი,

პოლიკავაციანი, ბეტანილი, ტრიალატი, ტილამი დას ხვ., 4) შარდოვანას წამოებულები - ფენურონი, მონურონი, დიურონი, არეზინი, კოტორანი დას ხვ., 5) პირეტროილური ინსექტიციდები - დეცისი, კინმიქსი და სხვ., 6) ტრიაზოლის ჯგუფის პერბიციდები - სიმაზინი, პრიმექსტრა და სხვ., 7) ახალი კონაზოლის ჯგუფის ფუნგიციდები, დაბალი ხარჯვის ნორმით - სფორი, ვექტრა. მათი ქიმიური ჯგუფის თესლის შესაწამლი პრეპარატები - დივილენდი, პრემისი.

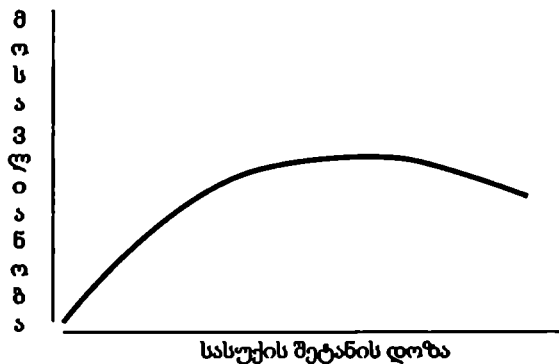
მოქმედების ხასიათის მიხედვით პესტიციდები, განსაკუთრებით პერბიციდები, იყოფა ორ ჯგუფად: საერთო და სელექციური (ამორჩევითი) პესტიციდები. პირველი ჯგუფი მოიცავს: ა) საშუალებებს, რომლებიც აზიანებენ მცენარეების მიწისზედა ნაწილებს მოხვედრის ადგილას (ქლორიტები, არსენატები), აგრეთვე გლიფოსინატის წარმოებული (ბასტა); ბ) ფოთლის ზედაპირით ან ნიადაგით ტრანსლამინალური მოქმედების საშუალებები (გლიფოსატის წარმოებულები - ხაუნდაპი, ურაგანი). მეორე ჯგუფი მოიცავს: ა) კონტაქტური მოქმედების საშუალებებს - რკინის, სპილენძის, ვერცხლისწყლის არაორგანული ნაერთების უმრავლესობას და მინერალურ ზეთებს; ბ) ტრანსლოკაციური მოქმედების საშუალებებს, მათ მიეკუთვნება პერბიციდების უმრავლესობა და სისტემური ფუნგიციდები. სისტემური (ანუ ტრანსლოკაციური) გადამომრავება ხდება მცენარეში აღმავალი და დაღმავალი დენით. სისტემური პესტიციდებით მავნებლები იღუპებიან მოშამული მცენარის წვენით კვების დროს. სისტემური პერბიციდები ახდენენ გარკვეულ ფერმენტთა ინჰიბირებას და იწვევენ ფოთლების ან ფესვების ხმობას.

პესტიციდები იცავენ კულტურულ მცენარეებს და სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციას. ამასთან ერთად, პესტიციდები წარმოადგენენ ბრძოლას საშიშ ქიმიურ საშუალებას, რადგანაც ისინი არარეგლამენტირებული გამოყენების შემთხვევაში გროვდება ლანდშაფტში, აზიანებს ფიტოცენოზებს და არღვევს ცხოველების თანასაზოგადოებებს. კვების პროდუქტებთან ერთად პესტიციდები ხვდება ადამიანის ორგანიზმში, ზოგიერთ შემთხვევაში იწვევს ნირმიდან გადახრას, რაც შეიძლება გადაიცეს მემკვიდრეობით. პესტიციდების ქიმიურ-გენეტიკური ზემოქმედების შესწავლისას დადგინდა, რომ მათი 1/3 იწვევს მუტაციებს. პესტიციდების გარკვეულ ჯგუფებს ახასიათებს კუმულაციის უნარი. პესტიციდები გადაინაცვლება კვების ჯაჭვებით და გადიდებული კონცენტრაციით გროვდება ტროფიკული ჯაჭვის საბოლოო რგოლებში. ნიადაგებში, მცენარეებში, ცხოველებში დაგროვებით პესტიციდებმა შეიძლება გამოიწვიოს ბიოლოგიური წრებრუნვის ნორმალური ციკლის ღრმა და შეუქცევადი ცვლილება და ლანდშაფტის პროდუქტიულობის შემცირება.

ნიადაგების დაცვა პესტიციდებით გაჭუჭყიანებისგან შესაძლებელია ნაკლებად ტოქსიკური და მდგრადი ნაერთების შექმნით და გამოყენებით და მათი ნიადაგში შეტანის დოზების შემცირებით. არსებობს პესტიციდების ეფექტურობის შემცირების გარეშე მათი დოზების შემცირების რამდენიმე ხერხი.

სხვა ხერხებთან პესტიციდების გამოყენების შეხამება. ბრძოლის ინტეგრირებული მეთოდი წარმოადგენს მავნებლების განადგურების ყველა შესაძლებელი ხერხის კომპლექსს აგროტექნიკურის, ბიოლოგიურის, გენეტიკურის, ქიმიურის (პესტიციდების რეგლამენტირებული გამოყენების გათვალისწინებით). ამასთან მთავარია არა მავნე სახეობის სრული განადგურება, არამედ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების საიმედო დაცვის ფონზე პოპულაციის რიცხოვნობის დაყვანა მავნეობის ეკონომიკურ ზღვრამდე.

პესტიციდების პერსპექტიული ფორმების გამოყენება. ამ ბოლო დროს გაჩნდა პესტიციდების ახალი ფორმები: მიკროგრანულანტები, „შებრუნებული“ ემულსიების კონცენტრანტები, გამოყენებისთვის გამზადებული აეროზოლები და კაფსულირებული პრეპარატები. პესტიციდების ახალი ფორმების გამოყენება საშუალებას იძლევა შემცირდეს მოქმედი ნივთიერების ხარჯვის ნორმა და მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი არასასურველი შედეგები, მათ შორის ნიადაგების გაბინძურება.



სურ.6.1. მოსავლიანობის დამოკიდებულება შეტანილი სასუქის რაოდენობაზე

პესტიციდების შეტანის მიწისზედა შესხურების წესების გაზრდა. არსებობს მიწისზედა შესხურების შემდეგი წესები: ჩვეულებრივი, როცა სამუშაო ნაზავის ხარჯვის ნორმა მინდვრის კულტურებზე უდრის 300-500 ლ/ჰა, ხოლო მრავალწლიან ნარგავებზე 800-3000 ლ/ჰა; მცირემოცულობიანი 50-200 ლ/ჰა და ულტრამცირემოცულობიანი - 1-25 ლ/ჰა. ჯერჯერობით ეს უკანასკნელი ხორციელდება საავიაციო

შესასხურებელი აპარატურის საშუალებით, მაგრამ არსებობს მიწისზედა ისეთი შესასხურებელი აპარატები, რომლითაც შესაძლებელია პესტიციდების მცირე რაოდენობით დიდ ფართობზე თანაბარი განაწილება. მიწისზედა შესხურებისას უფრო მიზანშეწონილია მცირემოცულობიანი (5-25 ლ/ჰა) შესხურება. (<http://www.zahistplants.se-ua.net/page9>)

მდგრადი პრეპარატების გამოყენების შემცირება. ქლორორგანული პრეპარატების შემცირება, პირეტროიდული და სხვა ნაკლებმდგრადი პესტიციდების წარმოების გაზრდა ხელს უწყობს ნიადაგების დაცვას. პესტიციდების სორტიმენტის განახლება ხდება ნაკლებმდგრადი, ნაკლებტოქსიკური და მცირე ხარჯვის ნორმის მქონე პრეპარატების შენაცვლებაზე. სულ მეტი ყურადღება ეთმობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებში მავნე ორგანიზმებთან დაცვის მიზნით გამოყენებული პესტიციდებით საპექტარო ეკოლოგიური დატვირთვის შემცირებას, რაც მიიღწევა პრეპარატების გამოყენების ჯერადობის და ხარჯვის ნორმების შემცირებით.

ცხრილი 6.6.

საქართველოში პესტიციდების საპექტარო დატვირთვა
(ზუზუტა, ორგონიკიძე, 1999)

N	კულტურა	საპექტარო დატვირთვა	
		1990 წ.	1997 წ.
1.	ვაზი	0,65	0,32
2.	ხეხილი	1,15	0,56
3.	ციტრუსები	0,72	0,38
4.	ბოსტან-ბაღიერი	0,37	0,29

პესტიციდების საპექტარო ეკოლოგიური დატვირთვის შემცირება გახდა შესაძლებელი პრაქტიკაში პესტიციდების ახალი ჯგუფურ-სინთეზური ჯგუფის გამოყენებით. მათი უპირატესობაა ბევრად ნაკლები ხარჯვის ნორმების გამოყენება, არატოქსიკურ კომპონენტებად სწრაფი დაშლა, ადამიანის ორგანიზმიდან სწრაფი გამოდევნება და სხვ.

მოქმედების არაერთნაირი მექანიზმის მქონე ტოქსიკანტების მორიგეობითი გამოყენება. ბრძოლის ქიმიური საშუალებების შეტანის ასეთი ხერხი გამოიყენება მავნებლების მდგრადი ფორმების ჩამოყალიბებას. ამიტომ კულტურების უმრავლესობისთვის რეკომენდაციას უწევს განსხვავებული მოქმედების სპექტრისა და მოქმედების მექანიზმის მქონე პრეპარატებს.

პესტიციდების გამოყენების რაციონალური ტექნოლოგიის დაცვა. შენახვის, ტრანსპორტირების, შეტანის წესების დაცვის პირობებში პესტიციდებს შეუძლიათ დიდი სარგებლობის მოტანა. პრაქტიკაში ხშირია პესტიციდების შეტანის წესების დარღვევა: ირღვევა პესტიციდების დოზები; ამორჩევითი დამუშავების მაგივრად ტარდება ობიექტების მთლიანი დამუშავება; ზიანდება მგრძნობიარე კულტურები; ირღვევა დამუშავების დადგენილი ვადები; აღინიშნება ადამიანის და ცხოველების მოწამელის შემთხვევები.

ამჟამად ტოქსიკურობის შესაფასებლად შემოღებულია სპეციალური ბალური შკალა და პესტიციდები, როგორც შესაძლებელი გამბინძურებლები, დაყოფილია 3 ჯგუფად. ყველაზე საშიში გამბინძურებლების ჯგუფში შესულია ძირითადად ინსექტიციდები, ზოოციდები და თესლის შესაწამლი, მეორეში - ნაკლებად ტოქსიკური და მესამეში - სუსტად ტოქსიკური ჰერბიციდები და ფუნგიციდები. ტოქსიკანტების შეფასება იძლევა პესტიციდებით ნიადაგის დაბინძურების საშიშროების პროგნოზირების საშუალებას.

6.4. რადიონუკლიდები და აგროეკოსისტემები

ადამიანის გარემოში მოხვედრისას რადიოაქტიური ნარჩენები ხდება მისი გარეშე დასხივების წყარო, ხოლო რადიონუკლიდ შემცველი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მოხმარება იწვევს ადამიანის შინაგან დასხივებას მის ორგანიზმში რადიოაქტიური ნივთიერებების დაგროვების შედეგად. გარემოში რადიონუკლიდებით მოხვედრასთან დაკავშირებული სხვადასხვა რადიოლოგიური სიტუაციების განხილვისას ირკვევა, რომ სწორედ შინაგანი დასხივება წარმოადგენს ადამიანის ჯამური დასხივების მნიშვნელოვან ნაწილს.

რადიონუკლიდების რაოდენობაზე მსჯელობენ მათი აქტიურობის მიხედვით, რომლის ერთეულია ბეკერელი ანუ ერთი დამლა წამში. სასოფლო-სამეურნეო რადიოლოგიაში აგრეთვე ფართოდ არის მიღებული ამ სიდიდის სხვა ერთეული - კიური.

დოზიმეტრიაში ძირითადად არჩევენ სამ მახასიათებელს:

1. აქტივობა - მხოლოდ წყაროს მახასიათებელია (იზომება დაშლით დროის ერთეულში - 1/წმ);
2. გამოსხივების ენერგია - ახასიათებს ცოცხალ უჯრედზე გამოსხივების ზემოქმედების უნარს (იზომება ენერგეტიკულ ერთეულებში);
3. დასხივების დოზა - ახასიათებს ცოცხალ ორგანიზმზე მოხდენილ ზემოქმედებას (იზომება ზივერტებში ან ბერში და ა.შ.).

ნიადაგის რადიოაქტიურობა განპირობებულია რადიოაქტიური ელემენტების შემცველობით. არჩევენ ბუნებრივ და ხელოვნურ რადიოაქტიურობას.

ბუნებრივი რადიოაქტიურობა გამოწვეულია ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტებით, რომლებიც ამა თუ იმ რაოდენობით არსებობენ ნიადაგსა და ნიადაგწარმოქმნელ ქანში. ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტები იყოფა 3 ჯგუფად.

პირველ ჯგუფს ^{222}Rn , ^{220}Rn მიეკუთვნება რადიოაქტიური ელემენტები, რომელთა ყველა იზოტოპი რადიოაქტიურია. მათ შორის არის ცვლადი იზოტოპების ჯგუფი: ურანის, რადიუმის, თორის და აქტინოიდების. მათი დამლის შუალედური პროდუქტებია როგორც მყარი, ისე გაზისებრი იზოტოპები. ამ ჯგუფიდან ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს ურანს (^{238}U , ^{235}U), თორს (^{232}Th), რადიუმს (^{226}Ra) და რადონს (^{222}Rn , ^{220}Rn).

მეორე ჯგუფში შედიან „ჩვეულებრივი“ რადიოაქტიური თვისებების მქონე იზოტოპები: კალიუმი (^{40}K), რუბიდიუმი (^{87}Rb), კალციუმი (^{48}Ca), ცირკონი (^{90}Zr) და სხვ. მათ შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს კალიუმს, რომელიც განაპირობებს ყველაზე დიდ ბუნებრივ რადიოაქტიურობას.

მესამე ჯგუფი მოიცავს რადიოაქტიურ იზოტოპებს, რომლებიც წარმოიქმნება ატმოსფეროში კოსმოსური სხივების ზემოქმედებით. ასეთებია: ტრიტი (^3H), ბერილი (^7Be , ^{10}Be) და ნახშირბადი (^{14}C).

ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტი ძირითადად ხანგრძლივი სიცოცხლის მქონეა - 10^8 - 10^{10} წლის ნახევარდაშლის პერიოდით. ისინი გამოასხივებენ α , β -ნაწილაკებს და γ -სხივებს.

ბუნებრივი რადიოაქტიურობა ძირითადად განისაზღვრება: ურანის, თორის, რადიუმის და კალიუმის იზოტოპებით. ჩვეულებრივ ნიადაგებსა და ქანებში ისინი ძლიერ გაფანტულ მდგომარეობაშია. ბუნებრივი რადიოაქტიური იზოტოპების შემცველობა ძირითადად დამოკიდებულია დედაქანზე. მყავა ქანების გამოფიტვის პროდუქტებზე ფორმირებული ნიადაგი მეტი რაოდენობით შეიცავს რადიოაქტიურ იზოტოპებს, ვიდრე ფუძე და ულტრაფუძე ქანებზე განვითარებულ ნიადაგი. მიძიე ნიადაგი მეტი რაოდენობით შეიცავს მათ, ვიდრე მსუბუქი ნიადაგი. ჩვეულებრივ, ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტები ნიადაგში პროფილის მიხედვით მეტ-ნაკლებად თანაბრად ნაწილდება, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში ხდება მათი აკუმულირება ილუვიურ და ლებიან ჰორიზონტებში. ჰაერში ჩვეულებრივ გვხვდება რადონის (^{222}Rn), ტორონის (^{220}Rn) და აქტინონის (^{220}Rn) იზოტოპები.

ხელოვნური რადიოაქტიურობა განპირობებულია ნიადაგში იმ რადიოაქტიური იზოტოპების მოხვედრით, რომლებიც წარმოიქმნენ ატომური, თერმობირთული აფეთქებების, ატომური მრეწველობის ნარჩენების სახით ან ატომურ საწარმოებში ავარიის შედეგად. ატომური აფეთქებების დროს წარმოქმნილი რადიოაქტიური ნივთიერებები ჰაერის ნაკადებით შეიძლება გადატანილ იქნან დიდ მანძილზე და

თანდათანობითი დაღუპვით გამოწვიონ ნიადაგის და ბუნებრივი წყლის რადიოაქტიური დაბინძურება ხელოვნური რადიოიზოტოპებით. ბიოლოგიურ წრებრუნვაში ჩართვით, ისინი მცენარეული და ცხოველური საკვებით ხვდება ადამიანის საკვებში, გროვდება და იწვევს რადიოაქტიურ დასხივებას. ამ მხრივ ყველაზე დიდ საშიშროებას წარმოადგენენ სტრონციუმის (^{90}Sr) და ცეზიუმის (^{137}Cs) იზოტოპები, რადგანაც ისინი ხასიათდება ნახევარდაშლის ხანგრძლივი პერიოდით (28 წელი ^{90}Sr და 33 წელი ^{137}Cs). ისინი გამოირჩევიან აგრეთვე გამოსხივების მაღალი ენერგიით და ბიოლოგიურ წრებრუნვაში აქტიური ჩართვის უნარით. ამიტომ უაღრესად მნიშვნელოვანია იმ კანონზომიერებების ცოდნა, რომელიც დაკავშირებულია ნიადაგის მიერ ამ იზოტოპების შთანთქმასთან, მათ მიგრაციასა და მცენარეში მოხვედრასთან. ^{90}Sr და ^{137}Cs საერთო არის ნიადაგის მყარი ფაზის მიერ მათი საკმაოდ სრული შთანთქმა. ამიტომ ძირითადი რაოდენობა (80-90%) აღინიშნება ნიადაგის ზედა ნაწილში (5-10 სმ-მდე). ამასთან, ყველაზე დიდი სორბციით გამოირჩევა ნიადაგები ჰუმუსის მაღალი შემცველობით, მდიდარი ლექის ფრაქციით და თიხის მინერალების მონტმორილონიტური და ჰიდროქსიანი შედგენილობით. ძირითადი თვისებებით 90 Sr ახლოს არის კალციუმთან, ხოლო 137Cs კალიუმთან, ამიტომ ამ რადიოიზოტოპების ქცევა ახლოს არის აღნიშნული ქიმიური ელემენტების ქცევასთან. ^{90}Sr და ^{137}Cs მნიშვნელოვანი ნაწილი ნიადაგში მაგრდება გაცვლითი შთანთქმის ტიპით, თუმცა ^{137}Cs შეუძლია არაგაცვლითი შთანთქმა. განხილული რადიოაქტიური პროდუქტების მიგრაცია დამოკიდებულია აგრეთვე ნიადაგთან მათი კავშირების სიმტკიცეზე. მსუბუქ ნიადაგში უფრო მეტად გამოიხატება, ვიდრე მძიმეში.

რადიოაქტიური ნივთიერებებით დაბინძურებულ ტერიტორიებზე ჩასატარებელი დაცვითი ღონისძიებები იყოფა ორჯგუფად: ტრადიციული (ჩვეულებრივი) და სპეციალური. ტრადიციული ხერხების გამოყენების დროს, ერთი მხრივ, იზრდება ნიადაგების ნაყოფიერება დამოსავლიანობა, უმჯობესდება მემცენარეობის პროდუქციის ხარისხი და დიდდება საქონლის პროდუქტიულობა და, მეორე მხრივ, აგროსამრეწველო პროდუქციაში მცირდება რადიონუკლიდების კონცენტრაცია. დაცვის სპეციალური ხერხების გამოყენებისას გადასაწყვეტია მხოლოდ ერთი ამოცანა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციაში რადიონუკლიდების კონცენტრაციის შემცირება.

მიწათმოქმედებაში გაჭუჭყიანებულ ტერიტორიაზე დაცვის ჩვეულებრივ ხერხს წარმოადგენს ნიადაგების დამუშავება. რადიონუკლიდების აერალური მოსვლის შემდეგ გაჭუჭყიანებული ნიადაგების გადახვნა იწვევს მათ ხელოვნურ ჩაღრმავებას სახნავ შრეში, მათი დაგროვება მცენარეში მცირდება ფესვური შთანთქმის შედეგად.

აგროქიმიაში რადიონუკლიდების კონცენტრაციის შემცირების უმნიშვნელოვანეს ხერხს წარმოადგენს მინერალური და ორგანული სასუქების შეტანა და აგრეთვე მყავა ნიადაგების მოკირიანება.

მემცენარეობაში სასოფლო-სამეურნეო კულტურებში რადიონუკლიდების შეღწევის შემცირების მნიშვნელოვანი ხერხია მცენარეების ისეთი სახეობების და ჯიშების შერჩევა, რომლებიც ხასიათდება რადიონუკლიდების მინიმალური დაგროვებით.

გაჭუჭყიანება მძიმე ლითონებით

ხვედრითი წონის მიხედვით ლითონები პირობითად იყოფა ორ ჯგუფად: მსუბუქი, რომელთა ხვედრითი წონა არ აღემატება 5 გ/სმ³ და სხვა დანარჩენი. მძიმე ლითონებს მიეკუთვნება: ქრომი, თუთია, კალა, მანგანუმი, რკინა, კადმიუმი, ნიკელი, სპილენძი, ვერცხლისწყალი, ტყვია, ვერცხლი, ვოლფრამი, ოქრო, პლატინა, ბისმუთი, ტელური, სურმა და სხვ.

გარემოს სტრესული მდგომარეობის ინდიკატორებია ე.წ. ნივთიერებების კრიტიკული ჯგუფი ვერცხლისწყალი, ტყვია, კადმიუმი, დარიშხანი, სელენი და ფთორი. მათ შორის განსაკუთრებით საშიშია პირველი სამი ელემენტი. მთამადნეულის მოპოვებამ და გამოყენებამ გამოიწვია ახალი გეოქიმიური პროცესების გამოვლენა. ეს პროცესები განისაზღვრება ერთიანი ტერმინით „ტექნოგენეზი“. მისი ერთ-ერთი გამჟღავნებაა დედამიწის ზედაპირის გარკინება.

გასული საუკუნის 70-იან წლებში შემოღებულ იქნა ცნება „ელემენტების თერმოფილობა“ ქიმიური ელემენტის ყოველწლიური მოპოვების (ტონობით) შეფარდება მის კლარკთან (დედამიწის ქერქში ქიმიური ელემენტების საშუალო შემცველობის ამსახველი ტერმინი, რომელიც შემოიღეს ამერიკელი გეოქიმიკოსის ფ. კლარკის პატივსაცემად, რომელმაც პირველმა გათვალა დედამიწის საშუალო ქიმიური შემადგენლობა). თერმოფილობა მეტად დინამიკურია და სხვადასხვა ლითონისთვის ხასიათდება არათანაბრობით. ეს უკანასკნელი იწვევს ზოგიერთი ელემენტის დაგროვებას დედამიწის ზედაპირზე და მათ კონცენტრაციას ნიადაგში.

ცხრილი 6.7.

ელემენტების შეფარდება ზუნებაში და მათ მოპოვებაში

ელემენტები	კლარკების შეფარდება	შეფარდება მოპოვებაში
Fe : Al	0,55	460
Zn : Cu	1,55	0,8
Ni : Co	3	20
K : Mg	1,3	68

ამგვარად, დედამიწის ზედაპირი მდიდრდება რკინით, ნიკელით, კალიუმით.

ნიადაგის დაბინძურებას მძიმე ლითონებით სხვადასხვა წყარო გააჩნია:

1. მთამადნეული მრეწველობის ნარჩენები;
2. მრეწველობის გამონატყორცნები;
3. საწვავის წვის პროდუქტები;
4. ავტომანქანების გამონაბოლქვი აირები;
5. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის საშუალებები და სხვ.

მთამადნეულის მრეწველობის საწარმოები დედამიწის ზედაპირზე ყოველწლიურად გამოტყორცნიან: 150 ათას ტონა სპილენძს, 150 - თუთიას, 90 - ტყვიას, 12 - ნიკელს, 1,5 ათას ტ მოლიბდენს, 800 ტ კობალტს და 30 ტ ვერცხლისწყალს.

გამონაბოლქვ აირებთან ერთად ნიადაგების ზედაპირზე წელიწადში ხვდება ტყვიის 250 ათას ტონაზე მეტი. ესაა ნიადაგის ტყვიით გაჭუჭყიანების ძირითადი წყარო. ნიადაგში მძიმე ლითონები ხვდება სასუქებთან და პესტიციდებთან ერთად.

მძიმე ლითონების განაწილება ნიადაგის ზედაპირზე განისაზღვრება მრავალი ფაქტორით. ის დამოკიდებულია გაჭუჭყიანების წყაროზე, რეგიონის მეტეოროგიულ და ლანდშაფტურ თავისებურებებზე და გეოქიმიურ ფაქტორებზე. გაჭუჭყიანების წყარო განსაზღვრავს გამონატყორცნი პროდუქტის ხარისხს და რაოდენობას. მისი გაფრქვევის ხარისხი დამოკიდებულია გამონატყორცნის სიმაღლეზე. მაქსიმალური გაჭუჭყიანების ზონა ვრცელდება მილის სიმაღლის 5-40 მანძილზე. ატმოსფეროში გამონატყორცნების ნაწილაკების არსებობის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მათ მასაზე და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. რაც უფრო მძიმეა ნაწილაკები, ისინი მით უფრო სწრაფად ილექება.

ჰაერის მასები ანზავებენ გამონატყორცნებს და გადააქვთ მყარი ნაწილაკების და აეროზოლების სხვადასხვა მანძილზე „ქარების ვარდის“ შესაბამისად. გაჭუჭყიანების პროდუქტების განაწილებაზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ქარის სისწრაფე: რაც უფრო დიდია ის, მით უფრო აქტიურია ჰაერის მასით გამონატყორცნის გაზავება და მით უფრო ნაკლებია გაჭუჭყიანება ფართობის ერთეულზე. გამონატყორცნების გაბნევას, მათი კონცენტრაციის შემცირებას ხელს უწყობს ჰაერის მასების ტურბულენტური მოძრაობა. ჰაერის ტენიანობა გავლენას ახდენს აგრეთვე გამონატყორცნის პროდუქტების განაწილებაზე.

გარდა მეტეოროლოგიური ფაქტორებისა, მძიმე ლითონების განაწილების ხასიათი დამოკიდებულია აგრეთვე რელიეფზე. გაფხვიერების ტექნოგენური არეალები ფორმირდებიან უფრო მოკლე

ვადებში, ვიდრე ბუნებრივი და ჩრდილავენ მათ. ლითონები ერთვება ბიოლოგიურ წრებრუნვაში, გადაიცემა კვების ჯაჭვებით და იწვევს მთელ რიგ ნეგატიურ მოვლენებს.

ლითონების ტექნოგენური განაწილების არათანაბრობა ძლიერდება ბუნებრივ ლანდშაფტებში გეოქიმიური ვითარების არაერთგვაროვანობით. ქიმიური ელემენტები და მათი ნაერთები განიცდის მთელ რიგ ცვლილებებს გეოქიმიური ბარიერების თავისებურებების მიხედვით.

არჩევენ გეოქიმიური ბარიერების ოთხ ტიპს:

- I. ბიოქიმიური ბარიერები ყველა ელემენტისთვის, რომელიც გადანაწილდება და ხასიათდება ცოცხალი ორგანიზმებით (O, C, H, Ca, K, N, Si, Mg, P, S და სხვ.).
- II. ფიზიკურ-ქიმიური ბარიერები:
 1. დაქანგვითი რკინის ან რკინა-მანგანუმიანი (Fe, Mn, Co), მანგანუმიანი (Mn), გოგირდოვანი (S);
 2. აღდგენითი სულფიდური (Fe, V, Zn, Ni, Cu, Co, Pb, U, As, Cd, Hg, Ag, So), ლებიანი ((V, Cu, U, Ag, Se);
 3. სულფატური და კარბონატული (Ba, Ca, Sr);
 4. ტუტე (Fe, Ca, Mg, Sr, Zr, Cu, Ni, Co, Pb, Cd);
 5. მჟავა (SiO₂);
 6. აორთქლებადი (Ca, Na, Hg, F, S, Sr, Cl, Pb, Zn, Li, Ni, Mo, U)
 7. ადსორბციული (Ca, K, Mg, P, S, Pb, V, Cr, Zn, Ni, Cu, Co, Pb, U, As, Mo, Hg, Ra);
 8. თერმოდინამიკური (Ca, S).

III. მექანიკური ბარიერები (Fe, Ti, Cz, Ni, Th, Sn, W, Hg, Pt, Pd).

IV. ტექნოგენური ბარიერები. NNNBL

ჟანგვა-აღდგენითი პირობები და არეს რეაქცია მკვეთრად ცვლის ლანდშაფტში მძიმე ლითონების ქცევას. სპილენძის, ნიკელის, კობალტის, თუთიის მიგრაციული უნარი მკვეთრად აღსადგენად პირობებში ჟანგვად პირობებთან შედარებით მცირდება 1-2 რიგით. ჟანგვად პირობებში მჟავა არეში სპილენძი, თუთია, ნიკელი, ვერცხლისწყალი, ტყვია უფრო მოძრავია, ვიდრე ტუტესა და ნეიტრალურ არეში, ხოლო მოლიბდენი, ვანადიუმი, სელენი უფრო მოძრავია ტუტე არეში, ვიდრე მჟავაში.

გეოქიმიური ბარიერი არ არსებობს ოზილირებულად, არამედ წარმოქმნის რთულ კომპლექსებს. ის არეგულირებს ნივთიერებების ნაკადების ელემენტარულ შემადგენლობას. მათზე ბევრად არის დამოკიდებული ეკოსისტემების ფუნქციონირება.

ტექნოგენუზის პროდუქტები თავისი ბუნების და კონკრეტული ლანდშაფტური პირობების გათვალისწინებით შეიძლება განიცდიდნენ გადამუშავებას ბუნებრივი პროცესებით და არ იწვევდნენ ბუნებაში არსებით ცვლილებებს. სხვა შემთხვევაში ისინი გროვდება და უარყოფითად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე.

მძიმე ლითონები ნიადაგიდან ჯერ ხვდებიან მცენარეებში, ხოლო შემდეგ კვების ჯაჭვებით ცოცხალ ორგანიზმებში და ტოქსიკურ გავლენას ახდენენ მცენარეებზე, ცხოველებსა და ადამიანზე.

მნიშვნელოვანია ნიადაგებში ცოცხალ ორგანიზმზე მძიმე ლითონების ტოქსიკურობის გაძლიერება მათი ერთობლივი ზემოქმედების შემთხვევაში. თუთიის და კადმიუმის, ან სპილენძის და კადმიუმის ერთობლივი ზემოქმედება იწვევს მიკროორგანიზმებზე რამდენიმეჯერ უფრო ძლიერ იმუნიზირულ მოქმედებას, ვიდრე აღნიშნული ელემენტები იმავე კონცენტრაციით ცალ-ცალკე მოქმედებისას.

რადგანაც მძიმე ლითონები საწვავის წვის პროდუქტებში და მეტალურგიული მრეწველობის გამონატყორცნებში გვხვდება სხვადასხვა შეფარდებაში, ამიტომ მათი ზემოქმედება ბუნებაზე უფრო ძლიერია, ვიდრე შეიძლება წარმოვიდგინოთ ცალკეული ელემენტის კონცენტრაციის მიხედვით. საწარმოების ახლოს ბუნებრივი ფიტოცენოზები უფრო ერთფეროვანი ხდება თავისი სახეობრივი შემადგენლობით, რადგანაც მრავალი სახეობა ვერ იტანს ნიადაგში მძიმე ლითონების გადიდებულ კონცენტრაციას. სახეობის რაოდენობა შეიძლება შემცირდეს 2-3-მდე, ხოლო ზოგჯერ ფორმირდება მონოცენოზები.

ტყის ფიტოცენოზებში გაჭუჭყიანებაზე პირველები რეაგირებენ ლიქენები და ხავსები. უფრო მდგრადია ბალახები და ბუჩქები. ყველაზე მდგრადია ხეები, მაგრამ ხანგრძლივი და მაღალინტენსიური ზემოქმედება იწვევს მათ ხმობას.

ექსტრემალურ ან მძიმე კლიმატურ პირობებში (მაღალმთიანეთი, ნახევარუდაბნო და სხვ.) მზარდი ფიტოცენოზები ნაკლებად მდგრადია გაჭუჭყიანებისადმი, ვიდრე ტყის ან ტყე-სტეპის ან სტეპის ბუნებრივი ზონების ფიტოცენოზები.

მძიმე ლითონებით ნიადაგების გაჭუჭყიანების გამოვლენას ახდენენ ნიადაგური სინჯების პირდაპირი მეთოდით და შემდგომ მათი ქიმიური ანალიზით მძიმე ლითონების შემცველობაზე. ნიადაგების გაჭუჭყიანების გამოვლენის სივრცობრივი კანონზომიერებების გამოსავლენად იყენებენ შედარებით-გეოგრაფიულ მეთოდს, ბიოგეოცენოზების კომპონენტების, მათ შორის ნიადაგების, სტრუქტურული კომპონენტების კარტირების მეთოდებს. ასეთი რუკები არა მარტო აღრიცხავენ მძიმე ლითონებით ნიადაგის გაჭუჭყიანების დონეს და შესაბამის ცვლილებებს ნიადაგურ საფარში, არამედ იძლევიან გარემოს მდგომარეობის შეცვლის პროგნოზირების საშუალებას.

მძიმე ლითონების ტოქსიკურობის დონის დადგენა საკმაოდ რთულია. ნიადაგებისათვის სხვადასხვა მექანიკური შედგენილობით და ორგანული ნივთიერების შემცველობით ეს დონე განსაკუთრებული იქნება. ამჟამად დადგენილია ნიადაგებში მძიმე ლითონების

ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები. ტესტ-მცენარედ აღებულია ქერი, ჭვავი და კარტოფილი. ტოქსიკურ დონედ ითვლება დონე, როდესაც მოსავლიანობა ეცემა 5-10%. მიღებულია ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ); ვერცხლისწყლისთვის 2,5 მგ/კგ, დარიშხანისთვის 12-15, კადმიუმისთვის 20 მგ/კგ. მაგრამ ეს სიდიდეები პირობითია, რადგანაც მძიმე ლითონების ზემოქმედება სხვადასხვა ნიადაგზე საკმაოდ განსხვავებულია. მძიმე ლითონების ტოქსიკურობის დონეზე არსებით გავლენას ახდენს არეს რეაქცია, ჰუმუსის და მეორადი მინერალების შემცველობა.

ნიადაგების მძიმე ლითონებით გაჭუჭყიანების თავიდან ასაცილებლად მეტად აქტუალურია გამაფრთხილებელი ღონისძიებები. ამის გარდა, მნიშვნელოვანია აგრეთვე უკვე არსებული გაჭუჭყიანების სალიკვიდაციო ღონისძიებების ჩატარება.

მძიმე ლითონებით ნიადაგის ატმოსფერული გაჭუჭყიანების შედეგად ხდება ნიადაგის ზედა შრის მოცილება, რადგანაც სწორედ აქ გროვდება გამაჭუჭყიანებელი ლითონები. ჩვეულებრივ, მიღებულია ისეთი ქიმიური ნივთიერებები, რომლებსაც გააჩნიათ ნიადაგში მძიმე ლითონების ინაქტივაციის უნარი ან შესაძლებელია მათი ტოქსიკური ზემოქმედების დაქვეითება.

ბუნებრივ მცენარეებსა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს შორის გამოვლენილია სახეობები და ჯიშები, რომლებიც მდგრადია ნიადაგების მძიმე ლითონებით გაჭუჭყიანებისადმი. მათ მიეკუთვნება: ბამბა, შაქრის ჭარხალი, ზოგიერთი პარკოსანი. მცენარეების ქსოვილებში გროვდება მძიმე ლითონების გადიდებული შემცველობა, რომელიც ათჯერ და ასჯერ აღემატება მათ რაოდენობას იმ მცენარეებში, რომლებიც იზრდება გაუჭუჭყიანებელ ნიადაგზე. ამიტომ ამ მცენარეების გამოყენება ადამიანისა და ცხოველების საკვებად შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალური დამუშავების შემდეგ. მაგრამ, არსებობს მცენარეები, რომლებიც მდგრადია მძიმე ლითონების ზემოქმედების მიმართ და მათ ქსოვილებში არ იქმნება მათი მაღალი კონცენტრაციები. მაგალითად, ერთსა და იმავე ნიადაგზე კარტოფილში და სტაფილოში თუთიის, სპილენძის და კადმიუმის შემცველობა გაუჭუჭყიანებელ ნიადაგებთან შედარებით გაიზარდა 2-3 ჯერ, ხოლო სალათის 7-10 ჯერ.

სელექციონერების წინაშე დგას სასოფლო-სამეურნეო მცენარეების ისეთი ჯიშების გამოყვანის ამოცანა, რომლებიც მდგრადი იქნება მძიმე ლითონებით ნიადაგების გაჭუჭყიანებისადმი და არ დააგროვებენ მათ თავის სხეულში.

ნიადაგების მძიმე ლითონებით გაჭუჭყიანების საწინააღმდეგო გამაფრთხილებელი და სალიკვიდაციო ღონისძიებების ერთობლიობით შესაძლებელია ნიადაგის და მცენარეების დაცვა მათი ტოქსიკური ზეგავლენისაგან.

ალტერნატიული მიწათმოქმედების განვითარება

მთელს მსოფლიოში ფართოდ ვითარდება ე.წ. ალტერნატიული ან ეკოლოგიური მიწათმოქმედება, რომელმაც დასავლეთის მთელ რიგ ქვეყანაში მიიღო „სოფლის მეურნეობის გადარჩენის“ სახელწოდება. ორგანული მიწათმოქმედების საერთაშორისო ორგანიზაცია (IFOAM) შეიქმნა თითქმის 40 წლის წინათ (1972 წელს) ვერსალში (საფრანგეთი). თავიდან მასში შედიოდნენ მეცნიერ-აგარარკოსები, რომლებიც თვლიდნენ, რომ ტრადიციული მიწათმოქმედება ვითარდება არასწორი მიმართულებით.

ბიოლოგიურად სუფთა კვების პროდუქტებზე მოთხოვნილებამ გამოიწვია ალტერნატიული მიწათმოქმედებისადმი გაზრდილი ინტერესი. ამჟამად ორგანული მიწათმოქმედების საერთაშორისო ორგანიზაცია მოიცავს ათეული ქვეყნის დაახლოებით 300 ეკოლოგიურ კავშირს. ორგანული მიწათმოქმედების საერთაშორისო ორგანიზაციამ თავის გენერალურ სხდომაზე მიიღო დადგენილება აიყვანოს ეკოლოგიურად უსაფრთხო პოტენციალის მოცულობა 10-20%-მდე.

ორგანული წარმოება XX საუკუნის პირველ ნახევარში დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში წარმოიშვა (გერმანია, საფრანგეთი, გაერთიანებულ სამეფო, შვეიცარია). რეალური კომერციული ინტერესი XX საუკუნის 80-იან წლებში გამოიკვეთა და ამ დროიდან ორგანული პროდუქტების ბაზარი ზრდის ტენდენციით გამოირჩევა, ზრდა არ შეჩერებულა მსოფლიო ეკონომიკური კრიზისის დროსაც კი. ამჟამად, ევროკავშირი ორგანული პროდუქტების ყველაზე დიდი და, ამავე დროს, სტანდარტებითა და ნორმებით მკაცრად რეგულირებული ბაზარია. იხ. გვ. 171 სურ. 7.1.

საინტერესო გამოცდილება არსებობს საქართველოში. საქართველოს მწვანეებმა 1994 წელს დააფუძნეს არასამთავრობო, არამომგებიანი, საზოგადოებრივი ორგანიზაცია, ბიოლოგიურ მეურნეობათა ასოციაცია რომელიც ზრუნავს საქართველოში ეკოლოგიური მეურნეობების ჩამოყალიბებაზე. 1996 წლიდან „ელკანა“ ორგანული სოფლის მეურნეობის მოძრაობის საერთაშორისო ფედერაციის წევრია. „ელკანას“ ძირითადი მიზნებია: საქართველოში სოციალურად, ეკოლოგიურად და ეკონომიკურად მდგრადი გლეხური მეურნეობების განვითარება და ქართული სოფლის გააქტიურებისათვის ხელის შეწყობა იმდენად, რომ სოფელმა პრობლემების მოსაგვარებლად უკეთ შეძლოს საკუთარი პოტენციალისა და რესურსების გამოყენება. ამ მიზნების მიღწევას „ელკანა“ ცდილობს ეკომეურნეთა სამრეწველო სამსახურის, საზოგადოებასთან მუშაობისა და ლობირების გზით, ასევე სპეციალურად სოფლის განვითარების პროგრამისათვის შექმნილი

სამრჩევლო სამსახურის მეშვეობით. გარდა ამისა „ელკანა“ ზრუნავს საქართველოში აგრობიომრავალფეროვნების დაცვასა და მდგრად გამოყენებაზე. „ელკანამ“ შეიმუშავა ბიოლოგიური მიწათმოქმედების სტანდარტები საქართველოსათვის და განზრახული აქვს ჩამოაყალიბოს ბიოპროდუქტების სერტიფიცირებისა და გასაღების დამოუკიდებელი სამსახური. ბიომეურნეობების ძირითადი პროდუქციაა: ხილი და ბოსტნეული; ჩირი, მურაბა, წვენები; მარცვლეული ხორბალი, შვრია, ქერი, სიმინდი; ლობიო; სოიო, მზესუმზირა, მზესუმზირის ზეთი; ჩაი; ყურძენი და ყურძნის პროდუქტები (ღვინო, ბადაგი, ჩურჩხელა და სხვ.); თაფლი; რძე და რძის ნაწარმი; ხორცი (ძროხის, ღორის, ცხვრის, ფრინველის).

N	წარმოების ტიპი	ფართობი/ჰა
1	ველური შემგროვებლობა	2618
2	ვაშლი	292
3	ბროწეული	601
4	მევენახეობა/მელვინეობა	76
5	ჩაი	33
6	პარკოსნები	4.3
7	ხორბალი	30
8	მზესუმზირა	43.7
9	ბოსტნეული	30
10	კარალიოკი	10
11	თხილი	42
12	ხახვი	20
13	ვარდის ზეთი	20
14	სხვა	6
	სულ	3 826

ალტერნატიული მიწათმოქმედება საჭიროებს დაცვას. ამ მისიას ასრულებს ევროკავშირი, რომელიც ამუშავებს და იხილავს სათანადო საკანონმდებლო პროექტებს. ალტერნატიული მიწათმოქმედების საკანონმდებლო რეგულირება ხორციელდება ავსტრიაში, დანიაში, ესპანეთში და საფრანგეთში.

ალტერნატიული (ბიოლოგიური) და ტრადიციული მიწათმოქმედების ზუსტი გამიჯვნა საკმაოდ რთულია. მათ შორის არსებობს თანდათანობითი გადასვლები.

ალტერნატიული მიწათმოქმედების მიზანია: ნიადაგების ნაყოფიერების შენარჩუნება და გაზრდა; გარემოს დაცვა; აგროეკოსისტემებში ნივთიერებების წრებრუნვის და ენერგიის გადანის გააქტიურება; მისაღები პროდუქციის მასა- და ენერგოტევადობის შემცირება; წარმოებული პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესება; პროდუქციის გარანტირებული რაოდენობის წარმოება; აგროეკოსისტემების მდგრადობის უზრუნველყოფა.

ალტერნატიული მიწათმოქმედება ვითარდება შემდეგი მიმართულებებით: ორგანული, ბიოდინამიკური, ორგანო-ბიოლოგიური და სხვ.

ტერმინი „ორგანული“ განისაზღვრება კანონით და გულისხმობს, რომ მეურნეობა და საკვების წარმოების მეთოდები შეესაბამება საერთაშორისოდ აღიარებულ სტანდარტებს. ტერმინები „ეკოლოგიური“, „ბიო“ და „ორგანული“ სინონიმებია. ორგანული პროდუქტის სერტიფიცირება გულისხმობს წარმოების სისტემის სერტიფიცირებას და არა მხოლოდ საბოლოო პროდუქტის სერტიფიცირებას.

ბიომეურნეობა არის სასოფლო-სამეურნეო და საკვებწარმოების მოწესრიგებული სისტემა, რომელიც გამოირჩევა: ქიმიურ სასუქებს, პესტიციდებს და სხვა ნივთიერებებს, რომელთაც შეიძლება ჰქონდეთ მავნე ეფექტი ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოზე, გენეტიკური ინჟინერიით (გმო) მიღებულ პროდუქტებს.

თავი VIII

სასოფლო - სამეურნეო ნარჩენები: გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენა და მისი შემცირების ზოგიერთი ღონისძიება

8.1. სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების უარყოფითი ზეგავლენა

სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენებს განეკუთვნება ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის შედეგად, მათ შორის ნაკელი და სხვა ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება ფერმებიდან, მეფრინველეობის ფაბრიკებიდან და სასაკლაოებიდან, მოსავლის ნარჩენები, სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებიდან ჩამდინარე სასუქები და პესტიციდები და სხვა. *გაერთიანებული სამეფოს გარემოს დაცვის სააგენტოს განმარტებით:* სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენებს განეკუთვნება ნებისმიერი ნივთიერება ან ობიექტი, რომელიც წარმოიქმნება სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის შედეგად და რომელსაც მეკატრონე ანადგურებს, აპირებს რომ გაანადგუროს ან რომელიც საჭიროებს განადგურებას: ძველი მასალა. ვადაგასული მედიკამენტები, აგროტექნიკაში გამოყენებული ძველი საბურავები, რძის პროდუქტების ნარჩენები და ა.შ. <http://www.environmentagency.gov.uk/business/sectors/32777.aspx>

სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების შემადგენლობა და რაოდენობა განპირობებულია ქვეყანაში ათვისებული სასოფლო-სამეურნეო მიწის რაოდენობით და ეკონომიკის განვითარების დონით. ევროსტატის ინფორმაციით, 2010 წელს ევროკავშირის 27 ქვეყნის მიერ წარმოქმნილი საერთო ნარჩენები შეადგენდა 2 570 მილიონ ტონას, საიდანაც 39 570 ათასი ტონა სოფლის მეურნეობის სექტორს განეკუთვნება. (<http://epp.eu-rostat.ec.europa.eu/>)

სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობა შედარებით ნაკლებად აბინძურებს ჰაერს, რაც ძირითადად გამოწვეულია მანქანა-დანადგარების გამონაბოლქვებით და სასოფლო სამეურნეო ნარჩენების წვით. სოფლის მეურნეობის ყველაზე მნიშვნელოვან სამიზნე ობიექტს დაბინძურების თვალსაზრისით წარმოადგენს ნიადაგი და წყალი.

ცნობილია, რომ სოფლის მეურნეობის სექტორი მოიხმარს არსებული წყლის რესურსების ყველაზე დიდ ნაწილს (ზედაპირული წყლების დაახლოებით 70%). შესაბამისად, სოფლის მეურნეობა წარმოადგენს ზედაპირული და გრუნტის წყლების დეგრადაციის ძირითად მიზეზს. დაბინძურების წყარო შესაძლოა იყოს წერტილოვანი ან არაწერტილოვანი. წყლის რესურსების დაბინძურების მთავარ მიზეზებს შორისაა: ეროზია და სასუქებსა და პესტიციდებში შემავალი ქიმიკატების ჩამონაჟონი.

ცხრილი 8.1.

სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის უარყოფითი გავლენის ფაქტორები წყლის რესურსებზე

საქმიანობა	პოტენციური უარყოფითი ზეგავლენა ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლის რესურსებზე
კულტივირება, ხვნა	ნიადაგში დალევილი პესტიციდების ჩადინება ზედაპირულ წყლებში, მდინარის კალაპოტის დაშლამეა, წყლის ბინადართა განადგურება.
სასუქების შეტანა (N,P,K)	საკვები ნივთიერების ჩადინება წყლებში, განსაკუთრებით ფოსფორის, რაც იწვევს ეუტროფიკაციას, და, შესაბამისად წყლის გემოსა და სუნის შეცლას, ჟანგბადის ნაკლებობას და, შესაბამისად, წყლის ბინადართა განადგურებას.
ნაკელის შეტანა/ გავრცელება	დაბინძურება პათოგენებით, მეტალებით, ფოსფორით, აზოტით, რის შედეგადაც ადგილი აქვს ეუტროფიკაციას, წყლის ხარისხის დაქვეითებას, ნიადაგის პროდუქტიულობის შემცირებას და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის სახიფათო დაავადებების გავრცელების საფრთხის წარმოქმნას.
პესტიციდების გამოყენება	პესტიციდების ჩამონადენი იწვევს ზედაპირული წყლებისა და სასმელი წყლის ჰეების დაბინძურებას; ეკოლოგიური სისტემის რეპროდუქციული უნარის დაქვეითებას, ადამიანის ჯანმრთელობის დაზიანებას დაბინძურებული სასმელი წყლისა და დაბინძურებულ წყალში მობინადრე თევზით კვების შემთხვევაში;
ირიგაცია ¹	მარილების ჩადინება ზედაპირულ წყლებში, რაც იწვევს წყლის დამლაშებას; გაუდაზნოება; სასუქების და პესტიციდების ჩადინება ზედაპირულ წყლებში; მათი ბიოაკუმულაცია თევზებში, რომელსაც საკვებად იყენებს ადამიანი. მიკროელემენტების (მაგ., სელენის) მაღალი კონცენტრაცია იწვევს სერიოზულ ეკოლოგიურ საფრთხეს; გრუნტის წყლების დაბინძურება მარილებით და საკვები ნივთიერებებით (განსაკუთრებით ნიტრატებით).
ტყის მასივების გაჩეხვა	ნიადაგის ეროზია, რაც იწვევს მდინარეებში სიმღვრივის გაზრდას. ფსკერის დაშლამეას. ჰიდროლოგიური რეჟიმის დარღვევა (შენაკადების დაკარგვა) ხშირად იწვევს სასმელის წყლის წყაროს შემცირებას.

1. ზოგიერთ განვითარებად ქვეყანაში ირიგაციისათვის იყენებენ დაუმუშავებელ ან ნაწილობრივადამუშავებულ საკანალიზაციო წყლებს. რაც იწვევს სხვადასხვა მიკრობული დაავადებების გავრცელებას მარცვლოვან კულტურებში.

ნიადაგის ნაყოფიერების ამადლებისათვის მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში და მათ შორის განვითარებულ ქვეყნებშიც ათეულობით წლების განმავლობაში დიდი რაოდენობით გამოიყენებოდა **მინერალური სასუქები**. საქართველოში მე-20 საუკუნის 90-იან წლებამდე მათი ყოველწლიური გამოყენება საშუალოდ 200 ათას ტონას შეადგენდა. ამავე დროს ირღვეოდა მინერალური სასუქების შენახვის, ტრანსპორტირების და გამოყენების რეგლამენტები. მიუხედავად იმისა, რომ მინერალური სასუქების გამოყენება მკვეთრად შემცირდა მე-20 საუკუნის ბოლოს, დღესაც კი აზოტის სხვადასხვა შენაერთის ნარჩენების შემცველობა ნიადაგში 20-80 -ჯერ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტაციებს, ხოლო გრუნტის წყლებში კი -10-100-ჯერ².

ამავე დროს ძალიან დიდია წყლების დაბინძურების წილი **მეცხოველეობის ნარჩენებით**, კერძოდ, ნაკელით გამოწვეული დაბინძურება. მინერალური სასუქების ჩანაცვლება ორგანული სასუქით - ნაკელით - ასევე უნდა მოხდეს კონტროლისა და განსაკუთრებული რეჟიმის პირობებში. სასუქი ყველა შემთხვევაში გადამუშავებული უნდა იყოს. ნედლი ნაკელის არასწორი გამოყენებისა და განთავსების შედეგად ნიადაგში, ზედაპირული და გრუნტის წყლებში, ხდება ორგანული ნივთიერებები და პათოგენული ორგანიზმები, რის შედეგადაც ხდება წყლის ხარისხის დაქვეითება, ნიადაგის პროდუქტიულობის შემცირება და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის სახიფათო დაავადებების გავრცელების პირობა იქნება. ხოლო ატმოსფეროში გამოიყოფა სათბურის ეფექტის გამომწვევი აირები (CO_2 ; CH_4).

მეცხოველეობის განვითარება, ნაკელის გარდა, სხვა უარყოფით ზეგავლენას ახდენს გარემოზე; მათ შორის - **სათიბ-სამოვრების არასწორი ექსპლუატაცია, გადამოვება**, რაც ნიადაგის ეროზიას, სასოფლო-სამეურნეო ლანდშაფტის ბიომრავალფეროვნების კარგვას და გარემომცველი ტყის საფარის განადგურებას იწვევს.

სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობა **სათბურის გაზების წარმოქმნის** ერთ-ერთ სერიოზულ წყაროს წარმოადგენს. ცნობილია, რომ 1990-2005 წლებში სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობიდან წარმოქმნილი მეთანისა და აზოტის ოქსიდის გამონაბოლქვების რაოდენობა 17%-ით გაიზარდა.

8.2. სასოფლო - სამეურნეო საქმიანობიდან გამოწვეული ნარჩენების უარყოფითი ზეგავლენის შემცირების ღონისძიებები

გარემოსადმი ნაკლებად მავნე აგრარული ტექნოლოგიების გამოყენება წარმოადგენს სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის შემცირების ეფექტურ საშუალებას, მათ შორის:

2. გარემოს დაბინძურების შემცირების პროგრამა, 2007. სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, მსოფლიო ბანკი.

მავენე ორგანიზმებისაგან და დაავადებებისაგან **მცენარეთა დაცვის ბიოლოგიური მეთოდების გამოყენება** (ენტემოფაგები, პათოგენური მირკოორგანიზმების ანტაგონისტები, ანტიბიოტიკები, სიმბიოტიკები); ჰერბიციდებისა და პესტიციდების ჩანაცვლება **ბიოსტიმულატორებით**; **ნიადაგის ეროზიისაგან დაცვის ინტეგრირებული მეთოდების** დანერგვა (ნიადაგის ცალ კვალზე მოხვნა, ბუფერული ზონის შექმნა მრავალწლიანი კულტურების მწკრიული გაშენების მეთოდით, ფართობების ზოლმორიგეობითი ათვისება ერთწლიან და მრავალწლიან კულტურათა შეთანაწყობით. გვალვა და ქარის გამძლე ახალი ჰიბრიდული კულტურების დანერგვა);

ნაკელის მართვის დანერგვა (შეგროვება, გადამუშავება, შენახვა და გამოყენება: ნაკელსაცავების გამოყენებით); ნაკელის ნარჩენებიდან **ბიოგაზის მიღება და ბიომასის**, როგორც სასუქის გამოყენება; ბიოგაზის წარმოებით გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენა რამდენიმე მიზეზით მცირდება: მცირდება შეშის მოხმარება და ნაკლები ზიანი ადგება ტყეს; ბიოგაზის დანადგარში ნაკელის ჩატვირთვა, ნაცვლად ნედლი ნაკელის არასწორი შეგროვება/ შენახვისა, საგრძნობლად ამცირებს წყლისა და ნიადაგის დაბინძურებას; მცირდება ატმოსფეროში გაბნეული სათბურის გაზების რაოდენობა.

სხვა ღონისძიებები:

სათიბ-სამოვრების ინტეგრირებული მართვა: ინვენტარიზაცია, იდენტიფიცირება, გამოსავლიანობის შესწავლა და მისი უწყვეტი დონის განსაზღვრა, გეგმაზომიერად გამოყენება, ძოვების კალენდარული ვადების დაცვა, ნაკვეთმონაცვლეობის პრინციპის დაცვა, მონიტორინგი და სხვა;

მეცხოველეობის ბიოლოგიური ნარჩენების სწორი მართვა (ცხოველებისა და ფრინველების გვამები, აბორტირებული და მკვდრად შობილი ნაყოფები, დაკვლისას წარმოქმნილი ნარჩენები, ვეტერინარიული კონფისკატები (წუნდადებული პროდუქცია და სხვა). მათ შორის: ბიოლოგიური ნარჩენების უტილიზაცია ვეტერინარულ-საუტილიზაციო საამქროებში, ბიონარჩენების გაუვნებელყოფა ბიოთერმულ ორმოებში, ინფიცირებული ბიონარჩენების განადგურება დაწვით);

ნიადაგის დამლაშების შემცირების ღონისძიებები მაგ., ნიადაგის ქარბი წყლით ჩარეცხვა, რომელსაც აუცილებლად თან ერთვის ნარეცხი წყლების და გრუნტის წყლების გამოტანა სადრენაჟო სისტემების დახმარებით;

პესტიციდებისა და აგროქიმიკატების გამოყენების დოზების, ვადებისა და წესების დაცვა და სხვა.

3. სასოფლო-სამეურნეო ბიოსტიმულატორი წარმოადგენს ორგანულ ნივთიერებათა ნარევს, რომელიც გამოიყენება ნიადაგსა და მცენარეში. ის ხელს უწყობს მცენარის ზრდა-განვითარებას სხვადასხვა მეტაბოლური პროცესების გაძლიერების გზით. <http://www.nplg.gov.ge/dlibrary/collect/0001/001101/5%20biohumusi.pdf>

თავი IX

საქართველოს ძირითადი აგროეკოსისტემები და რისკ-ფაქტორები

საქართველოს ძირითად აგროეკოსისტემებს ქმნიან: მარცვლეული და სამარცვლე პარკოსანი, ტექნიკური, საკვები კულტურები, ხეხილის ბაღები, სუბტროპიკული კულტურები, ვაზი, სათიბ-სამოვრები.

მარცვლეული მეურნეობა წარმოადგენს სოფლის მეურნეობის განვითარების საფუძველს. მისი წარმოების დონეზე დიდად არის დამოკიდებული როგორც მეცხოველეობის, ისე მრავალწლიანი ნარგავებისა და ტექნიკური კულტურების გაფართოება. მარცვლეული ანუ პურეული კულტურები ეკუთვნის გეოგრაფიულად ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ და მსოფლიო წარმოების თვალსაზრისით ყველაზე დიდი მნიშვნელობის მცენარეთა ჯგუფს. მსოფლიოში მთელი ნათესი ფართობის 50%-ზე მეტი მარცვლეულ კულტურებს უჭირავს. მცირე გამოწვლის გარდა, მოსახლეობა პურეული მარცვლისაგან დამზადებული პროდუქტით იკვებება. ის წარმოდგენს ადამიანისათვის ყოველდღიურ და აუცილებელ საზრდოს.

პურეულ მცენარეთა მსოფლიო წარმოებაში პირველ ადგილზეა ხორბალი. მსოფლიო მოსახლეობის ორ მესამედზე მეტი ხორბლისგან დამზადებული პროდუქტებით იკვებება. საქართველოში მარცვლეული კულტურები მოჰყავთ ყველგან - სანაპირო რაიონებიდან მაღალმთიან რაიონებამდე.

ჰეავი მეტად მნიშვნელოვანი სასურსათო კულტურაა. საქართველოში ჰეავი გავრცელებულია: დმანისის, წალკის, თიანეთის, თეთრიწყაროს რაიონებში და სამხრეთ ოსეთის მთიან ზონაში. საგაზაფხულო ჰეავის მცირე ფართობები გვხვდება სვანეთში. საქართველოს ბარის რაიონებში, არცთუ ისე იშვიათად, ჰეავი შერეულია ხორბლის ნათესებში და ასარეულიანებს მას. მთიან რაიონებში ჰეავს თესენ ქერთან ერთად, რაც ცნობილია ე.წ. ქერჰელის სახელით.

ქერის არეალი მეტად ფართოა. ამ მხრივ, ის პირველ ადგილზეა არა მარტო პურეულთა, არამედ თითქმის ყველა კულტურულ მცენარეთა შორის. მთიან რაიონებში ქერის კულტურით მთავრდება მიწათმოქმედების საზღვარი. საშემოდგომო ქერი მოჰყავთ ბარის რაიონებში, სადაც თბილის ზამთარი იცის. საშემოდგომო ქერი კი გავრცელებულია მთიან ზონაში.

შერეის მარცვალი ძვირფასი კონცენტრირებული საკვებია პირუტყვის თითქმის ყველა სახეობისთვის.

სიმინდს დასავლეთ საქართველოში სასურსათო დანიშნულება აქვს და მოსახლეობის ძირითად საზრდოს წარმოადგენს. სიმინდის მთელი ნათესი ფართობის 80%-ზე მეტი მოდის დასავლეთ საქართველოზე.

სამარცვლე პარკოსანი კულტურების (ლობიო, სოიო, ბარდა, მუხუდო, ცერცვი, ოსპი, ცერცელი, ცულისპირა, არაქსი, უგრეხელი, ხანჭკოლა) უპირველესი მნიშვნელობა იმაშია, რომ მათი მარცვალი მდიდარია ცილებით, რაც აუცილებელ საჭიროებას წარმოადგენს ადამიანისა და პირუტყვის საკვებად.

ლობიო ყველაზე უფრო გემრიელი საკმელია. მას იყენებენ სასმელად და კონსერვების დასამზადებლად. საქართველოში ლობიო შემოიტანეს XVI საუკუნის მეორე ნახევარში.

ტექნიკური კულტურების ჯგუფში გაერთიანებულია ბოტანიკურად სხვადასხვა მცენარეები, რომლებიც მოჰყავთ მსუბუქი და კვების მრეწველობისათვის მცენარეული ნედლეულის მისაღებად, აგრეთვე საპარფიუმერო, ფარმაცევტული და მრეწველობის სხვა დარგებისთვის.

ზეთოვანი კულტურები (მზესუმზირა, აბუსალათინი, რაფსი) აერთიანებს მცენარეებს, რომელთა თესლი დიდი რაოდენობით შეიცავს ცხიმს და მოჰყავთ უმთავრესად ზეთის მისაღებად.

ეთერზეთოვანი მცენარეები (ვარდისებრი გერანი, ევგენოლის რეჰანი, ქინძი) აერთიანებს მცენარეებს, რომელთა კულტურის მიზანს წარმოადგენს სურნელოვანი, ეთეროვანი ზეთის მიღება.

ნარკოტიკული მცენარეები (თამბაქო და წეკო) შეიცავს ალკალოიდურ ნივთიერებას ნიკოტინს, რომელიც ადამიანის ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე გამაბრუებლად, დამორგუნველად ან ამგზნებლად მოქმედებს.

ძირხვენები აერთიანებენ ბოტანიკურად სხვადასხვა ოჯახისა და გვარის წარმომადგენლებს. მათი საერთო თვისება იმაში მდგომარეობს, რომ გამოსაყენებელ პროდუქტებს, სხვა მცენარეებისგან განსხვავებით, ნიადაგის სახნავ ფენაში ივითარებენ მიწისქვეშა გამსხვილებული ნაწილის სახით. ძირხვენები იყოფა ორ ჯგუფად. ერთნი გამსხვილებულ ნაწილს წარმოქმნიან ფესვის მთავარი ღერძისგან და მათ ძირნაყოფებს უწოდებენ (შაქრის ჭარხალი, საკვები ჭარხალი, სტაფილო, თალგამურა, თალგამი და სხვ.); მეორენი გამსხვილებულ ნაწილს წარმოქმნიან მიწისქვეშა ღეროსაგან და მათ ტუბერიან მცენარეებს უწოდებენ (კარტოფილი, მიწავაშლა, ბატატი და სხვ.).

საკვები კულტურები შეიძლება შემდეგნაირად დავაჯგუფოთ:

1. საკვები ძირხევნები (საკვები ჭარხალი, სტაფილო, თაღამურა, თაღამი და სხვ.);
2. ბაზილური კულტურები (ნესვი, გოგრა, ყაბაყი და სხვ.);
3. მრავალწლიანი ბალახები (იონჯა, სამყურა, ესპარცეტი, კაპუეტა, უფხო შვრიელა, ტიმოტელა და სხვ.);
4. ერთწლიანი საკვები ბალახები (საგაზაფხულო ცერცველა, სამემოდგომო ცერცველა, ერთწლოვანი სამყურა);
5. ერთწლოვანი მარცვლოვანი ბალახები (სუდანურა, ქვრიმა, აფრიკული ფეტვი, ერთწლოვანი კოინდარი).

ხეხილის ბაღები. საქართველოში გავრცელებულია თესლოვანი და კურკოვანი კულტურების მრავალი ჯიში ვაშლი, მსხალი, კომში.

სუბტროპიკული კულტურები, ძირითადი დანიშნულებით, სამეურნეო გამოყენებისა და მიღებული პროდუქციის მიხედვით შემდეგნაირად ჯგუფდება:

ტექნიკური-საკვებ-სურნელოვანი: ჩაი და დაფნა;

სუბტროპიკული ხეხილი: ლიმონი, ფორთოხალი, მანდარინი, გრეიფრუტი, ხურმა, ლეღვი, ბროწეული, ზეთისხილი, ფეიჭოია, მუშმულა, უნაბი, კაკალი, პეკანი, აქტინიდია, წყავი;

ცხიმზეთოვანი: ტუნგოს ხე, ლაქის ხე, ცვილის ხე, ქონის მუხა;

მერქნოვან-ტექნიკური: ბამბუკი, ევკალიპტი, კორპის მუხა, გუდაპერჩის ხე;

ეთერზეთოვანი: გერანი, გეგენოლის რეჰანი, ეთერზეთოვანი ვარდი, მსხვილყვავილა ჟასმინი, ყაზანლიყის ვარდი;

ფოთოლბოჭკოვანი: რამი, კანაფი, ჯუთი, ახალზელანდიური სელი, დრაცენა;

სამკურნალო მცენარეები: ალოე, თირკმლის ჩაი, კალანხოა, ოლეანდრა, პასიფლორა, ვარდისებრი კატარანტუსი, ბუჩქისებრი გომფოკარპუსი, სტევია.

ვაზი და მისი პროდუქტები ყოველთვის ასრულებდა უდიდეს როლს ქართველი ხალხის ეკონომიკური ძლიერების განმტკიცებაში. საქართველოში აგროეკოლოგიური პირობების გათვალისწინებით ვაზის ძირითად სამრეწველო ჯიშებს აქვს შემდეგი არეალები: კახეთში რქაწითელი, მწვანე კახური, საფერავი, ხიხვი; ქართლში ჩინური, გორული მწვანე, თავკვერი; იმერეთში ციცქა, კრახუნა, ოცხანური საფერე; რაჭა-ლეჩხუმში ალექსანდროული, ხვანჭკარა, უსახელოური, მუჯურეთული; გურიაში ჩხავერი, ალადასტური, ჯანი; სამეგრელოში ოჯალეში, პანეში; აჭარაში ბროლა, საწურავი; აფხაზეთში ავასირხვა, კაჭიკი.

სათიბ-სამოვრები. საქართველოში საკვები სავარგულები იყოფა კარგად გამოხატულ 6 ძირითად მცენარეულ ტიპად: ნახევრად უდაბნოს, სტეპის, მდელო-სტეპის, ტყის, სუბალპური და ალპური.

გეოლოგიური სოფლის მეურნეობა პრაქტიკულად გამორიცხავს ქიმიური საშუალებების გამოყენებას, ცალკეული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოყვანისას მათ შორის ნიადაგების ნაყოფიერების ამაღლების მიზნით. ამ დებულების რეალიზაციის სირთულე დაკავშირებულია სხვადასხვა მიზეზის სპექტრთან. ერთ-ერთი მთავარი არის ის, რომ ნიადაგები, რომლებიც ინტენსიურად გამოიყენება მიწათმოქმედებში, ხასიათდება დაბალი ნაყოფიერებით. საქართველოს ნიადაგები გამოირჩევა დიდი მრავალფეროვნებით, რაც დაკავშირებულია ნიადაგთწარმოქმნელი ფაქტორების სიჭრელესთან. აქ შედარებით მოკლე მანძილებზე იცვლება გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, კლიმატური პირობები, რაც მცენარეული და ცხოველთა სამყაროს მრავალფეროვნებასთან და ასაკთან ერთად განსაზღვრავს ნიადაგების მრავალფეროვნებას.

საქართველოს ნიადაგური საფარი მეტ-ნაკლებად კარგად არის შესწავლილი ქართველი და უცხოელი მეცნიერების მიერ. მნიშვნელოვანია, რომ აქ პირველად იყო გამოყოფილი ახალი ნიადაგები: ყავისფერი, მდელოს ყავისფერი, ყვითელ-ყომრალი, ყომრალ-შავი, რომლებმაც შემდგომი საერთაშორისო აღიარება პოვეს.

ამჟამად მიღებულია ნიადაგების ნაყოფიერების 5 გრადაცია: 1. ძალიან მწირი (მწირი გრადაციის ინდექსი); 2. მწირი (მწირი და საშუალოდ უზრუნველყოფილი გრადაციის ინდექსი); 3. საშუალო (საშუალოდ უზრუნველყოფილი გრადაციის ინდექსი); 4. მდიდარი (საშუალოდ უზრუნველყოფილი და მდიდარი გრადაციის ინდექსი); 5. ძალიან მდიდარი (მდიდარი გრადაციის ინდექსი) (თენგიზ ურუშაძე, ო. ზარდალიშვილი, თეო ურუშაძე, ა.თხელიძე, 2008).

არსებული მონაცემებით დადგენილი იყო საკვები ელემენტებით NPK, საქართველოს ძირითადი ნიადაგების უზრუნველყოფის კლებადი რიგი.

ცხრილი 9.2.

საქართველოს ძირითადი ნიადაგების სახნავ ფენაში საკვები ელემენტების საერთო (%) და მოძრავი (მგ/100 გ ნიადაგზე) ფორმების შემცველობა.

ნიადაგი	აზოტი		ფოსფორი		კალიუმი	
	საერთო	ჰიდრო- ლიზებადი	საერთო	შთანთქმელი	საერთო	გაცვლითი
მთა-მდელოს	0.5 – 0.8	14-30	0.22-0.30	3-5	1.8-2	11-25
ყომრალი	0.3-0.4	8-10	0.18-0.22	2-5	1.7-2	18-30
ყვითელ-ყომრალი	0.25-0.35	15-20	0.20-0.24	3-5	1.7-2	13-15
კორდიან- კარბონატული	0.25-0.35	7-10	0.14-0.20	1-2	1.5-1.8	25-30
წითელმიწა	0.20-0.30	7-19	0.14-0.22	3-5	1.7-2	8-20
ყვითელმიწა	0.20-0.25	8-12	0.10-0.15	3-5	0.9-1.4	12-16
ყვითელმიწა-ეწერი	0.15-0.20	8-12	0.10-0.15	2-3	1.0-1.5	10-12
შავმიწა	0.30-0.50	6-9	0.21-0.23	0.4-6	1.8-2.2	19-25
შავი	0.18-0.30	4-9	0.10-0.15	1-3	1.0-1.5	39-45
ყავისფერი	0.15-0.30	8-19	0.11-0.24	2-4	1.5-2.0	35-40
მდელოს-ყავისფერი	0.19-0.22	8-12	0.13-0.20	2-4	1.25-1.7	40-50
რუხი-ყავისფერი	0.14-0.25	7-8	0.16-0.20	2-3	1.5-1.7	50-60
მდელოს რუხი- ყავისფერი	0.13-0.16	6-8	0.14-0.18	1-3	1.3-1.4	40-50
დამლაშებული	0.17-0.25	5-7	0.15-0.23	2-5	2.2-3.1	30-40
ალუვიური	0.18-24	7-15	0.14-0.20	1-3	0.5-1.3	17-32
ჭაობიანი	0.20-0.90	8-14	0.10-0.17	1-6	<1	<20

ელემენტების საერთო ფორმებით: მთა-მდელოს, შავმიწები > ყომრალი > კორდიან-კარბონატული, წითელმიწები, დამლაშებული > ყავისფერი, მდელოს ყავისფერი, რუხი ყავისფერი > შავი > ყვითელმიწა ეწერი.

შესათვისებელი ფორმებით (ჰიდროლიზებადი აზოტი, შთანთქმული ფოსფორი, გაცვლითი კალიუმი): მთა მდელის > მდელის ყავისფერი > ყავისფერი, რუხი ყავისფერი > წითელმიწები > შავი, კორდიან-კარბონატული, ყომრალი, ალუვიური > ყვითელმიწა ეწერი, შავმიწები და დამლაშებული ნიადაგები.

საერთო და შესათვისებელი ფორმების შეთანაწყობით მივიღეთ საქართველოს ძირითადი ნიადაგების ნაყოფიერების შემდეგი კლასიფიკაცია: მთა-მდელის > მდელის ყავისფერი > ყომრალი, წითელმიწები, შავმიწები, შავი, ყავისფერი, რუხი ყავისფერი > კორდიან-კარბონატული > დამლაშებული > ალუვიური > ყვითელმიწა ეწერი.

ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობის რეალიზაციისათვის დაბალი ნაყოფიერების ნიადაგები წარმოადგენენ რისკ-ფაქტორს, რადგანაც არსებობს პრობლემის „ქიმიზაციით“ გადაწყვეტის დიდი ცდუნება.

ნიადაგური მენეჯმენტის პრობლემები წარმოიქმნება არა მარტო მაშინ, როდესაც წყდება საკითხი, რათა ნიადაგში გაიზარდოს მისაწვდომი საკვები ელემენტების მარაგი, არამედ მაშინაც, როდესაც ნიადაგები დაბინძურებულია მთელი რიგი ტოქსიკანტებით, მათ შორის მძიმე მეტალებით, ნიადაგების ეროზიულობის დროს, მეორადი დამლაშების დროს. სხვადასხვა მდგომარეობის ნიადაგები საჭიროებენ დიფერენცირებულ მიდგომას.

ნიადაგების დაცვის, ეფექტურად გამოყენებისა და მათი მდგრადი მდგომარეობის შენარჩუნების მიზნით, საქართველოს სამიწათმოქმედო (1000 მ-მდე) ზონის ნიადაგები დაყავით ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორის 3 ძირითად კატეგორიად:

1. **გადიდებული რისკის** (დაბალი ნაყოფიერება, გადიდებული ეროზიულობა) (ყვითელმიწა ეწერი, ალუვიური, დამლაშებული, კორდიან-კარბონატული). ეს ნიადაგები ვითარდება შედარებით ხელსაყრელ კლიმატურ პირობებში, ძირითადად ტენიანსუბტროპიკებში, ანუ დასავლეთ საქართველოში (გარდა დამლაშებულებისა, აღმ. საქართველო).

ყვითელმიწა ეწერი ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის, საერთო აზოტისა და ფოსფორის საკმაოდ დაბალი მაჩვენებლებით 2,85; 0,15; 0,10.

ალუვიური ნიადაგები. საერთო აზოტის შემცველობა: დაბალი და საშუალო, საერთო ფოსფორის: დაბალი, საშუალო და მაღალი. საერთო კალიუმის: დაბალი და საშუალო. ჰიდროლიზებადი: საშუალო და მაღალი, შთანთქმული ფოსფორის: დაბალი, შთანთქმული კალიუმის: დაბალი და საშუალო.

დამლაშებული ნიადაგები შეიცავენ ბიც და ბიცობ ნიადაგებს.

ბიციდაბიცობი ნიადაგები გამოირჩევა ცუდი ფიზიკური თვისებებით, ტუტე რეაქციით, ჰუმუსის საშუალო შემცველობით (3-4 %), საერთო აზოტის შემცველობა დაბალი და საშუალოა, საერთო ფოსფორის –

საშუალო და მაღალია, საერთო კალიუმის – მაღალია, ჰიდროლიზებადი აზოტის – დაბალია, შთანთქმული ფოსფორის – საშუალოა, გაცვლითი კალიუმის – მაღალია.

კორდიან-კარბონატული ნიადაგები. ჰუმუსის და საერთო აზოტის შემცველობა საშუალო ან გადიდებულია, ჰიდროლიზებადი აზოტის – საშუალოა, საერთო ფოსფორის- საშუალოა, გაცვლითი ფოსფორის დაბალია, საერთო კალიუმის მაღალია, გაცვლითი კალიუმის – საშუალო.

2. ზომიერი რისკის (რუხი ყავისფერი, ყავისფერი, შავი, შავმიწა, წითელმიწები, ყომრალეები). ეს ნიადაგები ვითარდება შედარებით ხელსაყრელ კლიმატურ პირობებში. რუხი ყავისფერი, ყავისფერი და შავი მშრალ სუბტროპიკებში; წითელმიწები ტენიან სუბტროპიკებში; შავმიწები და ყომრალეები გამოირჩევა შეზღუდული სასოფლო-სამეურნეო გამოყენებით.

რუხი ყავისფერი ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის დაბალი შემცველობით, საერთო აზოტი - დაბალი და საშუალო, მთლიანი ფოსფორი - საშუალო, მთლიანი კალიუმი- მაღალი, ჰიდროლიზებადი აზოტი- საშუალო, შთანთქმული ფოსფორი, გაცვლითი კალიუმი- მაღალი.

ყავისფერი ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის საშუალო შემცველობით და ღრმა ჰუმუსირებით. საერთო ფოსფორი- დაბალი ან საშუალო, ჰიდროლიზებადი აზოტის შემცველობა დაბალი ან საშუალოა, თუ ნიადაგი ჰუმუსით ღარიბია, ხოლო მაღალია, თუ ჰუმუსი არის საშუალო ან დიდი რაოდენობით. საერთო ფოსფორი მცირე, საშუალო ან მაღალია. შთანთქმული ფოსფორი დაბალი და საშუალო.

შავი (ე.წ. ბარის შავმიწები) ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის მაღალი შემცველობით, საერთო აზოტის შემცველობა საშუალოა, საერთო ფოსფორის - დაბალია, საერთო კალიუმის – საშუალო, ჰიდროლიზებადი აზოტის – საშუალო, შთანთქმული ფოსფორის დაბალი, საშუალო ან მაღალია, გაცვლითი კალიუმის მაღალია.

შავმიწები (ე.წ. მთის შავმიწები) ხასიათდება ჰუმუსის მაღალი შემცველობით, საერთო აზოტის, საერთო ფოსფორის და საერთო კალიუმის შემცველობა მაღალია. ჰიდროლიზებადი აზოტის- საშუალოა, შთანთქმული ფოსფორის- დაბალი, საშუალო ან მაღალია, გაცვლითი კალიუმის- საშუალო.

წითელმიწები ხასიათდება ჰუმუსის და საერთო აზოტის მაღალი შემცველობით, საერთო ფოსფორი დაბალია, საერთო კალიუმი საშუალოა. ჰიდროლიზებადი აზოტი – საკმარისია, შთანთქმული ფოსფორი საშუალო და მაღალია, გაცვლითი კალიუმი დაბალია ან საშუალო.

ყომრალი ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის საშუალო შემცველობით, საერთო აზოტი და კალიუმი ბევრია, ჰიდროლიზებადი აზოტი და შთანთქმული ფოსფორი- საშუალო.

3. დამაკმაყოფილებელი მდგომარეობა (რისკი არ არის) მდელოს ყავისფერი და მთა-მდელოს ნიადაგები. მთა-მდელოს ნიადაგებს აქვთ ძალიან შეზღუდული სასოფლო-სამეურნეო გამოყენება (კარტოფილი, სათიბები და სამოვრები).

მდელოს ყავისფერი ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის დაბალი ან საშუალო შემცველობით, საერთო აზოტის და ფოსფორის დაბალი და საშუალო შემცველობით. საერთო კალიუმი - საშუალო და მაღალი. ჰიდროლიზებადი აზოტი- საშუალო და მაღალი, შთანთქმული ფოსფორი ყამირ ნიადაგებში არის დაბალი, ხოლო გაკულტურებულში არის საშუალო. გაცვლითი კალიუმი მაღალია.

მთა-მდელოს ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის მაღალი შემცველობით, საერთო აზოტის და ფოსფორის, კალიუმის მაღალი შემცველობით. ჰიდროლიზებადი აზოტი მაღალი, შთანთქმული ფოსფორი საშუალო და მაღალი, გაცვლითი კალიუმი- დაბალი და საშუალო.

რისკის ფაქტორის (და, პირველ რიგში, ნიადაგების თავისებურებების გათვალისწინებით) ცოდნა წარმოადგენს ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობის ეფექტურად დანერგვის აუცილებელ პირობას.

აგროეკოსისტემებში ნიადაგების ნაყოფიერების მენეჯმენტი

ქიმიზაცია არის სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ინტენსიური განვითარების უმნიშვნელოვანესი ფაქტორი. ცნობილია, რომ მემცენარეობის პროდუქციის მატების ნახევარზე მეტი განპირობებულია სასუქების გამოყენებით. მსოფლიოს მზარდი მოსახლეობის საკვებზე მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოება უნდა იზრდებოდეს მაღალი ტემპებით. ამისათვის კი საჭიროა მიწათმოქმედების უფრო სწრაფი განვითარება.

ამჟამად სასუქების გამოყენებას არ გააჩნია რეალური ალტერნატივა და უახლოეს მომავალში ის დარჩება სასოფლო-სამეურნეო წარმოების პროდუქტიულობის ამაღლების ერთ-ერთ მთავარ ბერკეტად. სასუქების გამოყენება – ეს არის ბუნებაში ადამიანის აქტიური ჩარევა, ამიტომ საჭიროა ვიცოდეთ, თუ როგორია ცოცხალი ორგანიზმების არსებობის პირობებზე მათი ზემოქმედება, ანუ ვიცოდეთ აგროქიმიის ეკოლოგიური ასპექტები.

აგროქიმიის ეკოლოგიური პრობლემები არის ბიოსფეროს შენარჩუნების საერთო პრობლემების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილი.

დღეს სამართლიანად აღნიშნავენ, რომ ნიადაგების, ჰაერის და ბუნებრივი წყლების გაჭუჭყიანებამ ტოქსიკური ნაერთებით, მათმა შემდგომმა გადაადგილებამ ტროფული ჯაჭვებით და დაგროვებამ მცენარეებში, ცხოველებში და ადამიანში საბოლოო შედეგად შეიძლება გამოიწვიოს მცენარეების და ცხოველების ცალკეული სახეობების და ადამიანის დაღუპვა.

სასუქები, პირველ რიგში, ნიადაგზე ქიმიური და ბიოლოგიური ზემოქმედების საშუალებაა და სწორი გამოყენების შემთხვევაში მასში იზრდება შესათვისებელი საკვები ნივთიერებების და ჰუმუსის შემცველობა, იცვლება შთანთქმის უნარიანობა და ნიადაგის ბუფერობა, უმჯობესდება ფიზიკური თვისებები. ამასთან, იზრდება ნიადაგში ბიოლოგიური პროცესების აქტიურობა, რის შედეგადაც არსებითად უმჯობესდება მცენარეების კვების პირობები, და შესაბამისად, მათი ზრდა და განვითარება.

მიწათმოქმედებაში სასუქები ნივთიერების წრებრუნვაზე ზეგავლენის ყველაზე ძლიერი საშუალებაა. მათ გარეშე შეუძლებელია მცენარეების კვების პროცესების რეგულირება, მოსავლის ხარისხის ცვლა, ნიადაგების ნაყოფიერების ზრდა. სასუქები ახდენენ ნიადაგზე კოპლექსურ ზემოქმედებას და არა მარტი ავსებენ ნიადაგს მცენარეებისთვის დეფიციტური საკვები ელემენტებით, არამედ აუმჯობესებენ ნიადაგის ქიმიურ, აგროქიმიურ და ფიზიკურ თვისებებს, ზრდიან მის ბიოლოგიურ აქტიურობას, ხელს უწყობენ საკვები ნივთიერებების მობილიზაციას.

სასუქების სწორი გამოყენება, მელიორაციული და აგროტექნიკური ღონისძიებების ეფექტური და დროული გატარება, არის არა მარტო სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მზარდი წარმოების, არამედ გარემოს გაჯანსაღების აუცილებელი პირობა.

მინერალური სასუქების გარეშე შეუძლებელია შეიქმნას მიწათმოქმედებაში საკვები ნივთიერებების დადებითი ბალანსი. ამგვარად, სოფლის მეურნეობაში გამოსაყენებელი სასუქები უნდა აუმჯობესებდეს მიწათმოქმედებაში საკვები ელემენტების წრებრუნვას. ეს ხელს შეუწყობს გარემოს არა მარტო დაცვას, არამედ მის გაუმჯობესებასაც. ყოველივე ეს, რასაკვირველია, დადებით გავლენას მოახდენს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის რაოდენობასა და ქიმიურ შემადგენლობაზე.

მიწათმოქმედებაში საკვები ნივთიერებების ბალანსის დარღვევამ შეიძლება გააუარესოს ნიადაგების, ბუნებრივი წყლების, მცენარეების ქიმიური შემადგენლობა. ამან, თავის მხრივ, შეიძლება გამოიწვიოს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის და ცხოველებისთვის საკვების ხარისხის შეცვლა და ადამიანის და ცხოველების ფუნქციონალური დაავადებები. სასუქების ეფექტური სისტემის დამუშავებისას საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს შემდეგი დებულებები: სასუქების შეტანის სწორი ტექნიკის შერჩევა; აგროქიმიური საშუალებების ინტენსიური გამოყენება პრაქტიკულად იწვევს ყველა ბიოგენური მაკრო- და მიკროელემენტების დაკარგვას. მინერალური სასუქების ქიმიური, ფიზიკური და მექანიკური თვისებების არასრულყოფილება შეიძლება გახდეს მათი გარემოზე ნეგატიური გავლენის მიზეზი. სასუქების გამოყენების აგრონომიული ტექნოლოგიის თვისებების გაუთვალისწინებლობამ შეიძლება გამოიწვიოს ბიოსფეროში საკვები ელემენტების მნიშვნელოვანი დანაკარგები. მაგალითად, მდელოებსა და სამოვრებზე შარდოვანას ზედაპირული შეტანა, ან საშემოდგომო მარცვლეული კულტურების ნათესებში, ხშირად იწვევს აზოტის არსებით დანაკარგს. გარემოზე სასუქების ნეგატიური გავლენა შეიძლება იყოს შემდეგი: სასუქების საკვები ელემენტების მოხვედრამ ბუნებრივ წყლებში შეიძლება გამოიწვიოს წყალმცენარეების განვითარება და პლანქტონის წარმოქმნა, ე.ი. მათი ევტროფიკაცია; აზოტის დანაკარგები ატმოსფეროში უარყოფითად მოქმედებს სასოფლო-სამეურნეო საწარმოებზე და შესაძლებელია ხელი შეუწყოს ოზონის ეკრანის დაშლას; მინერალური სასუქების არასწორმა გამოყენებამ შეიძლება გააუარესოს საკვები ნივთიერებების წრებრუნვა და ბალანსი, ნიადაგების აგროქიმიური თვისებები და ნიადაგების ნაყოფიერება; მაკრო- და მიკროელემენტებით მცენარეების კვების ოპტიმიზაციის დარღვევა იწვევს მცენარეების სხვადასხვა დაავადებას; სასუქების გამოყენების აგრონომიული ტექნოლოგიის დარღვევა აქვეითებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების პროდუქტიულობას და პროდუქციის ხარისხს.

აგროქიმიური საშუალებების (სასუქები, ქიმიური მელიორანტები) გამოყენება ზრდის ნაყოფიერებას და აუმჯობესებს ნიადაგის თვისებებს, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების კვებას უქმნის ოპტიმალურ პირობებს. მემცენარეული პროდუქციის ხარისხის თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ინტერესს იძენს ცილების რაოდენობა და ამინომჟავრი შემადგენლობა. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ცხოველების და ადამიანის ორგანიზმს არ შეუძლია მოახდინოს ამინომჟავების სინთეზი მარტივი არაორგანული ნაერთებიდან, რადგანაც მასში არ წარმოიქმნება NH_2 ამინოჯგუფი.

ოპტიმალური დოზების, მინერალურ სასუქებში საკვები ელემენტების შეფარდებების და მცენარეების ბიოლოგიური მოთხოვნილებების გათვალისწინებით შეტანის ვადების დანიადაგში საკვები ნივთიერებების მოძრავი ფორმების შემცველობის დარღვევა უარყოფითად მოქმედებს ორგანული ნაერთების მეტაბოლიზმზე.

ქიმიზაციის ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრისას გადასაწყვეტია რამდენიმე საკითხი: მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის სრულყოფა, მიწათმოქმედების მაღალი კულტურა, სასუქების გამოყენების ახალი, უფრო ეფექტური ტექნოლოგიების დამუშავება, ქიმიზაციის საშუალებების კომპლექსური გამოყენება, ე.ი. სასუქების, ქიმიური მელიორანტების, სარეველების, მავნებლების და დაავადებებისაგან მცენარეთა დაცვის საშუალებების, მცენარეთა ზრდის რეგულატორების და ა.შ. აგროქიმიური საშუალებების, პირველ რიგში, მინერალური სასუქების, ასორტიმენტის სრულყოფა.

აგროეკოლოგიური მონიტორინგი

მონიტორინგი გარემოს მდგომარეობის და კონტროლის სისტემაა მისი დაცვის, ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად გამოყენების ღონისძიებების დამუშავების მიზნით და ადამიანის ცოცხალი ორგანიზმების და მათი თანასაზოგადოებების, ბუნებრივი კომპლექსების და ობიექტების მავნე და საშიში კრიტიკული სიტუაციების ასაცილებლად. ტერმინი „მონიტორინგი“ წარმოიშვა ლათინური სიტყვის - „მონიტორი“-საგან, რაც წინმხედველს ნიშნავს და ითარგმნება როგორც „მეთვალყურე“ ანუ „გამაფრთხილებელი“. გარემოზე მეთვალყურეობის გაეროს სამდივნომ განსაზღვრა ეკოლოგიური მონიტორინგი, როგორც სივრცესა და დროში გარემოს ელემენტებზე განმეორებითი დაკვირვების სისტემა. ამ სისტემას წინასწარ მომზადებული პროგრამების შესაბამისად გარკვეული მიზნები გააჩნია. მონიტორინგის ობიექტებია: ბუნებრივი, ანთროპოგენური ან ბუნებრივ-ანთროპოგენური ეკოსისტემები. მონიტორინგის მიზანია არა მარტო ფაქტების პასიური კონსტატაცია, არამედ პროგნოზირების მიზნით ექსპერიმენტების ჩატარება, პროცესების მოდელირება. არჩევენ: ბიოსფერულ (გლობალურ), რეგიონალურ, ლოკალურ (ინფაქტურ), ეკოლოგიურ, ბიოლოგიურ, სანიტარიულ-ტოქსიკოლოგიურ, საერთაშორისო, ნაციონალურ, ბაზისურ (ფონურ), უშუალო, დისტანციურ (მათ შორის ავიაციურს და კოსმოსურს) და სხვა მონიტორინგს. მონიტორინგში განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევენ ბუნებაში არსებულ ანთროპოგენურ ცვლილებებს (http://www.docstoc.com/docs/document-preview.aspx?doc_id=107609269).

გარემოს გლობალური საერთაშორისო მონიტორინგის სისტემის შექმნის იდეა პირველად იქნა დასაბუთებული 1971 წელს გარემოს პრობლემებზე სამეცნიერო კომიტეტის („სკოპე“) სპეციალური კომისიის მიერ.

მონიტორინგმა რომ შეასრულოს საკონტროლო ფუნქცია, ის უნდა ეყრდნობოდეს მეცნიერულად დასაბუთებული ნორმატივების სისტემას. ამ ნორმატივებს უნდა ჰქონდეს გარკვეული ეკოლოგიური მნიშვნელობა.

ამჟამად არჩევენ მონიტორინგის სამ საფეხურს, ბიოეკოლოგიურს ან სანიტარიულ-ჰიგიენურს, გეოეკოლოგიურს და ბიოსფერულს.

ბიოეკოლოგიური ან სანიტარიულ-ჰიგიენური მონიტორინგი ეს არის დაკვირვება გარემოს მდგომარეობაზე ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის თვალსაზრისით. გარემოში ამ მოვლენებს და პროცესებს აქვს საკმაოდ ნაირგვარი ხასიათი. მათი უკიდურესი გამოხატულება შეიძლება იყოს, ერთი მხრივ, კატასტროფული ხასიათის მოვლენები და პროცესები, ხოლო, მეორე მხრივ, ნაკლებად შესამჩნევი, რომლებიც ვითარდება ხანგრძლივი დროის მანძილზე. შესაბამისად, პირველმა

შეიძლება გამოიწვიოს ჯანმრთელობის მდგომარეობის მკვეთრი გადახრა და ამის გამო განსაზღვროს საგანგებო ღონისძიებების შესრულება მათ ასაცილებლად, პროფილაქტიკისა და მძიმე შედეგების სალიკვიდაციოდ (მაგალითად, ბუნებრივ-კეროვანი ეპიდემიები ან მოსახლეობის მასობრივი მოწამელა). მეორე სახის მოვლენებმა შეიძლება გამოიწვიოს მოსახლეობის ჯანმრთელობაში ნაკლებად შესამჩნევი ცვლილებების გავრცელება, მაგრამ ამ ცვლილებებმა შეიძლება მიიღონ ქრონიკულად გამოწვეული არახელსაყრელი ტენდენციების ფორმა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის შორეული შედეგებით (მაგალითად, რადიაციული გამოსხივება ან კვების პროდუქტების გაჭუჭყიანება და ამით გამოწვეული გენეტიკური გადახრები). აქ ჩვეულებრივ გამოიყენება დაავადებათა მაჩვენებელი (დაავადებათა შემთხვევების რიცხვი) და ადამიანთა სიკვდილიანობა.

მონიტორინგის მეორე საფეხური გეოეკოლოგიური, გეოსისტემური ან ბუნებრივ-სამეურნეო მონიტორინგია. ამ დროს ხდება მეთვალყურეობა გარემოს უმთავრეს გეოსისტემებზე, მათ შორის, ხელოვნურად შექმნილ სისტემებზე (აგროეკოსისტემები, ქალაქის გარემო, ინდუსტრიული რაიონების გარემო).

მონიტორინგის მესამე საფეხურია ბიოსფერული მონიტორინგი. ის უზრუნველყოფს მეთვალყურეობას, კონტროლს და შესაძლებელი ცვლილებების პროგნოზს გლობალური და რეგიონალური მასშტაბით. ბიოსფერული მონიტორინგი მიეკუთვნება მსოფლიოს წყლის ბალანსის, ბიოსფეროში რადიაციული დონის ცვალებადობის, ატმოსფეროს ძირითადი გამაბინძურებლების ტრანსკონტინენტური განაწილების მეთვალყურეობას. სახელმწიფო მონიტორინგის ამოცანები და ძირითადი მიმართულებებია გარემოს მდგომარეობის მეთვალყურეობა, მისი მდგომარეობის შეფასება და პროგნოზი. მეთვალყურეობა ითვალისწინებს გარემოს ფაქტიური მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის შეგროვებას. მისი ობიექტებია:

1. ანთროპოგენური ზემოქმედების წყაროები (საწარმოები, ტრანსპორტი და ა.შ.) და ფაქტობრივი გამაბინძურებლები (ნივთიერებები, ხმაური, გამოსხივება და ა.შ.);
2. ბუნებრივი გარემოს, მისი ცალკეული კომპონენტების მდგომარეობა და მათი რეაქცია აღნიშნულ ზემოქმედებაზე;
3. ჯანმრთელობის და მოსახლეობის ცხოველმოქმედების პირობები. შეფასება, ერთი მხრივ, გულისხმობს ანთროპოგენური და ბუნებრივი ზემოქმედებისაგან მიყენებული ზარალის განსაზღვრას, ხოლო, მეორე მხრივ, იმ ბუნებრივი რეზერვების განსაზღვრას, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია ადამიანის საკეთილდღეოდ. პროგნოზი ემყარება იმ მონაცემებს, რომელსაც იყენებენ მეთვალყურეობის და მათი შედეგების ანალიზისას.

აგროეკოლოგიური მონიტორინგი წარმოადგენს მონიტორინგის საერთო სისტემის მეტად მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს. ის წარმოადგენს ინტენსიური სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის პროცესში აგროეკოსისტემების მდგომარეობასა და გაჭუჭყიანების დონეზე მეთვალყურეობის და კონტროლის სისტემას (http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/GMES/Focus_on_GMES_applications).

აგროეკოლოგიური მონიტორინგის მიზანია ბუნებრივი რესურსული პოტენციალის რაციონალური გამოყენების და გაფართოებული კვლავწარმოების საფუძველზე, ქიმიზაციის საშუალებების მიმართ გონივრული მიდგომით მაღალეფექტური, ეკოლოგიურად დაბალანსებული აგროცენოზების შექმნა.

აგროეკოლოგიური მონიტორინგის ამოცანებში შედის:

- აგროეკოსისტემების მდგომარეობაზე მეთვალყურეობის ორგანიზაცია;
- აგროეკოსისტემების ძირითადი კომპონენტების მდგომარეობასა და ფუნქციონირებაზე ობიექტური და ოპერატიული ინფორმაციის სისტემატური მიღება;
- მიღებული ინფორმაციის შეფასება;
- ახლო ან შორეულ პერქსპექტივაში აგროცენოზის ან სისტემის მდგომარეობის შესაძლებელი ცვლილების პროგნოზი;
- გადაწყვეტილებების და რეკომენდაციების დამუშავება;
- ექსტრემალური სიტუაციების თავიდან აცილება;
- აგროეკოსისტემების ეფექტურობის მიზნობრივი მართვა.

აგროეკოლოგიური მონიტორინგის ძირითადი პრინციპებია:

- კომპლექსურობა, ე.ი. მაჩვენებლების იმსამჯგუფზეერთდროული კონტროლი, რომლებიც ასახავენ აგროეკოსისტემების ცვალებადობის ყველაზე არსებით თავისებურებებს ადრეული დიაგნოსტიკის ცვლილებების მაჩვენებლები; მაჩვენებლები, რომლებიც ახასიათებენ სეზონურ და მოკლევადიან ცვლილებებს; გრძელვადიანი ცვლილებების მაჩვენებლები;
- აგროეკოსისტემაზე უწყვეტი კონტროლი;
- სხვადასხვა გამოკვლევის მიზნების და ამოცანების ერთობლიობა;
- გამოკვლევების სისტემურობა, ე.ი. აგროეკოსისტემების კომპონენტების
- (ატმოსფერო - წყალი - ნიადაგი - მცენარე - საქონელი - ადამიანი) ერთდროული გამოკვლევა;
- გამოკვლევების ობიექტურობა;
- სხვადასხვა ზონაში განლაგებულ ობიექტებზე დაკვირვებების ერთდროულობა.

აგროეკოსისტემების ძირითადი კომპონენტებია: ატმოსფერო, წყალი, ნიადაგი, მცენარე. ამ ობიექტების მონიტორინგს გააჩნია გარკვეული თავისებურებანი.

ნიადაგურ-ეკოლოგიური მონიტორინგი შედგება სამი, თანმიმდევრულად ურთიერთდაკავშირებული ნაწილისაგან: კონტროლო ნიადაგებსა და ნიადაგურ საფარზე; ნიადაგების და ნიადაგურსაფარის შესაძლებელი ცვლილებების პროგნოზი; ნიადაგების თვისებების და რეჟიმების მარეგულირებელი რეკომენდაციების დამუშავება. მონიტორინგი განსხვავდება ტრადიციული ნიადაგური და აგროქიმიური გამოკვლევებისგან კომპლექსურობით და უწყვეტობით, მიზნების და ამოცანების ერთობლიობით. მონიტორინგის ბაზაზე მიღებული ინფორმაცია ნიადაგწარმოქმნის ბუნებრივი ფაქტორების და ანთროპოგენური დატვირთვების ზემოქმედებით ნიადაგების თვისებების, ნიადაგური რეჟიმების და პროცესების შეცვლის შესახებ წარმოადგენს ნიადაგური ნაყოფიერების მოდელირების საფუძველს.

ნიადაგურ-ეკოლოგიური მონიტორინგის დროს მაკონტროლებელი პარამეტრები ერთიანდება სამ ჯგუფში:

I ჯგუფი აერთიანებს ადრეული დიაგნოსტიკის პარამეტრებს (ფერმენტული აქტიურობა, ნიადაგების „სუნთქვა“ და აზოტფიქსაცია, ჟანგვა-აღდგენითი და ტუტე-მჟავური პირობები, ნიადაგების სიმკვრივე და ფილტრაცია, ნიადაგური ხსნარის, დრენაჟული და გრუნტის წყლების მინერალიზაცია).

II ჯგუფი აერთიანებს ნიადაგების თვისებების უფრო მდგრად ცვლილებებს (ჰუმუსის რაოდენობა და ხარისხი, აგრეგირების შეცვლა, მცენარეთა კვების ელემენტების შემცველობა, მძიმე ლითონების, ნახშირწყალბადების დინამიკა და სხვ.).

III ჯგუფი წარმოადგენს ნიადაგების თვისებების ღრმა და მდგრადი ცვლილებების მაჩვენებლებს (მექანიკური შედგენილობის ცალკეული ფრაქციების შეფარდება, მინერალოგიური შედგენილობა, ნიადაგური ჰორიზონტების სიმძლავრე და სხვ.).

აგროეკოსისტემების ერთ-ერთი ძირითადი ბლოკკომპონენტი მცენარეებია. აგროეკოლოგიური მონიტორინგის პროცესში აფიქსირებენ ვეგეტაციის ბოლოს მოსავლის არა მარტო რაოდენობის და ხარისხის მაჩვენებლებს, არამედ, აგროვებენ აგრეთვე მისი ფორმირების ყველა დინამიკურ მაჩვენებელსაც (ბიომასის დაგროვება; ოთლის ზედაპირის ფორმირება ფიტოსინთეტიკური პოტენციალის გამოყენების შემდგომი გაანგარიშებისათვის; აგროფიტოცენოზის სტრუქტურის შეცვლა და მისი ოპტიკურ-ბიოლოგიური დახასიათება და სხვ.). მიღებული დინამიკური მაჩვენებლების საფუძველზე ადგენენ კორელაციურ კავშირს გარემოს ფაქტორების მდგომარეობასა და მცენარეების განვითარებას, პროდუქტიულობის ელემენტების ფორმირებასა და მიღებულ მოსავალს შორის.

წყლების ხარისხის ფორმირების ფაქტორებია: ნივთიერებების ტრანსფორმაციის და ურთიერთმოქმედების ქიმიური, ბიოქიმიური, ბიოლოგიური, ფიზიკურ-ქიმიური და აგრეთვე ჰიდროლოგიური პროცესები. ანთროპოგენური ფაქტორების ზეგავლენით ბუნებრივ წყლებში შეიძლება იყოს სხვადასხვა გამაჟუჭყიანებელი ნივთიერებები: ნიტრატები, ნიტრიტები, პესტიციდები, ფენოლური ნაერთები, მძიმე ლითონები და სხვ.

შიდა ნიადაგური ჩამონადენის წყლების გამოკვლევის ძირითადი მეთოდი არის ლიზიმეტრული. შიდა ნიადაგური ჩამონადენი არა მარტო ამცირებს ნიადაგურ ნაყოფიერებას, არამედ იწვევს გრუნტის წყლების გაჟუჭყიანებას.

ზედაპირული წყლები ეროზიული პროცესების განვითარების დროს იწვევს ნიადაგების ჩამორეცხვას, კვების ელემენტების დაკარგვას, გარემოს გაჟუჭყიანებას. ზედაპირულ წყლებს სწავლობენ ჩამონადენ ფართობებზე.

ატმოსფერული ნალექები წარმოადგენს ეკოლოგიური რისკის ფაქტორს, რადგანაც ატმოსფეროდან გამოაქვთ ნივთიერებების გამჟუჭყიანებლები.

აგროეკოლოგიურ მონიტორინგში მეტად მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია ობიექტების კომპლექსური ეკოლოგიურ-ტოქსიკური შეფასება.

მაკრობიოლოგიური მონიტორინგი უნდა ასრულებდეს ნიადაგური გარემოს ხარისხის მაკონტროლებელ ფუნქციას და იძლეოდეს ეკოლოგიურად უსაფრთხო აგროტექნოლოგიების დასამუშავებლად საჭირო ინფორმაციას.

აგრო-ტყის ეკოსისტემების მდგრადი განვითარება

სასოფლო-სამეურნეო და სატყეო მეურნეობის დარგებს შორის არსებობს მჭიდრო კავშირი და ურთიერთმოქმედება. მათ აერთიანებთ წარმოების ძირითადი საშუალებების და შრომის მრავალი იარაღის ერთობლიობა, შრომითი რესურსების გამოყენების სპეციფიკა. ქვეყნის მნიშვნელოვან ტერიტორიაზე სოფლის მეურნეობის გაძლოა მიმდინარეობს ტყის ზონაში, სადაც სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები განლაგებულია ტყეებს შორის. ველის, ნათელი ტყეების და ნახევრად უდაბნოს ზონები თითქმის არ არის ბუნებრივი ტყეები, მაგრამ ადამიანი ცდილობს შექმნას ტყის ნარგავები მიკროკლიმატური პირობების გაუმჯობესების, გვალვასთან და ნიადაგის ეროზიასთან ბრძოლის მიზნით. ამ ბოლო დროს დადგინდა ტყის ნარგავების დადებითი როლი მეცხოველეობის პროდუქტიულობის ამაღლებაში. მემინდვრეობის და მეცხოველეობის განვითარებისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მერქანს, რომელიც სხვადასხვა სახით გამოიყენება. ამ ბოლო დროს მეცხოველეობაში სულ უფრო ფართო გამოყენება აქვს ხეების და ბუჩქების მწვანე ნაწილების გადამუშავების პროდუქტებს: წიწვიან-ვიტამინურ ფქვილს, ქლოროფილ-კაროტინულ პასტას, საკვებსა და სამკურნალო-სავეტერინარო პრეპარატებში სხვა ვიტამინურ დანამატებს. უხსოვარი დროიდან ცალკეული ტყის ტერიტორიები გამოიყენება თიბვისა და საქონლის ძოვებისთვის, მეფუტკრეობის განვითარებისთვის. ტყეში მოიპოვება მრავალი ნაწარმი, სოკო, კენკრა და სხვა სასარგებლო არამერქნიანი პროდუქცია. ამის გარდა, მნიშვნელოვანია ტყის ნარგავების როლი სოფლის დასახლებული პუნქტების გამწვანებასა და ახალი კულტურული ლანდშაფტების შექმნაში.

ტყის ნარგავებს გააჩნია მრავალფუნქციური თვისებები. მიზნობრივი დანიშნულებით ისინი იყოფა ორ დიდ ჯგუფად. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ბუნებრივი ტყეები და ხელოვნურად შექმნილი ტყის ნარგავები სამეურნეო-ტექნიკური, სანიტარიულ-ჰიგიენური და რეკრეაციული დანიშნულებით. მათი ძირითადი ამოცანაა არახელსაყრელი მეტეოროლოგიური ფაქტორების, ხანძრების, თოვლის და მტვრისაგან, სელური მოვლენებისაგან და ა.შ. სამრეწველო, სატრანსპორტო, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო და გამაჯანსაღებელი ობიექტების დაცვა. ამას გარდა, ამ ჯგუფის ტყეები არეგულირებენ ტერიტორიულ წყლის რეჟიმს, ასრულებენ ბალნეოლოგიურ და სანიტარიულ-ჰიგიენურ ფუნქციებს, ქმნიან დასვენებისა და მკურნალობისათვის ხელსაყრელ პირობებს. ტყის ნარგავების მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ბუნებრივი ტყეები და სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ხეების და ბუჩქების ხელოვნური ნარგავები, რომლებიც

ძირითადად იქმნება სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწებზე. მათი მთავარი ფუნქციაა ნიადაგის ნაყოფიერების შენარჩუნება და ამაღლება, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის უფრო მაღალი და მდგრადი მოსვლის მისაღებად ხელსაყრელი პირობების შექმნა, მდელოებისა და საძოვრების წარმადობის, მეცხოველეობის პროდუქტიულობის გადიდება. სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწების ტყის ნარგავები თავის მხრივ იყოფა ორ ჯგუფად: აგროსატყეომელიორაციული ანუ დაცვითი ნარგავები აგრონომიული მიზნებისათვის და ზოოსატყეომელიორაციული ანუ საცავი ნარგავები მეცხოველეობის მიზნებისათვის.

აგროსატყეომელიორაციული, ნარგავები განლაგებულია სახნავ და ჰიდროგრაფული ბადის. სახნავ მიწებზე აგროსატყეომელიორაციულ ნარგავებს მიეკუთვნება: ქარსაფარი ტყის ზოლები ურწყავი მიწების თესლბრუნვების მინდვრების შიგნით და საზღვრებზე; ისინი ამცირებენ ქარის სისწრაფეს, ანაწილებენ თოვლს, ხელს უწყობენ ნიადაგის დეფლაციას და მისი ზედაპირიდან ტენის აორთქლების შემცირებას, იცავენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს გვალვებისა და ქარშომინისაგან; ტყის ზოლების სარწყავ მიწებზე სარწყავი არხების გასწვრივ და სხვა ნაკვეთებზე იცავენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს ქარშომინისაგან და მტვრიანი ქარბუქებისაგან; ისინი ამცირებენ ნიადაგის მეორადი დამლაშების პროცესებს და წყლის აორთქლებას; ტყის ზოლები დაშრობილ მიწებს არიდებენ დეფლაციას და დასაშრობი არხების წვრილმიწით ამოვსებას; სახნავ ფერდობებზე ჩამონადენის მარეგულირებელი ტყის ზოლები ხელს უწყობენ თოვლის უკეთეს განაწილებას, ზედაპირული ჩამონადენის დაკავებას და რეგულირებას, მყარი ნაწილაკების კოლმატაჟს, ქარის სისწრაფის, ნიადაგების გადარეცხვის და დეფლაციის შემცირებას, ნიადაგების ტენიანობის ზრდას; ბაღებსა და სანერგეებში, ვენახებსა, ჩაის, ციტრუსების პლანტაციებში ზოლებრივი ტყის ნარგავები იცავენ მათ ძლიერი ქარებისაგან და სხვა არახელსაყრელი ზემოქმედებისაგან.

ჰიდროგრაფიული ბადის აგროსატყეომელიორაციულ ნარგავებს მიეკუთვნება: ღელისპირა ტყის ზოლები, რომლებიც ამცირებენ ნიადაგის გადარეცხვის საშიშროებას, აუმჯობესებენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდის პირობებს, ქვემოთ განლაგებულ თესლბრუნვების მინდვრებსა და ბალახმდგნარის მდგომარეობას საძოვრებზე; ხევების პირას განლაგებული ტყის ზოლები ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებთან კომპლექსში ხელს უწყობენ ხევების ფერდობების და ფსკერების ბუნებრივ დამაგრებას, იცავენ მათ ინსოლაციისა და დანგრევისაგან, აუმჯობესებენ მიმდებარე თესლბრუნვების მინდვრებზე არსებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოვლა-მოყვანის და ბალახების ზრდის პირობებს; ტყის ნარგავები ხევ-ხრამების ეროზირებულ ფერდობებზე

ამაგრებენ ნიადაგს, აზრკოლებენ მის გადარეცხვას, ხელს უწყობენ დაბალპროდუქტიული მიწების უკეთეს სამეურნეო გამოყენებას, დადებითად მოქმედებენ მიმდებარე ნაკვეთების დატენიანებაზე და ამ სავარგულების პროდუქტიულობის ამაღლებაზე; ფსკერული ნარგავები, რომლებიც განლაგებულია ჰიდროტექნიკური ნაგებობების კომპლექსში ხევების ფსკერებზე, ასრულებენ კოლმატირებელ როლს, ამცირებენ წყლის ნაკადების დამანგრეველ ძალას, ხელს უწყობენ ფერდობებზე ბალახების უკეთ განვითარებას; ტბორების და მცირე წყალსატევების ირგვლივ ზოლებრივი ნარგავები, რომლებიც ამაგრებენ ნაპირებს, იცავენ ტბორებს ზედმეტი აორთქლებისა და დალამვისაგან, აუმჯობესებენ მიმდებარე თესლბრუნვების მინდვრებზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდის პირობებს; ნარგავები ქვიშებზე ხელს უწყობენ მათ დამაგრებას და სამეურნეო გამოყენებას. ამ ნარგავების დიდი ნაწილი ამავე დროს არის მინდორსაცავი, რადგანაც ემოჯნება თესლბრუნვების მინდვრებს.

ზოოსატყეომელიორაციულ ნარგავებს მიეკუთვნება: საძოვარდამცავი ტყის ზოლები საძოვრების საზღვრებსა და შიგნით, რომლებიც ხელს უწყობენ საძოვართბრუნვის ორგანიზაციას, მიკროკლიმატის და თოვლის განაწილების გაუმჯობესებას, საძოვრების პროდუქტიულობის ამაღლებას; ნარგავები, ყვავილცვალები, რომლებიც წარმოდგენილია სხვადასხვა განლაგების და ფორმის ნაკვეთებით. ესაა ძლიერი ქარების, თოვლის და მტერისაგან საქონლის დაცვის ადგილები; მწვანე (მერქნიანი) ქოლგები დასვენების ადგილებსა და სარწყულებელში საქონლის მზის გულისგან დასაცავად; ნარგავები ფერმების ირგვლივ მათი ქარების, თოვლის, მტერის და ქვიშებისაგან დასაცავად; მელიორაციულ-საკვები ნარგავები მეჩხერი ბუჩქნარების ნარგავების სახით ნახევარ უდაბნოს და უდაბნოს საძოვრების პროდუქტიულობის გასაუმჯობესებლად და მათი ტევადობის ასამაღლებლად ბუჩქნარების მეშვეობით.

აგროსატყეომელიორაციული ნარგავების ყველა ფორმას გარდა ეკონომიკურისა აქვს დიდი ეკოლოგიური და სოციალური მნიშვნელობა. მათ გააჩნიათ მრავალმხრივი გავლენა არა მარტო მყარი და მაღალი მოსავლის მისაღებად, არამედ ისინი წარმოადგენენ ცხოველების და მცენარეების განსახლების ეკოლოგიურ დერეფნებს. ამ გარემოებას აქვს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შესანარჩუნებლად.

გენმოდიფიცირებული ორგანიზმები; თანამედროვე ბიოტექნოლოგიები

13.1 გენური ინჟინერია; გენის კლონირება

გენური ინჟინერია არის ცოცხალი ორგანიზმის დნმ-ზე მოლეკულური მეთოდებით მანიპულაცია. გენურ ინჟინერიას სხვანაირად შეიძლება ეწოდოს გენურ-ინჟინერული ბიოტექნოლოგია, რომელიც ამჟამად 2 მიმართულებით ვითარდება:

1. *მოლეკულური სელექცია* - ახალი თანამედროვე მეთოდების საშუალებით წყვეტს სელექციურ - გენეტიკურ პრობლემებს სასოფლო სამეურნეო საკვები კულტურების პროდუქტიულობის გაზრდისათვის არახელსაყრელი ბიოტური და აბიოტური ფაქტორებისგან ამ კულტურების დაცვის მიზნით. ეს განაპირობებს სასოფლო-სამეურნეო და სამკურნალო მცენარეების ახალი ჯიშების მიღებას.
2. *მოლეკულურ-ბიოტექნოლოგიური წარმოება* - გენეტიკურად მოდიფიცირებული ორგანიზმების (მიკროორგანიზმები, მცენარეები) გამოყენება მრეწველობისთვის და მედიცინისთვის მნიშვნელოვანი ნაერთების მისაღებად.

მთავარ ტექნოლოგიას გენურ ინჟინერიაში წარმოადგენს რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული ექსპერიმენტული პროცედურების ერთობლიობა, რის საშუალებითაც ხდება საინტერესო გენის შეყვანა ან გადატანა დონორი ორგანიზმიდან მეორე ორგანიზმში და ამ ორგანიზმში უცხო გენის ექსპრესია. ეს არის ამ ტექნოლოგიის ძირითადი და საბოლოო საფეხური. ამ საფეხურამდე მისვლა მოითხოვს მრავალეტაპობრივ პროცედურებს, რომელთა განსახორციელებლად აუცილებელია ცოცხალი ორგანიზმის (პროკარიოტები, ეუკარიოტები) გენეტიკური აპარატის ძირითადი ელემენტების ცოდნა ან შესწავლა.

გენის კლონირება წარმოადგენს რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგიაში შემავალი პროცედურების გამოყენებით სასურველი გენის (ე.ი. იმ გენის, რომლის ფუნქციაც ცნობილია) იდენტიფიკაციას, მის მოთავსებას ვექტორულ სისტემებში და მის ექსპრესიას (ტრანსკრიფციის და ტრანსლაციის დონეზე). გენის კლონირების პირველი ძირითადი ეტაპი არის გენის იდენტიფიკაცია. გენის იდენტიფიკაციის ერთ-ერთ ფართოდ გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს გენების ბიბლიოთეკის შექმნა. იხ. გვ.172 სურ.13.1.

განვიხილოთ გენის კლონირება პროკარიოტული ორგანიზმების მაგალითზე. ვთქვათ, გვაქვს რაღაც მიკროორგანიზმი, რიმელიც არის რაიმე მეტაბოლურად აქტიური ნაერთის (მაგ., ფერმენტის პროდუცენტი) და გვსურს ამ ფერმენტის მაკოდირებელი გენის იდენტიფიკაციისთვის გენების ბიბლიოთეკის შექმნა. გენების ბიბლიოთეკის შესაქმნელად აუცილებელია ქრომოსომული დნმ-ის გამოყოფა, შემდეგ ერთი რომელიმე რესტრიქტაზით დნმ-ის ნაწილობრივ დაჭრა (ე.ი. არასრული ჰიდროლიზი). ასეთი დაჭრის შედეგად მიღებული ფრაგმენტების ტრანსფორმაცია ხდება კომპეტენტურ ბაქტერიაში, მაგ., *E. Coli*. ტრანსფორმაციის შედეგად მიიღება კლონები. გენების შემცველი კლონების იდენტიფიკაცია, ე.ი. გენების ბიბლიოთეკის სკრინინგი ხდება სამი ძირითადი მეთოდით.

ა) *ჰიბრიდიზაციის მეთოდი*. ჰიბრიდიზაციის პროცედურა ასე გამოიყურება: ხდება ტრანსფორმაციის შედეგად მიღებული კლონების გადატანა სპეციალურ მემბრანაზე (ეს შეიძლება იყოს ნიტროცელულოზის ან ნეილონის ფილტრი). შემდეგ ხდება ლიზისი და დნმ-ის დენატურაცია მაღალ ტემპერატურაზე. დენატურაციის შედეგად მისი ორი ჯაჭვი სცილდება ერთმანეთს. მიღებულ დნმ-ის ერთჯაჭვიან მოლეკულებს ამაგრებენ სპეციალურ მემბრანაზე (ჩვეულებრივ, ეს მაღალ ტემპერატურაზე ხდება). შემდეგ ხდება ამ ფილტრის ინკუბაცია სპეციალურ ზონდთან. თუ ზონდის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა კომპლემენტარულია ჩვენ მიერ გამოსაკვლევი დნმ-ის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობისა, მაშინ მოხდება ჰიბრიდიზაცია. ჰიბრიდიზაციის ზონდად შეიძლება გამოყენებული იყოს რომელიმე მონათესავე ორგანიზმის უკვე კლონირებული გენი ან ქიმიური გზით მიღებული ზონდი. ქიმიურად ზონდის მიღება შეიძლება იმ შემთხვევაში, თუ გვეცოდინება ჩვენთვის გამოსაკვლევი გენის პროდუქტის (ფერმენტის) ამინომჟავური თანმიმდევრობა. იხ. გვ. 173 სურ.13.2.

ბ) *იმუნოლოგიური სკრინინგი*. თუ გენის ექსპრესიის პროდუქტი არის ცილა და ჩვენ გვაქვს სპეციფიკური ანტისხეულები (პირველადი ანტისხეულები), მაშინ ეს კოლონიები გადაიტანება ფილტრზე, ხდება მათი ლიზისი და შემდეგ ფილტრი თავსდება პირველადი ანტისხეულების შემცველ ხსნარში. გარკვეული დროის შემდეგ ემატება მეორადი ანტისხეულები (რომლებიც კონიუგირებულია ტუტე ფოსფატებთან). მეორადი ანტისხეულები უკავშირდება პირველად ანტისხეულებს. ამის შემდეგ ემატება უფერული სუბსტრატები. მეორადი ანტისხეულის პირველად ანტისხეულთან დაკავშირების შემთხვევაში ჰიდროლიზდება უფერული სუბსტრატი, რასაც თან ახლავს შეფერილი პროდუქტის წარმოქმნა.

გ) სკრინინგი ფერმენტის აქტივობის მიხედვით. თუ საკვლევი გენის პროდუქტი არის ფერმენტი და ეს ფერმენტი არ სინთეზირდება მასპინძლის უჯრედში (ე.ი, იმ უჯრედში, რაშიც ხდება ჩვენთვის საინტერესო გენის ტრანსფორმაცია), ამ შემთხვევაში ვახდენთ კლონების გადაცანას ისეთ საკვებ არეზე, რომელიც შეიცავს ცნობილი ფერმენტის სპეციფიკურ სუბსტრატს. შემდეგ ხდება უჯრედების შეღებვა სპეციალური საღებავით, რომელიც ღებავს ამ ფერმენტის მოქმედების შედეგად მიღებულ პროდუქტს.

ყოველივე ამის შემდეგ კულტივირდება ის კლონები, რომლებიც შეიცავენ საინტერესო გენის ფრაგმენტს. კულტივირების შემდეგ ხდება პლაზმიდური დნმ-ის გამოყოფა და მისი ჩასმა ვექტორებში (იმ ვექტორებში, რომლებიც გამოიყენება ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის დასადგენად). მას შემდეგ, რაც ცნობილი გახდება ამ ფრაგმენტის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა, სპეციალური პროგრამით დაპროექტებული პრაიმერების საშუალებით ხდება გენის ამპლიფიკაცია PSR-ით. შემდგომ, ეს გენი თავსდება ექსპრესირებად ვექტორებში ისეთი სპეციალური პრომოტორების კონტროლის ქვეშ, რომლებიც აძლიერებენ გენის ექსპრესიას ტრანსკრიფციის და ტრანსლაციის დონეზე. ბაქტერიულ უჯრედებში გენური ინჟინერიის მეთოდებით კლონირებული გენები უნიკალური მეტაბოლიტების ბიოსინთეზის ახალი გზების შექმნის შესაძლებლობებს იძლევა.

რეკომბინანტულ მიკროორგანიზმებს (გენური ინჟინერიით შექმნილი მიკროორგანიზმები) ფართოდ იყენებენ თანამედროვე სამრეწველო ბიოტექნოლოგიაში: ვიტამინების, ამინომჟავების, ანტიბიოტიკების და სხვა ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მისაღებად.

პათოგენური მიკროორგანიზმების კლონირებული გენები შეიძლება გამოიყენებული იქნეს მარკერებად დაავადებების დიაგნოსტიკისათვის ცხოველებსა და ადამიანებში. იხ. გვ. 174 სურ.13.3.

იდენტიფიცირებული და კლონირებული გენები ფართოდ გამოიყენება დაავადებების საწინააღმდეგო ვაქცინების მისაღებად. ბოლო წლებში ფართოდ გავრცელდა დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმების კლონირებული გენების შეყვანა მცენარეში და ტრანსგენური მცენარეების მიღება, რომლებსაც იყენებენ როგორც ბიორეაქტორებს მცენარეული ვაქცინების მისაღებად.

გარდა ამისა, გენური მანიპულაციებით კლონირებული გენის შეყვანამ შეიძლება გააძლიეროს ზოგიერთი ბაქტერიების ბუნებრივი თვისებები და ამით მიღებულ იქნეს ახალი შტამები. მაგ., უკვე მიღებულია ბაქტერიის ისეთი შტამები, რომლებიც ეფექტურად მონაწილეობენ გარემოში არსებული ტოქსიკური ნაერთების დაშლაში, მათვე მწერების განადგურებაში.

გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელ ელემენტს უნდა შეეძლოს ცოცხალი ორგანიზმების ფუნქციონირებისათვის აუცილებელი ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ნაერთების კოდირება და გაშიფვრა.

მაშასადამე, ისმის კითხვა: რა არის დნმ-ის ის სტრუქტურულ-ფუნქციური ერთეული, რომელიც ახდენს ცოცხალი ორგანიზმის ფუნქციონირებისათვის მნიშვნელოვანი ნაერთების კოდირებას? ასეთ ერთეულებს წარმოადგენენ გენები.

გენები მკაცრად სპეციფიკური ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობით წარმოდგენილი დნმ-ის განსაკუთრებული გენეტიკური ერთეულებია. ისინი ცოცხალი ორგანიზმების ისეთ სასიცოცხლო პროცესებში ჩართული მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური მოლეკულების კოდირებას ახდენენ, როგორიცაა ფერმენტები და მათ მიერ წარმოებული მეტაბოლური გზები, ტრანსპორტი, უჯრედის სტრუქტურული ფუნქცია, დაცვითი ფუნქცია და სხვა.

მოლეკულური თვალსაზრისით, გენები მკაცრად სპეციფიკური ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის მქონე დნმ-ის ტრანსკრიპირებადი უბნებია (დნმ-ის ის უბანი, რომელიც განიცდის ტრანსკრიფციას). დნმ-ის ტრანსკრიპირებადი უბნების უმრავლესობა სტრუქტურული გენებითაა წარმოდგენილი და ამ უბნებზე უმთავრესად ხდება ინფორმაციული რნმ-ის სინთეზი. სტრუქტურული გენების საბოლოო პროდუქტს ცილები წარმოადგენს.

ისმის კითხვა: რა პროცესების საშუალებით ხდება გენებში ჩაწერილი ინფორმაციის გაშიფვრა? ეს ხდება ორი ძირითადი პროცესის მეშვეობით: ტრანსკრიფცია – რნმ-ის სინთეზი და ტრანსლაცია – ცილის სინთეზი. ორივე პროცესი – როგორც ტრანსკრიფცია, ასევე ტრანსლაცია მოლეკულურ ბიოლოგიაში გენის ექსპრესიად არის ცნობილი.

ტრანსკრიფცია არის ე.წ. რნმ-ის სინთეზის პროცესი, სადაც მატრიცად გამოყენებულია დნმ. ეს არის რეპლიკაციის შემდგომი ძირითადი ეტაპი, რომლის დროსაც ხდება გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემა დნმ-დან რნმზე. ტრანსკრიფციის დროს სწორედ დნმ-ში მყოფი გენეტიკური ინფორმაცია გადაიცემა რნმ-ის ფორმით. ტრანსკრიფციაში ჩართული ფერმენტული სისტემების, კერძოდ, რნმ-პოლიმერაზას მეშვეობით ხდება რნმ-ის სინთეზი, რომლის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა კომპლემენტარულია დნმ-ის ერთ-ერთი ჯაჭვისა. მაშასადამე, ტრანსკრიფციის დროს მატრიცად გამოიყენება დნმ. ტრანსკრიფციის შედეგად წარმოიქმნება სამი სახის რნმ: ინფორმაციული, რიბოსომული და სატრანსპორტო. პროკარიოტებში სამივე სახის რნმ-ის სინთეზში ერთი და იგივე რნმ-პოლიმერაზა მონაწილეობს. ეუკარიოტებში სამივე სახის რნმ-ის სინთეზი სხვადასხვა სახის რნმ-პოლიმერაზებით ხდება.

ტრანსკრიფციას საფუძვლად უდევს ასევე კომპლემენტარობის პრინციპი. რნმ ანუ რიბონუკლეინის მქონე წარმოადგენს იმ მთავარ

კვანძს, რომლის საშუალებითაც ხდება გენეტიკური ინფორმაციის გადათარგმნა გენის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობიდან ცილის ამინომჟავური თანმიმდევრობის ენაზე. რნმ წარმოდგენილია ერთი ხაზოვანი (სწორი) პოლიმერული ჯაჭვით. მონომერებს წარმოადგენს ნუკლეოტიდები. დნმ-ისაგან განსხვავებით, მონომერები შედგება მონოსაქარიდ რიბოზასაგან, აზოტოვანი ფუძეების: ადენინის, გუანინის, ციტოზინისა და ურაცილისაგან, ნაცვლად თიმინისა. აქტიურად ფუნქციონირებად უჯრედში ჯამური რნმ-ის დაახლოებით 5 % მოდის ინფორმაციულ რნმ-ზე. ინფორმაციული რნმ-ის საშუალებით ხდება გენეტიკური ინფორმაციის გადატანა რიბოსომებში, სადაც ამ რნმ-ზე, როგორც მატრიცაზე, ხდება გარკვეული ამინომჟავური თანმიმდევრობის მქონე პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სინთეზი, რისგანაც იქმნება ისეთი მაღალმოლეკულური ნაერთები, როგორებიცაა ცილები. რიბოსომულ რნმ-ზე მოდის ჯამური რნმ-ის 90 %, 4 % კი სატრანსპორტო რნმ-ზე.

იმ დროს, როდესაც ცოცხალ უჯრედში გვხვდება რამდენიმე ათეული ინფორმაციული რნმ, არსებობს მხოლოდ ორი ტიპის რიბოსომული რნმ, რომელთაგან პირველი დაკავშირებულია რიბოსომის დიდ სუბერთეულთან, ხოლო მეორე მცირესთან. იმ უჯრედებში, რომლებშიც მიმდინარეობს ცილის სინთეზი, დაახლოებით 60-მდე სხვადასხვა სატრანსპორტო რნმ გვხვდება. სამივე სახის რნმ ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ცილის სინთეზში, რომელიც ტრანსლაციის სახელწოდებით არის ცნობილი. მაშასადამე, ტრანსლაცია არის ცილის სინთეზის პროცესი, სადაც მატრიცად გამოიყენება ინფორმაციული რნმ.

პროკარიოტებში სტრუქტურული გენი წარმოდგენილია დნმ-ის უწყვეტ მონაკვეთად. ამ მონაკვეთის წინ გვხვდება პრომოტორი, დნმ-ის ის ნაწილი, რომელსაც უკავშირდება რნმ პოლიმერაზა - ფერმენტი, რომელიც მონაწილეობს რნმ-ის სინთეზში (ტრანსკრიფცია). მას მოსდევს სტრუქტურული გენი (გენი, რომელიც კოდირებას უკეთებს სიცოცხლისათვის აუცილებელ მეტაბოლურ პროცესებში მონაწილე მაღალმოლეკულურ ნაერთებს), შემდეგ ტერმინატორი -უბანი, სადაც მთავრდება ტრანსკრიფცია. ეუკარიოტებში სტრუქტურული გენი ასე გამოიყურება: პრომოტორი; ტრანსკრიფციის დაწყების საიტი; სტრუქტურული გენი - წარმოდგენილი მაკოდირებელი უბნებით - ეგზონებით, რომლებიც გაყოფილია ინტრონებით (არამაკოდირებელი უბნები). სტრუქტურულ გენს მოსდევს ტერმინატორი, უბანი, სადაც მთავრდება ტრანსკრიფცია. ეგზონები შედგება დაახლოებით 150-200 ნუკლეოტიდისაგან, ხოლო ინტრონი 40-10 000 ნუკლეოტიდისაგან. ტრანსკრიფციის დამთავრების შემდეგ ხდება ინტრონების ამოჭრა, ხოლო ეგზონები ერთდება და წარმოქმნიან ფუნქციურ ინფორმაციულ რნმ-ს. ამ პროცესს სპლაისინგი ეწოდება. უნდა აღინიშნოს აგრეთვე ის, რომ ეუკარიოტებში ინფორმაციული რნმ-ის 3 ბოლო არის პოლიადენილირებული ე.ი., შეიცავს ადენინის შემცველ 100-

200 ნუკლეოტიდს. ფიქრობენ, რომ ის იცავს ინფორმაციულ რნმ-ს დეგრადაციისაგან. რა განსხვავებაა რეპლიკაციასა და ტრანსკრიფციას შორის? რეპლიკაციის დროს წარმოიქმნება დნმ, რომელიც თავისი ნუკლეოტიდური შედგენილობით მშობლისეული დნმ-ის იდენტურია (<http://www.youtube.com/watch?v=teV62zrm2PO>), ხოლო ტრანსკრიფციის დროს ხდება მხოლოდ გარკვეული გენის ან გენების ჯგუფის ტრანსკრიფცია (<http://www.youtube.com/watch?v=WsofH466lqk>). ალბათ ამიტომ ტრანსკრიფციას განიხილავენ, როგორც გენის ექსპრესიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ეტაპს.

13.2. გენეტიკურად მოდიფიცირებული მცენარეები

უმაღლესი მცენარეები ჩვენი პლანეტის ცოცხალი სამყაროს ყველაზე გავრცელებული ნაწილია. მიუხედავად ურბანიზაციისა და ინდუსტრიალიზაციის წარმოდგენილი მასშტაბებისა, ხმელეთის 45% ჯერ კიდევ უკავიათ მცენარეებს. ისინი კოლოსალურ როლს ასრულებენ კაცობრიობის სასიცოცხლო მნიშვნელობის პრობლემების გადაწყვეტაში, კერძოდ, ეკოლოგიური ბალანსის შენარჩუნებაში, საკვების მასიურ წარმოებაში, მცენარეული სამკურნალო საშუალებების მიღებაში, სამშენებლო მასალების შექმნაში და სხვ. განსაკუთრებით ყურადსაღებია მცენარეთა უნიკალური თვისება აწარმოონ ფოტოსინთეზი, აქტიური მონაწილეობა მიიღონ მოლეკულური აზოტის ფიქსაციაში. ყოველივე ზემოთქმულმა მცენარე ადამიანის კეთილდღეობის მძლავრ ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ ბერკეტად გადააქცია.

ჯერ კიდევ უძველესი დროიდან ადამიანი, თავიდან ინტუიციურად, შემდეგ კი შეგნებულად, ცდილობდა გაეუმჯობესებინა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების ხარისხი, აემაღლებინა მცენარეთა მოსავლიანობა და მცენარეთა სხვადასხვა დაავადებისა და კრიტიკული პირობების მიმართ ამტანობა. ეს, განსაკუთრებით ე.წ. სარისკო მიწათმოქმედების ზონებს (მარილიან, მჟავა, უნაყოფო მიწებს, გვალვიან და დაბალტემპერატურულ რეგიონებსა და ა.შ.) ეხება. ამ მიზნების განსახორციელებლად იყენებდნენ ხელმისაწვდომ საშუალებებს – სელექციის მეთოდებს, რომლებიც დროთა განმავლობაში სულ უფრო და უფრო სრულყოფილი ხდებოდა. ტრადიციულ სელექციას, რომელიც სქესობრივ შეჯვარებასა და შერჩევას ეფუძნება, დღესაც არ დაუკარგავს თავისი უდიდესი მნიშვნელობა და წარმატებით გამოიყენება.

ბოლო დროს უმაღლესი მცენარეების სელექციაში პრინციპულად ახალი მეთოდოლოგიური მიდგომები დაისახა, რაც სასოფლო-სამეურნეო მცენარეების მოსავლის თვისებების გაუმჯობესებასა და მოსავლის რაოდენობის გაზრდის პროგრამირების საშუალებას იძლევა. ასეთ მიდგომათა რიცხვს შეიძლება მივაკუთვნოთ შედარებით ახალი აგრონომიული მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება მცენარეთა უთესლო გამრავლებას, კერძოდ, მიკროკლონირებას; ახალი ჯიშების გამოყვანას

პროტოპლასტიკის შერწყმით; მცენარის გენომის გამდიდრებას ახალი, ამ სახეობისთვის არადამახასიათებელი გენებით; ფუნქციონალური არქივების მოცილებას, რომლებმაც დიდი ხანია ამოწურეს თავისი შესაძლებლობა და არადამაკმაყოფილებლად მოქმედებენ პროდუქციის ხარისხზე და სხვა.

მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ, ახალი, მაღალნაყოფიერი მარცვლეულის გამოყვანის მიზნით, დაიწყო გაძლიერებული კვლევები; შეიქმნა: ხორბლის, სოიას, სიმინდის, ბრინჯისა და სხვა მცენარეების ახალი ჯიშები. სამოცდაათიან წლებში ეს ჯიშები მთელს მსოფლიოში გავრცელდა, რამაც საგრძნობლად გაზარდა მრავალი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოსავლიანობა მთელი პლანეტის მასშტაბით. ამ დროს გაჩნდა ტერმინი „მწვანე რევოლუცია“. როგორც წესი, ამ პერიოდში გამოყვანილი მარცვლეულის მრავალი ჯიში მოკლე და მყარი ღეროთი გამოირჩევა, ისინი ბევრი დაავადების ამტანია და ეფექტურადაც რეაგირებენ სასუქებზე. მიღწეული შედეგები მთლიანად არის ჩაწერილი ტრადიციული სელექციისა და გენეტიკის ანგარიშზე. მათ მისაღებად ძირითადად გამოიყენებოდა შეჯვარება. ამ ხერხით ერთი მცენარიდან მეორეში გენომის სრული გადატანა ხდება. იმის გამო, რომ პროდუქტიული მიზნებისთვის ვარგის მცენარეთა უმრავლესობას რამდენიმეტიპის (ჰაპლოიდური, დი-, ტრი-, ტეტრადაპოლიპლოიდური) ქრომოსომული კომპლექტი გააჩნია, შეჯვარების შედეგად მიღებულ მრავალრიცხოვან მემკვიდრეობაში შეიძლება გამოვლინდეს სხვადასხვა ფორმა, განსხვავებული თვისებებითა და ნიშნებით. სელექციონერის ამოცანაა თითოეული ნიადაგურ-კლიმატური რეგიონისთვის ყველაზე შესაფერისი ფორმის შერჩევა.

„მწვანე რევოლუცია“, რომელიც სამოცდაათიან წლებში დაიწყო, ახლაც გრძელდება. ამ ხანგრძლივი ქმედების მიზანი უმაღლესი მცენარეების ისეთი ჯიშების გამოყვანაა, რომლებისთვისაც დამახასიათებელი იქნება ფიტოპათოგენური მიკროფლორით გამოწვეული დაავადებების მიმართ რეზისტენტობა, მოსავლიანობის გაზრდა, ნაყოფის გაუმჯობესებული ქიმიური შედგენილობა. საგრძნობლად შემცირდება ან საერთოდ აღარ იარსებებს მათ მიერ პესტიციდებისა და სხვა ქიმიკატების გამოყენების აუცილებლობა. ტრანსგენური მცენარეებისათვის დამახასიათებელი იქნება გვალვის მიმართ გაზრდილი რეზისტენტობა და სხვა. ამ მიზნების მისაღწევად, ინტაქტური მცენარეების გარდა, რომლებისგანაც ტრადიციული სელექციური მეთოდებით (შერჩევა, შეჯვარება, ჯვარედინი ჰიბრიდიზაცია, ჯვარედინი დამეტერვა და სხვა) გამოჰყავთ ახალი ჯიშები, გამოიყენება უჯრედული, პროტოპლასტიური და ქსოვილოვანი კულტურები. ამას გარდა, მცენარეთა ახალი, საჭირო ფორმების გამოსაყვანად გენური ინჟინერიის მეთოდები იქნება გამოყენებული. ასეთი მეთოდოლოგიური მრავალფეროვნება ხშირად იძლევა არსებული სახეობათშორისი ბარიერის დაძლევისა და

მცენარისთვის ახალი ნიშნებისა და თვისებების მინიჭების საშუალებას. უნდა ველოდოთ, რომ ზემოთ ნახსენები მიდგომები საგრძნობლად გააუმჯობესებს მცენარეთა მრავალფეროვნებას.

მცენარეთა ქსოვილებისა და უჯრედების კულტივირება. ორმოციანი წლების დასაწყისში შესაძლებელი გახდა ზოგიერთი მცენარისგან ინტაქტური უჯრედების გამოყოფა და სტერილურ პირობებში ცოცხალი სახით შენახვა. მყარი საკვები არეები იზოლირებული მცენარეული უჯრედებისთვის, როგორც წესი, შეიცავენ მცენარეულ ჰორმონებს და სხვადასხვა საკვებ ინგრედიენტებს. ასეთი შედგენილობის არეებზე მცენარეული უჯრედების კულტივირებით წარმოებს მათი გამრავლება და ამორფული მასის (კალუსის) წარმოქმნა. დროთა განმავლობაში კალუსების კულტივირების ტექნიკამ საშუალება მისცა მკვლევარებს მცენარეული კალუსები კულტივირების მიზნით გადაეყვანათ სიღრმულ პირობებში. მიუხედავად ზრდისა და განვითარების საერთო კანონზომიერებისა, თითოეული კალუსური ქსოვილი ინდივიდუალურ მიდგომას მოითხოვს. მიკროორგანიზმების ანალოგიურად, მცენარეული უჯრედების კულტივირება სიღრმულ პირობებში კოლებსა და ფერმენტატორებში ტარდება, ჟანგბადის უფრო დაბალი პარციალური წნევის ქვეშ. უმაღლესი მცენარეების უჯრედები შესაძლებელია განიხილებოდეს როგორც მიკროობიექტები, რაც საშუალებას იძლევა მათ მიმართ გამოყენებულ იქნეს არა მხოლოდ მიკრობიოლოგიაში არსებული აპარატურა და ტექნოლოგიური მიდგომები, არამედ ცალკეული მეტაბოლიტების წარმოების ტექნოლოგიური ლოგიკაც. ამასთან, შესაძლებელია მცენარეული უჯრედების გადაყვანა განვითარების ისეთ პროგრამაზე, რომლის დროსაც კულტივირებადი სომატური უჯრედიდან აღმოცენდება მთლიანი მცენარე, რომელსაც ზრდისა და გამრავლების უნარი აქვს. იხ. გვ. 175 სურ.13.4

კულტივირებად მცენარეთა ქსოვილებისა და უჯრედების გამოყენების საფუძველზე შესაძლებელია ტექნოლოგიის შექმნის რამდენიმე ახალი, კომერციულად მნიშვნელოვანი მიმართულების დასახელება:

მცენარეული წარმოშობის, უნიკალური, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მიღება;

მეორადი მეტაბოლიზმის ტრადიციული პროდუქტების (მედიცინაში გამოყენებული ტოქსინების, ჰერბიციდების, ზრდის რეგულატორების, ალკალოიდების, სტეროიდების, ტერპენოიდების და სხვა ნაერთების) ფართო სპექტრის მასშტაბური წარმოება;

მცენარეთა დაჩქარებული კლონური მიკროგამრავლება, რაც წელიწადში ერთი ექსპლანტიდან 100.000-მდე გენეტიკურად იდენტური მცენარის მიღების საშუალებას იძლევა;

უვირუსო მცენარეების მიღება;

უჯრედული მუტაგენეზი და სელექცია. ქსოვილოვან კულტურებს შეუძლიათ აწარმოონ რეგენერატები, რომლებიც სომაკლონური ვარიანტების შედეგად საწყისი მასალისგან ფენოტიპურად და გენოტიპურად განსხვავდებიან;

გენოფონდის კრიოკონსერვაცია;

სომატური ჰიბრიდიზაცია მცენარეული პროტოპლასტების შერწყმის საფუძველზე.

ამრიგად, მცენარეთა ცვლილებები არა მხოლოდ სექსუალური პროცესების შედეგად არის შესაძლებელი, არამედ სხვა გზითაც, კერძოდ, მცენარეთა სხვადასხვა სახის პროტოპლასტების შერწყმით; დნმ ფრაგმენტების გადატანით ერთი მცენარიდან მეორეში. მეთოდის ტექნიკური არასრულყოფილების გამო, ასეთი გზით ჯერჯერობით ვერ ხერხდება მარცვლეულთა ფართომასშტაბიანი გაუმჯობესება. მცენარეთა სხვადასხვა სახის პროტოპლასტების შერწყმა, როგორც წესი, წარმოქმნის გენეტიკური ინფორმაციით გამდიდრებულ ახალ უჯრედს, რომლისგანაც შემდგომ მთელი მცენარის აღდგენაა შესაძლებელი. მცენარეთა ახალი საწარმოო ფორმების მიღებაში არსებულ მიდგომათა შორის, ყველაზე რეკომენდებული გენური ინჟინერიაა.

13.2.1. ტრანსგენური მცენარეების მიღების მეთოდები; გენის კლონირება მცენარეებში

გენის იდენტიფიკაცია, რომელიც გენის კლონირების პირველი ძირითადი ეტაპია, ეუკარიოტებშიც გენების ბიბლიოთეკის შექმნით იწყება, მაგრამ, ეუკარიოტების სტრუქტურული გენები (გენები, რომლებიც კოდირებას უკეთებენ რომელიმე ცილას) წარმოდგენილია ინტრონებით და ეგზონებით და ტრანსკრიფციის შემდეგ ტრანსლაციის დაწყებამდე ადგილი აქვს სპლაისინგს (ეგზონების შეერთება). აქედან გამომდინარე, შეუძლებელია მოხდეს ეუკარიოტის სტრუქტურული გენის სწორი ტრანსლაცია პროკარიოტებში, რადგანაც მათ არა აქვთ ეს მექანიზმი. აქედან გამომდინარე, სანამ გენების ბიბლიოთეკას შევქმნით, აუცილებელია მოვახდინოთ ინფორმაციულ რნმ-ზე დნმ-ის სინთეზი. ამ დნმ-ს ეწოდება cDNA. ასეთი სახით მიღებული ბიბლიოთეკა ცნობილია cDNA ბიბლიოთეკის სახელწოდებით, რომლის მეთოდოლოგია ისეთივეა, როგორიც პროკარიოტებში.

გენის იდენტიფიკაცია შეიძლება მოხდეს პოლიმერაზულ-ჯაჭვური რეაქციის საშუალებითაც უშუალოდ გენომიდან, თუკი ცნობილია ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა და შეიძლება პრაიმერების დაპროექტება (რაც აუცილებელია პოლიმერაზული ჯაჭვური რეაქციის ჩატარებისათვის). არსებობს მონაცემთა ბაზა, რომელიც მოთავსებულია ინტერნეტის საიტზე www.ncbi.nlm.gov/blast. ეს საიტი იძლევა ინფორმაციას კლონირებული გენის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის

შესახებ. თუკი მონაცემთა ბაზამ მოგვცა ინფორმაცია გენის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის შესახებ, მაშინ პოლიმერაზულ-ჯაქვური რეაქციით მოვახდენთ ამ გენის ფრაგმენტის გამრავლებას და შემდგომ მის ჩასმას კლონირებისთვის საჭირო ვექტორებში, ასევე იმ ვექტორებში, რომლებიც გამოიყენება ტრანსგენური მცენარეების მიღების ტექნოლოგიაში.

ტრანსგენური მცენარეების მიღების ვექტორული მეთოდი. ტრანსგენური მცენარეების მიღების ყველაზე პოპულარულ მეთოდს წარმოადგენს აგრობაქტერიების საშუალებით ტრანსფორმაცია. აგრობაქტერიები წარმოადგენენ გრამუარყოფით ნიადაგის პათოგენურ ბაქტერიებს *Agrobacterium tumefaciens*, რომელიც აღწევს მცენარეში და იწვევს კოურების წარმოქმნას. კოურების წარმოქმნა გამოწვეულია იმით, რომ მცენარის გენომში ხდება ბაქტერიული პლაზმიდური დნმ-ის სეგრეგაციის ჩართვა. ბაქტერიული პლაზმიდური დნმ-ის ეს უბანი T-დნმ-ის სახელწოდებით არის ცნობილი, ხოლო პლაზმიდები Ti სახელწოდებით. სწორედ გენური ინჟინერიითაა შექმნილი სპეციალური Ti პლაზმიდური ვექტორები, რომლებიც ბინარული ვექტორების სახელწოდებითაა ცნობილი. ბინარული ვექტორები შეიცავენ T-დნმ-ის უბანს, რომელსაც აქვს მცენარის გენომში გენის ჩართვის უნარი. T-დნმ-ის უბანში გვხვდება პოლილინკერი (ის უბანი, სადაც უნდა ჩავსვათ გადასატანი გენი). ბინარული ვექტორები შეიცავენ ასევე იმ სელექციურ მარკერულ გენებს, რომლებიც განაპირობებენ მცენარეთა მდგრადობას ანტიბიოტიკების მიმართ. სელექციური მარკერული გენები გვეხმარება კლონირებული გენის შემცველი მცენარეული უჯრედების სწორ შერჩევაში.

როგორ ხდება მცენარეში გენის შეყვანა: 1. მზადდება კონსტრუქტი – ე.ი. უნდა მოხდეს მცენარეში შესაყვანი გენის ფრაგმენტის მოთავსება ვექტორში, რომელიც შეიცავს პრომოტორს, რომელიც კარგად მუშაობს მცენარეში დაზრდისამგენისექსპრესიას. ჩართვახდებაფერმენტლიგაზას მეშვეობით. ვექტორში გენის ჩართვის შემდეგ ხდება მისი ტრანსფორმაცია ბაქტერია *E. Coli*-ში. ტრანსფორმაციის შედეგად მიღებული კლონებიდან ხდება რეკომბინანტული დნმ-ის გამოყოფა. გამოყოფილი დნმ მოწმდება პოლიმერაზულ-ჯაქვური რეაქციით, ან იჭრება რესტრიქტაზით, რომლითაც შეიძლება გენის ამოჭრა კონსტრუქტიდან. ორივე შემთხვევაში ჩასმული გენის შემოწმება ხდება ვიზუალურად ელექტროფორეზით აგაროზის გელში. გენის სწორად ჩართვის შემთხვევაში ეს კონსტრუქტი გადაიტანება ბინარულ ვექტორში, ხდება მისი ტრანსფორმაცია *E. Coli*-ში და პლაზმიდური დნმ-ის გამოყოფა. კეთდება მისი სიკვანსი (მოწმდება მისი ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა) და ხდება ამ კონსტრუქტის ტრანსფორმაცია აგრობაქტერიებში. ტრანსფორმაციის შემდეგ აგრობაქტერიები კულტივირდება და კულტურალური სითხე

მუშავდება სპეციალური რეაგენტებით, რომელიც აადვილებს მცენარეში აგრობაქტერიების შედწევის. შემდეგ დამუშავებულ კულტურალურ სითხეს ემატება მცენარის ახალგაზრდა აღმონაცენები ან ფოთლის ნაჭრები და ეს ყველაფერი თავსდება სტერილურ კამერაში ვაკუუმის ქვეშ, რაც ხელს უწყობს ტრანსფორმაციას. ტრანსფორმაციის შემდეგ ხდება მათი გადატანა იმ ანტიბიოტიკის შემცველ საკვებ არეზე, რომლის მიმართაც გენის შეყვანის შემთხვევაში მცენარე უნდა იყოს მდგრადი (ამას განსაზღვრავს ბინარული ვექტორის შედგენილობაში მყოფი სელექციური მარკერული გენი, რომელიც მცენარეში მოხვედრის შემდეგ მცენარეს ანიჭებს მდგრადობას ამ ანტიბიოტიკის მიმართ). შემდგომ ეტაპზე მცენარის ნაწილებიდან მიღებული კალუსები გადაიტანება სხვა საკვებ არეზე, სადაც ხდება მცენარის რეგენერაცია. ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება ტრანსგენური ერთლებნიანი მარცვლოვნების მისაღებად, თუმცა, ბოლო დროს შექმნილმა ვექტორებმა უკვე შესაძლებელი გახადა ამ მეთოდით ორლებნიანი მცენარეების მიღებაც.

პირველი ვექტორულ სისტემა, რომელიც გენურ ინჟინერიაში მცენარეების გენომში უცხო გენის ჩართვის მიზნით გამოიყენეს, იყო *Agrobacterium tumefaciens*-ის Ti პლაზმიდის საფუძველზე ხელოვნურად შექმნილი Ti ვექტორი. ეს უკანასკნელი ბინარული ვექტორის სახელწოდებით არის ცნობილი. თავის მხრივ, *Agrobacterium tumefaciens* Ti პლაზმიდა ფლობს იმ ბუნებრივ მექანიზმს, რითაც ხორციელდება თავისი T რეგიონის (ბაქტერიის პლაზმიდის დნმ-ის უბანი) ჩართვა ინფორმირებული უჯრედის გენომში. T უბანს ორივე (მარჯვენა და მარცხენა) ბოლოზე გააჩნია 25 ნუკლეოტიდისაგან შედგენილი უბნები, რომელთა არსებობა აუცილებელია იმისათვის, რომ მცენარის გენომში მოხდეს მათ შორის არსებული უცხო გენის, ან დნმ-ის ფრაგმენტის ჩართვა. T უბანში სელექციური მარკერული გენის (რომელიც განაპირობებს მცენარის მდგრადობას გარკვეული ანტიბიოტიკების მიმართ) არსებობა საფუძველად უდევს კლონირებული გენის ან გენების შემცველი მცენარე-ტრანსფორმანტების იდენტიფიკაციას სკრინინგით. იხ. გვ. 176 სურ.13.5

დღეს ეს ხერხი ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ტრანსფორმანტი მცენარის სერიულ შერჩევაში, თუმცა, ტრანსფორმანტი მცენარის მიღების ზემოთ მოყვანილი მეთოდი ერთლებნიანი მარცვლოვნებისთვის, კერძოდ- სიმინდის, ხორბლის, ბრინჯის მისაღებად გამოუსადეგარი აღმოჩნდა. ასეთი ტიპის მცენარეებისთვის უფრო ეფექტურია გენური ზარბაზნის გამოყენება (საჭირო გენების შემცველი მიკრონაწილაკებით ბომბარდირება), რომლითაც მცენარეულ უჯრედში, გენომის არეში „ისვრიან“ გენებს. ამ საკმაოდ ძვირად ღირებული ხერხის მეშვეობით რიც მცენარეში (მარცვლოვნების ჩათვლით) შესაძლებელი გახდა გენების გადატანით ახალი თვისებების დანერგვა.

ცხრილში წარმოდგენილია ერთი გენით გამდიდრებული მცენარეები, რომლებმაც წარმატებით გაიარეს გამოცდა საველე პირობებში.

ცხრილი 13.1.

ერთი გენით გამდიდრებულ მცენარეთა სამრეწველო ჯიშები

მარცვლული	პარკოსნები და ზეთოვანი მცენარეები	ბოსტნეული და კენკრა	ყვავილები	მრავალწლიანი მცენარეები	სხვები
სიმინდი	სოია	პომიდორი	ვარდი	ვამლი	ბამბა
ხორბალი	მზესუმზირა	კარტოფილი	ქრიზანთემა	კაკალი	სელი
ბრინჯი	რასი	ყვავილოვანი კომბოსტო	გერანი	ნაძვი	იონჯა
ქერი		სტაფილო	მიხაკი	ალვის ხე	თამბაქო
		კიტრი	ორქიდეა	პალმა	
		შაქრის ქარხალი			
		მარწყვი			
		ნიახური			

ახალი მცენარეების გამოყვანის მასშტაბების შეფასებისთვის უპირაწი იქნებოდა იმის აღნიშვნა, რომ, ზოგიერთი მონაცემის თანახმად, საველე პირობებში უკვე გამოცდილ იქნა 50.000-ზე მეტი მცენარე ფიტოპათოგენური სოკოების, ვირუსების, მწერების, ჰერბიციდების, რიგი ექსტრემალური ფაქტორების მიმართ რეზისტენტულობაზე.

მასშტაბურ კვლევებს, საველე ცდების ჩათვლით, ატარებენ მულტიეროვნული კომპანიები, ისეთები, როგორიცაა: „Monsanto“, „Kalgene“, „DeKalb“, „Asgro“, „Pioneer“, „Du pont“, „Nowartis“ და სხვ. საინტერესოა იმის აღნიშვნა, რომ აშშ-ში უკვე 1988 წელს ნებადართული იყო გენური ინჟინერიით გამოყვანილი 4000-ზე მეტი მცენარის კულტივირება საველე პირობებში.

გენმოდირეფირებული მცენარეების გამოყენების მასშტაბებზე ქვემოთ მოყვანილი მონაცემები მიუთითებს.

ამერიკელმა და არგენტინელმა (სოიისა და სიმინდის წარმოებაში ორი წამყვანი ქვეყანა) ფერმერებმა პირველებმა გამოიყენეს ახალი ტექნოლოგია. ტრანსგენური სოიის წარმოება 1995 წ. დაიწყო აშშ-ში და 1997 წელს უკვე აშშ-ში ამ კულტურის საერთო ფართობის 12% ეკავა (არგენტინაში – 22%). 1999 წელს სოიის საერთო ფართობის 80% არგენტინაში და 51% აშშ-ში, უკვე ჰერბიციდებისადმი გამძლე ტრანსგენურ სოიას დაეთმო.

1998 წელს კომერციული ტრანსგენური კულტურების შესახებ მიმოხილვაში აგრობიოტექნოლოგიური პროდუქტების მოხმარების საერთაშორისო სამსახურმა (ISAAA) აღიარა ტრანსგენური კულტურების ფართოდ დანერგვის ფაქტი. მართლაც, 1996-1998 წლების პერიოდში რვა ქვეყანაში: აშშ-ში, კანადაში, საფრანგეთში, ესპანეთში, არგენტინაში, მექსიკაში, ავსტრალიასა და სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკაში ტრანსგენური კულტურებით დაკავებული ფართობი 15-ჯერ გაიზარდა.

2004 წელს მავნებლებისა და ჰერბიციდებისადმი გამძლე გენმოდირეფირებული სიმინდის ნათესების ფართობი აშშ-ში 45%-მდე გაიზარდა, გენმოდირეფირებული სოიის ნათესების ფართობი კი – 85%-მდე (2001 წ. – 60%). 14 ძირითადი შტატისთვის, რომლებიც სოიას აწარმოებენ, ეს ციფრი მერყეობს 75%-დან (მიჩიგანი), 95%-მდე (სამხრეთ დაკოტა). 2004 წელს გენმოდირეფირებული ბამბის ნათესების ფართობი 76%-მდე გაიზარდა: 58%-დან (ტეხასი), 97%-მდე (მისისიპი).

აშშ სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სასოფლო-სამეურნეო სტატისტიკის ეროვნულმა სამსახურმა (*National Agricultural Statistics Service*) დააფიქსირა, რომ 2004 წელს გენმოდირეფირებული კულტურების ნათესების ფართობი საგრძნობლად გაიზარდა: ტრანსგენური ჰერბიციდგამძლე სოიას წილი 85%-მდე, ბამბის – 76%-მდე, ხოლო მარცვლეულისა – 45%-მდე. მაგრამ, ჯაშში ხორბლის ნათესების ფართობი თითქმის 3%-მდე შემცირდა. ეს იმით არის გამოწვეული, რომ მომხმარებელთა მრავალრიცხოვანი პროტესტის გამო, კომპანია „მონსანტომ“, ხორბლის პირველი ტრანსგენური ჯიშის ბაზარზე გატანის გეგმის გაყინვის შესახებ გამოაცხადა. სპეციალისტების შეფასებით, ყველა გენმოდირეფირებული მარცვლეულის საერთო ნათესებმა აშშ-ში 2004 წელს 32,4 მილიონი ჰა შეადგინა, სოიის ნათესებმა – 29,9 მილიონი ჰა, ხოლო ბამბისამ – 5,56 მილიონი ჰა.

2005 წელს, სოფლის მეურნეობის სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მონაცემებით, აშშ-ში სიმინდის ნათესების 52%-ს და სოიის ნათესების 87%-ს ტრანსგენური მცენარეები შეადგენდა.

კომერციული თვალსაზრისით, უკანასკნელი 10 წლის მანძილზე დიდი ყურადღება ეთმობა არომატული ნივთიერებების შემცველი **დეკორატიული ყვავილებისა და მცენარეების გენურ ინჟინერიას**. მიღებულია ახალი სამრეწველო ჯიშები. ამ მიმართულებით ინტენსიური კვლევები მიმდინარეობს. მაგ., ჰოლანდიაში მხოლოდ გენმოდირებული ტიტების ყოველწლიური ბაზარი 20 მილიარდ აშშ დოლარს აღემატება და ამ პროცესს ზრდის ტენდენცია ახასიათებს. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს მცენარეები, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ცხიმების მაღალი შემცველობა (მზესუმზირა, სოია, რაფსი და სხვა).

დიდ ინტერესს იწვევს ის მცენარეები, რომელთა დამუშავების შედეგადაც ღებულობენ ბიოდეგრადირებად დეტერგენტებს, კოსმეტიკურ საშუალებებს და რომლებიც საპოხ ზეთებად გამოიყენება. ამ მიმართულებით კომპლექსური კვლევები ტარდება. აღსანიშნავია, რომ ხშირად მცენარეთა გენური მოდიფიკაცია მხოლოდ ერთი მეტაბოლიტის ბიოსინთეზის დონის ამაღლების მიზნით ხორციელდება.

უმალეს მცენარეებში გენური ინჟინერიის მეთოდების გამოყენების მთავარი ამოცანები შეიძლება ასე ჩამოყალიბდეს:

ახალი ჯიშების გამოყვანისას სახეობებს შორის არსებული სქესობრივი ბარიერის დაძლევა;

დაპროგრამებული თვისებების მქონე მცენარეების მიღება;

უკანასკნელი ათწლეულის განმავლობაში სავსე პირობებში მიღებული გენმოდირებული მცენარეების გამოყენების შედეგები ადასტურებენ ამ მცენარეების მოსავლიანობის ზრდას.

მცენარეთა ბიოტექნოლოგიის ინტენსიური განვითარების კიდეც ერთი მიზანია აწარმოოს ადამიანისთვის ფუნქციურად მნიშვნელოვანი ანტისხეულების ფრაგმენტების სინთეზი. მცენარეების გამოყენება ანტისხეულების მისაღებად თავიდან აგვაცილებს ამ მიზნით გამოყენებული ცხოველების მასიურ განადგურებას.

ტყე. მრავალწლიანი მცენარეების-ტყის პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები სოფლის მეურნეობის პრობლემებისგან რამდენადმე შორს დგას. ქერქისგან დამზადებული სამკურნალო პროდუქტები უხსოვარი დროიდან მოიხმარება და მათ დღესაც ზრდის ტენდენცია ახასიათებს. ხის მასალაზე დიდმა მოთხოვნამ ტყის მასივების ინტენსიური შემცირება გამოიწვია, განსაკუთრებით ისეთ მჭიდროდ დასახლებულ რეგიონებში, როგორიცაა: ჩინეთი, ინდოეთი, იაპონია, ევროპის ქვეყნები და სხვა.

საერთო ჯამში უნდა აღინიშნოს, რომ ტყის პრობლემა მთელს მსოფლიოში მწვავედ დგას. გამოწვევის მსოლოდ ზოგიერთი ქვეყანა წარმოადგენს, ასეთებია: კანადა, რუსეთი, ფინეთი, შვედეთი, ნორვეგია.

ტყის ძალიან დიდი მნიშვნელობიდან გამომდინარე, ახლად დარგულ ტყის მასივებს მზრუნველად უნდა მოვეყდოთ. ეკონომიკური თვალსაზრისის გარდა, განახლებულ ტყის მასივებს აუცილებლად უნდა ჰქონდეთ ეკოლოგიური ზონების შექმნის დატვირთვა. ამგვარი ზონების შექმნა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ რეგიონებში, სადაც ქიმიური, მეტალურგიული ან რაიმე სხვა, ეკოლოგიურად მაგნე წარმოებაა. ამ პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთ მაგისტრალურ გზად გენმოდირეცირებული სწრაფმზარდი მრავალწლიანი მცენარეების გამრავლებაა მიჩნეული.

როგორც არაერთგზისაა დამტკიცებული, ერთწლიანი და მრავალწლიანი მცენარეები ნებისმიერი რეგიონისათვის მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ფილტრია. ტყის მასივების შემცირება გარემოს ლოკალურ დანაგვიანებასა და ეკოლოგიური პოტენციალის შემცირებას იწვევს. ყოველივე ეს ისეთ ეკოლოგიურ ცვლილებებთან არის დაკავშირებული, როგორიცაა: ნიადაგის ეროზია, მეწყერები, გახშირებული „მყავური წვიმები“, სასმელი წყლის რესურსებისა და ტყის მასივებისათვის დამახასიათებელი უხვი წვიმების შემცირება, ორგანული და არაორგანული ტოქსიკური ნაერთების კონცენტრაციის ზრდა ბიოსფეროს შემადგენელ ნიშებში.

ტყეს გამორჩეული სპეციფიკა აქვს, რომელიც აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული ჩასატარებელ ეკოლოგიურ ღონისძიებებში. მხედველობაში უნდა გვქონდეს, რომ ტყის განახლება ნელი, თანმიმდევრული პროცესია და ამ მიმართულებით განხორციელებული სამუშაოების შედეგებს 15-20 წელიწადი უნდა ველოდოთ, რადგანაც ხეების უმრავლესობის სასიცოცხლო ციკლი 30-50 წელს შეადგენს. მიუხედავად ტყის მასივების სისტემატური შემცირებისა, ის მაინც რჩება მთავარ მასშტაბურ ეკოლოგიურ ბერკეტად. ბიოტექნოლოგია ტყის თვისებრივი გაუმჯობესების, მრავალწლიანი მცენარეების სრულყოფისა და ტყის ახალი მასივების რაციონალური გაშენების ერთ-ერთ მთავარ ინსტრუმენტად ითვლება. უჯრედული კულტურების ტექნოლოგია, როგორც მიკროკლონური გამრავლების მასიური მეთოდი, სომატური ემბრიოგენეზი, სომატოკლონური და გამეტოკლონური ვარიანტების გამოყენება გენური ინჟინერიის მეთოდებთან ერთად, ის ბიოტექნოლოგიური იარაღია, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელი ხდება ტყის მოვლა, დაცვა და განახლება. იმის გამო, რომ მრავალწლიანი მცენარეების გამრავლებას ხანგრძლივი დრო სჭირდება, გენური ინჟინერიით ტყის მოდერნიზაციაც შედარებით ხანგრძლივი პროცესია. მაგრამ მიუხედავად ამისა, პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ 15-20 წლის განმავლობაში შესაძლებელია მიზანდასახულად, ძირფესვიანად შეიცვალოს მრავალწლიანი მცენარეების ჯიშები და ეს პლანეტის ეკოლოგიურ ბალანსზე საკვებით დადებითად იმოქმედებს.

13.2.2. ტრანსგენური მცენარეები ფიტორემედიაციისთვის.

დაახლოებით ორი ათწლეულის მანძილზე ფართოდ განიხილება არაორგანული ნაერთებიდან ნიადაგის, გრუნტის წყლებისა და წყალსაცავების გაწმენდისთვის მცენარეთა გამოყენების შესაძლებლობა. შეიძლება ითქვას, რომ მძიმე ლითონების ფიტოექსტრაქცია *in situ* პირობებში ყველაზე იაფი ჯდება. ეკობიოტექნოლოგია, რომელიც ნიადაგის სტრუქტურას არ ეხება, სულ უფრო მეტად იქცევა მეცნიერების, პრაქტიკოსი აგრონომებისა და ეკოლოგების ყურადღებას.

ფიტორემედიაციის პროცესების ეფექტურობა მნიშვნელოვნად არის განპირობებული თავად მცენარის უნარით, უჯრედულ სტრუქტურებში დააგროვოს არაორგანული ტოქსიკანტები და განახორციელოს ორგანული ქსენობიოტიკების ღრმა (უფრო ხშირად, ქანგვითი) დეგრადაცია. ზემოთ ჩამოთვლილი და, შესაძლოა, ზოგიერთი სხვა თვისებაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს მცენარეების მიერ ორგანული ტოქსიკანტების ათვისებასა და ღრმა დეგრადაციას.

ამ მიმართულებით საკმაო პროგრესია მიღწეული – გენების კლონირებით შექმნილია რიგი ტრანსფორმანტი მცენარე, რომელთაც აქვთ უჯრედშიდა სტრუქტურებში (უპირატესად, ვაკუოლებში) და უჯრედშორის სივრცეში ტოქსიკანტებთან ენდოგენური ნაერთების კონიუგატების აკუმულირების მომატებული უნარი.

გენური ინჟინერიით მცენარეთა ფიტორემედიაციული თვისებების გაუმჯობესებისაკენ მიმართულ კვლევებს განსაკუთრებით ინტენსიური ყურადღება უკანასკნელი 10 წლის მანძილზე მიექცა. ექსპერიმენტულად მიღებული მცენარეების გამოცდა ძირითადად სასათბურე პირობებში, მცირე, კონტროლირებად ნაკვეთებზე ხორციელდებოდა. პირველი ფართომასშტაბიანი სავსე კვლევები 2000 წლის დასაწყისში აშშ-ში ჩატარდა. მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანა სადღეისოდ ეკოლოგიური მიზნებისათვის გამოსადეგი 100-მდე რეკომბინატი მცენარეა შექმნილი. ფიტორემედიაციისთვის პერსპექტიულ მცენარეთა დიდ მრავალფეროვნებას შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას ალვის ხე (*Populus*) იმსახურებს მძლავრი ფესვთა სისტემის გამო, რომელსაც შთანთქმის დიდი უნარი გააჩნია. ამ მცენარის მრავალრიცხოვანი გენურ-ინჟინრული მოდიფიკაცია და რამდენიმე ათეული გენურ-ინჟინრული ტრანსფორმანტი მცენარის არსებობა, ამგვარი კვლევების პერსპექტიულობაში გვარწმუნებს.

როგორი უნდა იყოს ეკოლოგიური თვალსაზრისით იდეალური მცენარე და რა თვისებების მისანიჭებლად უნდა გამოვიყენოთ გენური ინჟინერია? მცენარეს დიდი, კარგად განვითარებული ფესვთა სისტემა და ძლიერი ტრანსპირაციული ნაკადი უნდა ახასიათებდეს; ინტენსიურად წარმოქმნიდეს ბიომასას; იყოს ტოლერანტული

ტოქსიკური ნაერთების მიმართ; კარგად იზრდებოდეს მლაშე ნიადაგებზე და ა.შ. ამას გარდა, ასეთი მცენარე უცხო ნაერთებთან აუცილებლად უნდა წარმოქმნიდეს კონიუგატებს და გააჩნდეს უჯრედულ სტრუქტურებსა და აპოპლასტებში მათი დაგროვების შესაბამისი პოტენციალი (ტევადობა), აუცილებლად უნდა ხასიათდებოდეს რემედიაციულ პროცესებში მონაწილე ფერმენტების ანაკრებით. აი, ის ძირითადი მოთხოვნები, რომლებსაც დღეს მეცნიერება და პრაქტიკა ფიტორემედიაციისთვის საჭირო მცენარეებს უყენებს (<http://www.docstoc.com/docs/90534269/Plants-used-in-Phytoremediation>).

შედარებით მწირია ინფორმაცია, რომელიც ეხება მძიმე ლითონების მიმართ მცენარეთა ტოლერანტობის მოლეკულური მექანიზმების შესწავლას, ან მონაცემებს ტოქსიკანტების უჯრედშიდა დაგროვებაზე პასუხისმგებელი გენების შესახებ. ყოველივე ეს გაზრდილი დეტოქსიკაციური აქტივობის მიხედვით მცენარეთა გენეტიკური მოდიფიკაციის სტრატეგიის შექმნას გარკვეულად ართულებს. აღწერილია ტრანსგენური მცენარეების მიღების შემთხვევები, რომელთათვისაც დამახასიათებელია კადმიუმისა და ტყვიისადმი გაზრდილი ტოლერანტობა (კონცენტრაცია არეში 70-75 მილიმოლი), რაც მათ სუპერაკუმულაციურ უნარზე მეტყველებს. ლიტერატურაში აღწერილია მონაცემები, რომლებიც ტრანსგენურ მცენარეებში სპილენძის შემცველობის გაორმაგებაზე მიუთითებენ.

გამომდინარე ჩვენი პლანეტის ჯერ კიდევ ფართოდ გავრცელებული მცენარეული საფარისგან, მცენარის დეტოქსიკაციური უნარი აქტიურად უნდა იქნეს გამოყენებული, როგორც კოლოსალური ეკოლოგიური პოტენციალის მქონე უმნიშვნელოვანესი ბიოლოგიური ინსტრუმენტი.

მცენარეები იძლევიან მოსავალს, საკვებს ადამიანისათვის, საქონლისა და ფრინველებისთვის, ისინი გამოიყენება სითბოს წყაროდ, საშენ მასალად შენობებისა და ავეჯისათვის. ყოველივე ზემოთქმულის გარდა, მცენარეები ნიადაგიდან, ჰაერიდან და წყალსატევებიდან ანთროპოგენური ტოქსიკანტების შეთვისებისა და მეტაბოლური დეგრადაციის გზით ჩვენს პლანეტაზე ეკოლოგიური ბალანსის შენარჩუნებაში მონაწილეობენ, რასაც ისინი უნივერსალური დეტოქსიკანტების რანგში აჰყავს.

ანთროპოგენური ტოქსიკური ნაერთები მცენარეთა უჯრედებში ჰაერიდან, ნიადაგიდან და წყლიდან აღწევენ. მცენარეები ამ ნაერთებს ძირითადად ფესვებითა და ფოთლებით შთანთქავენ. ტოქსიკანტები ფოთოლში ხვდება როგორც მცენარეთა დამცავი საშუალებების-ჰერბიციდების, ინსექტიციდების და სხვ. შესხურების გზით, ასევე ჰაერიდან აირადი ტოქსიკანტების შთანთქმით. ფესვებში უცხო ნაერთები წყალთან და ნიადაგის საკვებ კომპონენტებთან ერთად ხვდება. ფესვები, როგორც წესი, ქიმიურ ნაერთებს ნაკლები შერჩევითობით შთანთქავენ,

ვიდრე ფოთლები. მცენარის ფოთლებითა და ფესვებით ტოქსიკური ნაერთების შთანთქმის პროცესები ფიზიოლოგიურად არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან.

თითოეული მცენარეული უჯრედი დამოუკიდებელი ფუნქციური ერთეულია. ორგანიზმში მიმდინარე პროცესები ყველა უჯრედის კოორდინაციული ერთობლიობით იქმნება.

არის თუ არა თითოეული მცენარეული უჯრედი ქარხნის (იგულისხმება მთელი ორგანიზმი) ის პატარა „საამქრო“, რომელსაც უნარი შესწევს პერმანენტულად აწარმოოს გარემოს ანთროპოგენური ტოქსიკური გამაჰუჰყიანებლების უტილიზაცია და მათი გადამუშავება სტანდარტულ უჯრედულ მეტაბოლიტებად ან არატოქსიკურ კონიუგატებად?

თანამედროვე ელექტრონული მიკროსკოპები, ქსოვილებისა და ანათლების ფიქსაციის მეთოდები საშუალებას იძლევა უჯრედი შესწავლილ იქნეს სუბუჯრედული ორგანიზაციის დონეზე და განისაზღვროს ტოქსიკური გამაჰუჰყიანებლების ნეგატიური გავლენა მცენარეული უჯრედის არქიტექტონიკაზე.

ორგანული ტოქსიკანტების (ნახშირწყალბადების, ფენოლების, არომატული ამინებისა და სხვა) მოქმედების შედეგად მცენარეულ უჯრედში მორფოლოგიურ ცვლილებათა კომპლექსი წარმოიქმნება. ტოქსიკანტების ზემოქმედებით უჯრედული ორგანელების დაზიანება, რაც მათ ფუნქციურ გადახრებს იწვევს, ხელს უწყობს სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი პროცესების დაქვეითებასა და პათოლოგიური პროცესების განვითარებას, რაც ხშირად უჯრედის დაღუპვის მიზეზი ხდება.

ტოქსიკანტები, აღწევენ რა უჯრედში მისთვის მგრძნობიარე კონცენტრაციით, უარყოფითად მოქმედებენ მრავალ უჯრედულ პროცესზე. დადგენილია, რომ ქსენობიოტიკების მოქმედებისადმი უჯრედულ პროცესთაგან ყველაზე მგრძნობიარე ფოტოსინთეზია. ამას გარდა, ადგილი აქვს ტრიკარბონმჟავების ციკლისა და ჟანგვითი ფოსფორირების პროცესებში მონაწილე ფერმენტების ინჰიბირებას; ითრგუნება ატფ-ის და ენერგეტიკულად მნიშვნელოვანი სხვა ნუკლეოტიდების - ადფ-ის, ამფ-ის, გტფ-ის ბიოსინთეზი.

მცენარეული უჯრედის კვლევის თანამედროვე მეთოდები უჯრედის ულტრასტრუქტურაზე ტოქსიკანტების პათოლოგიური ზემოქმედების ბუნების შესწავლის შესაძლებლობას იძლევა. უჯრედის ულტრასტრუქტურული ორგანიზაციის შეფასება საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მცენარეთა თითოეული სახეობისთვის ცალკეული ტოქსიკანტის მაქსიმალურად დასაშვები დოზები და ამით შეფასდეს მათი დეტოქსიკაციური პოტენციალი. დადგენილია, რომ უჯრედის ორგანელების დესტრუქცია დამოკიდებულია ტოქსიკური

ნაერთების ქიმიურ სტრუქტურაზე, კონცენტრაციასა და მოქმედების ხანგრძლივობაზე, ტოქსიკანტების მიმართ უჯრედის მგრძნობელობასა და მის ადაპტაციურ უნარზე.

მცენარეები არსებითად განსხვავდებიან ორგანული ტოქსიკანტების ასიმილირების უნარით. ციტოპლაზმაში შეღწევის შემთხვევაში სტრუქტურის მიხედვით ტოქსიკანტები სხვადასხვა ინტენსივობით ნაწილდებიან სუბუჯრედულ ორგანოლებში. პირველი 30 წუთის განმავლობაში ტოქსიკური ნაერთები აღწევენ მცენარეულ ციტოპლაზმას და გროვდებიან მხოლოდ გარკვეულ სუბუჯრედულ ორგანოებში. ამ პროცესის პარალელურად ხდება ფერმენტების ინდუქცია, რომლებიც მონაწილეობენ ტოქსიკანტების თანმიმდევრულ, უპირატესად, ჟანგვით გარდაქმნებში.

ყველა ცნობილი ტოქსიკური ნაერთი სხვადასხვა ხარისხით ცვლის მცენარეული უჯრედის აღნაგობას. მიუხედავად იმისა, რომ დაბალ, ე.წ. მეტაბოლურ კონცენტრაციებზე ტოქსიკანტები არ ცვლიან უჯრედის ციტოლოგიას, ამ შემთხვევაშიც კი უჯრედის ულტრასტრუქტურაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ნორმისგან ზოგიერთ შეუქცევად გადახრას (მაგ., პერიპლაზმური სივრცის გაფართოებას, პლაზმოდესმების რაოდენობის შემცირებას, ან მათ სრულ გაქრობას, ენდოპლაზმური ბადის მოცულობის გაზრდას და ა.შ.). განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს პროცესებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ტოქსიკური ნაერთების გაუვნებლობასა და უჯრედიდან მათ გამოდევნას. ამ პროცესებიდან, უპირველეს ყოვლისა, უნდა გამოვყოთ უჯრედში შეღწეული ქსენობიოტიკების ვაკუოლებში დეპონირება. ამ პროცესს მცენარეების ორგანულ ტოქსიკანტებთან კონტაქტის შემთხვევაში ყოველთვის აქვს ადგილი და კარგად შეიმჩნევა რადიოაქტიური ნაერთების (ნიშანდებული ტოქსიკანტების) გამოყენებით ჩატარებულ კვლევებში. ტოქსიკანტების ვაკუოლებში შენახვა უჯრედს ტოქსიკური ეფექტის შემცირების საშუალებას აძლევს, რადგან ტოქსიკანტების აკუმულირება ხდება შედარებით უსაფრთხო და ციტოპლაზმური პროცესებისგან მოშორებულ ადგილას.

ვაკუოლებში ძირითადად ნაწილობრივ გარდაქმნილი ტოქსიკანტები გროვდება. ხშირად ისინი ქსენობიოტიკების ან მათი გარდაქმნის შუალედური პროდუქტების კონიუგატებია ენდოგენურ ნაერთებთან (ცილები, პეპტიდები, ამინომჟავები, დაბალმოლეკულური შაქრები და სხვა). მაგ., ქერის (*Hordeum vulgare*) აღმონაცენების ფესვებში ნიშანდებული 2,4-D-ს შეღწევის შედეგად, ვაკუოლებში გროვდება კონიუგატები, რომელთა 80% ჰერბიციდის კონიუგატებია გლიკოზიდებთან.

ხშირად მცენარეულ უჯრედებში ტოქსიკური ნაერთების ზემოქმედებით რიზოსომების რაოდენობა იზრდება, რაც ცილების ბიოსინთეზის პროცესის გაძლიერებაზე მიუთითებს.

13.2.3. ტრანსგენური მცენარეები და ეკოლოგია

მრავალ ქვეყანაში და მათ შორის საქართველოშიც არსებობს უარყოფითი დამოკიდებულება ტრანსგენური მცენარეების მიმართ.

გენეტიკურად მოდიფიცირებული ორგანიზმების მისაღებად, ე.ი რაიმე გენის შესაყვანად და მისი ექსპრესიის მისაღწევად მზადდება სხვადასხვა კონსტრუქტი ვექტორული სისტემების გამოყენებით. ხშირ შემთხვევებში ეს ვექტორული სისტემები ჩასმული გენის რეგულატორულ ელემენტებთან ერთად შეიცავენ სელექციურ მარკერულ გენებს, რომელთა ფენოტიპურ გამოვლენას წარმოადგენს მცენარის მდგრადობა ისეთი ანტიბიოტიკების მიმართ, როგორიცაა: კანამიცინი, ამპიცილინი, ჰიგრომიცინი და სხვა. აქედან გამომდინარე, ჩნდება ასეთი კითხვები:

1. ხომ არ არის ამ სელექციური მარკერული გენების პროდუქტები ტოქსიკური ადამიანის ჯანმრთელობისთვის?
2. არსებობს თუ არა საშიშროება იმისა, რომ ეს გენი მოხვდეს ნიადაგის პათოგენურ მიკროორგანიზმებში და წარმოქმნას ახალი, ანტიბიოტიკებისადმი მდგრადი პათოგენური შტამები?
3. ხომ არ გამოიწვევს ენდემური ჯიშების განადგურებას უკვე არსებულ ეკოლოგიურ სისტემებში გენეტიკურად მოდიფიცირებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების საველე პირობებში გადატანა?

მოლეკულური ბიოლოგიის განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ამ პრობლემის გადაჭრა. შემუშავებულია მთელი რიგი მეთოდები, რომლებიც საშუალებას იძლევა კომერციული დანიშნულების და საკვებად გამოყენებულ ტრანსგენურ მცენარეებში მოცილებული იქნეს სელექციური მარკერული გენები.

ბიოპესტიციდები. მოსავლის დაცვა მემცენარეობის უმნიშვნელოვანესი პრობლემაა. მავნებლებთან ბრძოლის 50 წელზე მეტი ხნის განმავლობაში დაგროვილი გამოცდილება შხამქიმიკატების ფართო სპექტრის შექმნაში აისახა. მრავალრიცხოვანი ქიმიური ნაერთები, რომლებიც სხვადასხვა სახის მავნებლების მოსასპობად გამოიყენება, გაერთიანებულია საერთო სახელით-პესტიციდები. პესტიციდებს მიეკუთვნება: ჰერბიციდები, რომლებიც ანადგურებენ სარეველას; ინსექტიციდები, რომლებიც სპობენ მავნებელ მწერებს; ფუნგიციდები, რომლებიც თრგუნავენ ფიტოპათოგენური სოკოების ზრდას.

არსებობს „ზოგადი“ მოქმედების ჰერბიციდები, რომლებიც ყველა სახის მცენარეს სპობენ, და შერჩევითი მოქმედების ჰერბიციდები, რომლებიც მხოლოდ ერთი სახის მცენარეებს აზიანებენ. სარეველებისგან კულტურული მცენარეების დასაცავად შერჩევითი მოქმედების ჰერბიციდები გამოიყენება. ამ დაყოფას პირობითი ხასიათი აქვს. ორგანიზმზე ჰერბიციდის მოქმედება მის კონცენტრაციაზეა

დამოკიდებული. მაგ., მონურონი 1 ჰექტარზე 1,2-1,6 კგ დოზით ანადგურებს ერთწლიან სარეველებს ბამბის ნათესებში, დიდი დოზებით კი - ყველა სახის მცენარეულობას. ამას გარდა, პესტიციდების ფართო სპექტრის გამოყენება მავნებლების დიდი რაოდენობით გაჩენის საშიშროებას ქმნის. ეს იმით არის განპირობებული, რომ პრეპარატი არა მხოლოდ მავნებლებს, არამედ იმ მტაცებლებსაც ხოცავს, რომლებიც მავნებლებს ანადგურებენ.

მიუხედავად იმისა, რომ პესტიციდების გამოყენება საგრძნობლად ზრდის პრაქტიკულად ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოსავლიანობას, კარგა ხანია ამ ნაერთების სისტემატურად მოხმარების მიმართ ოპოზიციური დამოკიდებულება გამოვლინდა. ეს იმით აიხსნება, რომ პესტიციდების ნარჩენებს, რიგ შემთხვევებში, მცენარეულ უჯრედში მათი ქანგვითი დეგრადაციის შუალედურ (არასრულად დეგრადირებულ) პროდუქტებს, შეუძლიათ საფრთხე შეუქმნან ადამიანის ჯანმრთელობას. ქიმიკატები და მათი გარდაქმნის შუალედური პროდუქტები ხშირად კანცეროგენური თვისებებით ხასიათდება. საკვებ კულტურულ მცენარეებში, რომლებსაც არა აქვთ საკმარისი უნარი პესტიციდები მეტაბოლურად გარდაქმნან უვნებელ უჯრედულ ნაერთებად (ე.ი. მოახდინონ მათი სრული დეტოქსიკაცია), ეს ქიმიკატები და მათი არასრული გარდაქმნის პროდუქტები გროვდება ყველა ორგანოში, ნაყოფის ჩათვლით. შემდგომ ეს ნივთიერებები საკვები ჯაჭვის გავლით ხვდება ადამიანის ორგანიზმში. ამის შედეგად, სწორედ ამ დროიდან (XX საუკუნის მეორე ნახევარი) მთელს მსოფლიოში კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის სიმსივნით დაავადების ინტენსიური ზრდა აღინიშნება, რაც განპირობებული უნდა იყოს ადამიანის ორგანიზმში ჭარბი რაოდენობით ქიმიკატების მოხვედრით. ამან აიძულა მსხვილი კომპანიები დაეწყოთ სინთეზური ქიმიკატების ალტერნატიული ბუნებრივი ბიოდეგრადირებადი ნაერთების - **ბიოპესტიციდების** ინტენსიური ძიება. სხვადასხვა მიკროორგანიზმიდან (ძირითადად, სოკოებიდან) და ვირუსიდან გამოყოფილი და სეკვენირებულია ტოქსიკური ცილების გენები. ეს გენები კლონირებულია ზოგიერთ მიკროორგანიზმში ბიოტოქსინების მასიური წარმოების მიზნით, რაც მცენარეს რიგი დაავადებების მიმართ იმუნიტეტს ანიჭებს. ამგვარად, ფერმერი აღმოჩნდა არჩევანის წინაშე: გამოიყენოს მცენარე, რომელსაც დაავადების წინაშე იმუნიტეტი გააჩნია, თუ დაამუშაოს ის ბუნებრივი ტოქსიკური ნაერთებით. დღეისათვის აშშ-ის, ევროპის, კორეისა და იაპონიის რიგი კომპანიები აწარმოებენ *Bacillus thuringiensis* ტოქსინებს. სპეციალისტები ვარაუდობენ, რომ, მიკროორგანიზმების უჩვეულოდ ფართო სპექტრიდან გამომდინარე, მიკრობული წარმოშობის ბიოპესტიციდები, როგორც მცენარის დაცვის საშუალებანი, მალე სოფლის მეურნეობაში ძირითად როლს შეასრულებენ.

უკანასკნელი ათწლეულის მანძილზე ინტენსიურად ვითარდება **ბიოპესტიციდების** ძიებისა და გამოყენების არეალი. ისინი სხვადასხვა ნაერთის საკმაოდ ფართო სპექტრს მოიცავენ და, შესაბამისად, მოქმედების მექანიზმებითაც განსხვავდებიან ერთმანეთისგან. მათ რიცხვს მიეკუთვნება ბუნებრივი ნაერთები, რომლებიც მიიღება ცხოველების, მცენარეების, მიკროორგანიზმებისა და სხვა ცოცხალი ორგანიზმიებიდან. ბიოპესტიციდებს, უპირველეს ყოვლისა, მიკრობული ბიოპესტიციდები უნდა მივაკუთვნოთ. ყველაზე ეფექტურნი ისინი მწერების მიმართ გამოდგნენ. ერთ-ერთი ყველაზე კარგად შესწავლილი ბიოპესტიციდი არის *Bacillus thuringiensis* ტოქსინებს. სპეციალისტები ვარაუდობენ, რომ, მიკროორგანიზმების უჩვეულოდ ფართო კულტურიდან მიღებული ე.წ. „ცილის კრისტალი“, რომელიც ანადგურებს კოლორადოს ხოჭოს.

ბიოპესტიციდებს, მოქმედების ფართო სპექტრის გამო სინთეზური გზით მიღებული შხამქიმიკატების წინაშე საგრძნობი უპირატესობა აქვთ. მთავარი უპირატესობა, რომელიც ბიოპესტიციდების ფართო სპექტრის გამოყენებას განაპირობებს, მათი ბიოდეგრადაციის შესაძლებლობაა. როგორც არაერთგზის იყო ნაჩვენები, მცენარეთა და ნიადაგის მიკროორგანიზმების ტაქსონომიური ჯგუფების ფერმენტულ სისტემებს შესწევთ უნარი დაჟანგონ ბიოპესტიციდები ნახშირორჟანგად და წყლად (მინერალიზაცია), ან ადამიანისთვის უსაფრთხო უჯრედულ ნაერთებად.

იმუნიტეტი. მოსავლის შენარჩუნების ერთ-ერთი თანამედროვე მეთოდია მცენარის იმუნიტეტის სტაბილიზაცია. ამ მიზნისთვის სშირად მიმართავენ იმუნოკორექციას.

მცენარის გამძლეობის ინდუცირება ეკოლოგიური სტრესისგან დაცვის ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიული ხერხია. ეს მიდგომა ეფუძნება არა ფიტოპათოგენების დათრგუნვას, როგორც პესტიციდების გამოყენების შემთხვევაში, არამედ მცენარეული უჯრედის ბუნებრივი პოტენციალის გაძლიერებას.

ინსტრუმენტები, რომელთა მეშვეობითაც მცენარეული ქსოვილის იმუნური სისტემის ინდუცირება ხდება, არის ელისიტორები ან, როგორც მათ ადრე უწოდებდნენ, მცენარეთა დაცვის ინდუქტორები. ელისიტორებით დამუშავების შედეგად მცენარეებში ინდუცირდება საერთო, ანუ არასპეციფიკური მდგრადობა. ელისიტორების მოქმედებით მცენარის იმუნიტეტის ფენოტიპური კორექცია ხდება, რის შედეგადაც იცვლება არა მცენარეული ქსოვილის გენომი, არამედ მისი ფუნქციონირების სისტემა, რომელიც დამცავი გენების ექსპრესიასთან არის დაკავშირებული.

ინდუცირებული მდგრადობის თვალსაზრისით განსაკუთრებით პერსპექტიულია ბიოგენური ელისიტორები, რომლებიც წარმოადგენენ პარაზიტებისა და მასპინძელი მცენარეების მეტაბოლიტებს და რომლებიც მონაწილეობენ პათოგენუზის პროცესებში.

ბიოგენური ელისიტორების მეშვეობით ავადმყოფობისადმი მცენარეების გამძლეობის ინდუცირება რიგი უპირატესობებით გამოირჩევა: ეკოლოგიური უსაფრთხოებით, დამცავი ქმედების სისტემურობითა და ხანგრძლივობით, რამდენიმე დამცავი სისტემის მონაწილეობით და სხვ.

ბიოგენური ელისიტორების ტიპური მაგალითია ქიტინი და მისი დეაცეტილირებული წარმოებული – ქიტოზანი – პოლი [β(1-4)-2-ამინო-დეზოქსი-გლუკოპირანოზა].

პათოგენებით ინფიცირებულ ან ელისიტორებით დამუშავებულ მცენარეთა ქსოვილებში წარმოიქმნება პათოგენ-ინდუცირებადი ცილები, რომლებიც პროტეინაზებს აინჰიბირებენ.

პროტეინაზების ინჰიბიტორი მცენარეთა ცილები მრავალრიცხოვან ჯგუფს შეადგენს. მათ აერთიანებთ უნარი, უჯრედულ ცილებთან წარმოქმნან შექცევადი ცილა-ცილის კომპლექსები, რომელთა შედგენილობაში შემავალი ფერმენტები კარგავენ აქტივობას. ვარაუდობენ, რომ პროტეინაზების ინჰიბიტორები პოლიფუნქციურ აქტივობას ფლობენ. ასეთი აქტივობის შედეგად პათოგენებისა და მავნებლების პროტეინაზები ითრგუნება.

მოსავლის შენახვა. ბოლო დრომდე მთავარი ყურადღება თავად მცენარის რეზისტენტულობაზე იყო მიმართული, ხოლო შენახვისას მოსავლის დანაკარგს ნაკლები ყურადღება ექცეოდა. როგორც აღინიშნა, შენახვის პროცესში დანაკარგის რაოდენობა განვითარებად ქვეყნებში კატასტროფულ მარცვენობებს აღწევს (ხშირად მთელი მოსავლის 80%-მდე). ამ მიმართულებით ჩატარებულმა კვლევებმა ცხადყო, რომ გენური ინჟინერიის შესაძლებლობის მანიპულირებით სოფლის მეურნეობის მცენარეთა პროდუქტების (ხილი, ბოსტნეული) შენახვის ვადის მნიშვნელოვანი გაზრდა სავსებით მისაღწევია. სპორების წარმოქმნელი ბაქტერიის *Bacillus thuringiensis* ცალკეული გენების, სხვადასხვა მცენარეში კლონირების შედეგად შთამბეჭდავი შედეგებია მიღებული პროდუქტების შენახვის ვადის გახანგრძლივებაში.

მცენარულ მოსავალს განსაკუთრებულ ზიანს სოკოვანი და ვირუსული დაავადებები აყენებენ. სხვა ორგანიზმებიდან გენების კლონირების გზით მიღწეულია ვირუსული დაავადებების ამტან მცენარეთა რიცხვის ზრდა. უნდა აღინიშნოს, რომ მარცვლოვან კულტურებში (განსაკუთრებით თვალსაჩინოდ ეს ბრინჯის მაგალითზე ჩანს) არსებული პრობლემები პრაქტიკულად გადაჭრილია.

ამჟამად სერიოზულ პრობლემებს ქმნიან ფიტოპათოგენური მიკროორგანიზმები. განსაკუთრებით სწრაფად რბილი პროდუქტები ფუჭდება, რაც მათ ნაადრევ დამწიფებაში, ლპობაში, გემოსა და გარეგნული (სასაქონლო) სახის დაკარგვაში გამოიხატება. ნაყოფის დაზიანება (მექანიკურის გარდა) და დასკდომა ფიტოპათოგენური

მიკროფლორის დამჟანგავი და ჰიდროლიზური ფერმენტების მოქმედებითაა გამოწვეული. ენდოგენური ფერმენტების გარდა, ნაყოფზე არსებით გავლენას ახდენენ ეგზოგენური ფერმენტები, რომლებსაც ნაყოფისა და ბოსტნეულის ზედაპირზე ბინადარი მიკროორგანიზმები წარმოქმნიან. პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია ბიოლოგიური მასალის დამშლელი ფერმენტების-პექტინაზების, ცელულაზების, ქსილანაზების, ამილაზების, პოლიფენოლოქსიდაზების, პეროქსიდაზების და სხვ. აქტივობის ინჰიბირებით. კრიტერიუმად გამოდგება ფერმენტი პოლიგალაქტურონაზა, რომელსაც პომიდვრის რბილობი შეიცავს. ნაყოფის შენახვისას ფერმენტი აჰიდროლიზებს პექტინის ნაშთებს უჯრედულ კედელში დაბალმოლეკულურ შაქრებად, რითაც ნაადრევი დამწიფებისა და ფიტოპათოგენური მიკროფლორის განვითარების წინაპირობებს ქმნის და ამით დასამწიფებელი ნაყოფის ლპობას უწყობს ხელს. ეს პროცესი შეფერილობის გაჩენის მომენტიდან იწყება. მაგ., თუ ნაყოფი მცენარეზე ინტენსიური შეფერილობის შესაძენადაა დატოვებული, მაშინ პოლიგალაქტურონაზას გენის (**antisense genes**) ინჰიბირებით შესაძლებელი ხდება ნაყოფის სიმკვრივის შენარჩუნება მის საბოლოო დამწიფებამდე. ამერიკული ფირმა „**chalgen**“-ის მიერ გამოყვანილია პომიდვრის ჯიში (**The Flavor saor**), რომლის გემოც გაუმჯობესებულია და, ამასთანავე, გახანგრძლივებულია მისი შენახვის ვადა. საინტერესოა, რომ მხოლოდ ამერიკაში ტრანსგენური პომიდვრის წლიურმა ბრუნვამ 3,5 მილიარდ დოლარს გადააჭარბა და ამიტომ მისი ხარისხის გაუმჯობესებაზე გაწეული ხარჯები სავსებით გამართლებული აღმოჩნდა.

13.2.4. ტრანსგენური მცენარეების კომერციალიზაცია

კომერციალიზაციაში იგულისხმება გენური ინჟინერიის მეთოდით, ანუ რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგიით კულტურული მცენარეების ისეთი ახალი ჯიშების მიღება, რომლებიც შეიცავენ: მავნე მწერების, ვირუსების, სოკოების, ბაქტერიების, ჰერბიციდების მიმართ მდგრად გენებს. ასევე, ისეთი მცენარეების მიღებას, რომლებიც მდგრადია გარემოს სტრესული ფაქტორებისადმი, ეს იქნება ზედმეტი ტენიანობა თუ, პირიქით, სიმშრალე, მარილების მაღალი კონცენტრაცია და სხვ.

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების (ხილი, ბოსტნეული) ტრანსპორტირების მთავარ პრობლემას წარმოადგენს ის, რომ არ მოხდეს ტრანსპორტირების პროცესში მათი გადამწიფება და დარბილება. ამ პრობლემის თავიდან ასაცილებლად მიღებულ იქნა ისეთი ტრანსგენური მცენარე, რომელშიც შეყვანილ იქნა ანტისენს რნმ (ინფორმაციული რნმ-ის, ან მისი რომელიმე უბნის კომპლემენტარული უბანი) იმ გენისა, რომელიც იწვევს დამწიფების პროცესში მონაწილე ფერმენტების მაკოდირებელი გენების ექსპრესიის დაქვეითებას, რის შედეგადაც ნელდება ხილის დამწიფება.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია მარილის მაღალი კონცენტრაციისადმი მდგრადობის გაზრდა ისეთი სასოფლო სამეურნეო პროდუქტებისა, როგორიცაა: კარტოფილი, პამიდორი, ბრინჯი. როგორც ცნობილია, ზოგიერთი მცენარის უჯრედებში, რომლებიც შეგუებულია მლაშე ნიადაგში, ან შშრალ პირობებში ცხოვრებას, გამოუმუშავდება დაბალმოლეკულური ნივთიერებები, რომლებიც იცავენ მცენარეებს სიმშრალისაგან, ასევე იცავენ ისინი უჯრედებს დაშლისაგან. მათი ძირითადი ფუნქციაა წყლის შეკავება. ერთ-ერთ ასეთ ნივთიერებას მიეკუთვნება ბეტაინი, რომელიც არ გვხვდება ისეთ კულტურებში, როგორიცაა: ბრინჯი, კარტოფილი, პომიდორი. ეს პრობლემა გადაჭრილ იქნა ამ მცენარეებში ბეტაინის მასინთეზირებელი ფერმენტის მაკოდირებელი გენის შეყვანით.

ბოლო ხანებში საკმაოდ გაიზარდა გენური ინჟინერიის მეთოდებით შეფერილი დეკორატიული მცენარეების მიღება. დაახლოებით 80 % ისეთი მცენარეებისა, როგორიცაა: მიხაკი, ვარდი, ტიტა, ტრანსგენურია. კერძოდ, მათში შეყვანილია ფერმენტ ქალკოსინტაზას ანტისენს და სენს cDNA-ს კონსტრუქცია, რომელიც იწვევს ანთოციანის სინთეზის დაქვეითებას, ან გაზრდას. ანთოციანები ფლავონოიდების კლასის პიგმენტებია, რომლებიც შეფერილობას განსაზღვრავენ.

უკანასკნელ პერიოდში ძალიან პოპულარული გახდა ტრანსგენური მცენარეების (პომიდორი, სალათა და სხვა) ვაქცინებად გამოყენება ისეთი დაავადებების წინააღმდეგ, როგორიცაა: ქოლერა, პელიჯოზაქტერ პილორი, დიფთერია და სხვა. უნდა აღინიშნოს, რომ ანტისეპელების მისაღებად ტრანსგენური მცენარეების გამოყენებას აქვს რიგი უპირატესობანი:

1. კონსტრუქტი, რომელიც შეგვყავს მცენარეში, ტრანსფორმაციის შედეგად უფრო მდგრადია და არ იკარგება, როგორც ეს ხდება მიკროორგანიზმებში;
2. ვინაიდან მცენარე, როგორც ცხოველი, ეუკარიოტია, ამიტომ ცილის პროცესინგის მექანიზმები ანალოგიური იქნება;
3. ეკოლოგიურად ისინი უფრო სუფთაა და არ არის საჭირო ძვირად ღირებული ბიორეაქტორები.

გენური ინჟინერიის მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მცენარის ფიტორემედიაციული თვისებების გაზრდა და ტრანსგენური მცენარის მიღება ეკოლოგიურად გაჭუჭყიანებული გარემოს გასუფთავებისთვის. მიღებულია ტრანსგენური მცენარეები, რომლებიც შეიცავენ მძიმე მეტალების-ხელატორების, ტრანსპორტორების მაკოდირებელ გენებს. არცთუ ისე დიდი ხნის წინ იაპონელების მიერ მიღებულ იქნა ტრანსგენური თამბაქო, რომელიც შეიცავს ნიტრორედუქტაზას გენს, რომელიც ტრინიტროტოლუოლს გარდაქმნის.

13.3. გენმოდირეცირებული ცხოველური ორგანიზმები

გენეტიკურ ინჟინერიად მოიაზრება ცვლილებები ორგანიზმის გენოტიპში. მოლეკულური გენეტიკის მეთოდების ერთობლიობა, რეკომბინანტული დნმ-ისა და კვლავწარმოების უნარის მქონე ორგანიზმების შექმნის შესაძლებლობა ხშირად არადადამახასიათებელი მემკვიდრეობითი ნიშნების მქონე ტრანსგენური ცხოველების მიღების საშუალებას იძლევა. თუ ახალი, მაღალპროდუქტიული ჯიშების გამოყვანისთვის საჭიროა ცხოველების შერჩევა, მრავალგზის შეჯვარება და შემდგომი გულმოდგინე მრავალწლიანი გადარჩევა, გენური ინჟინერიის ტექნოლოგიით ცხოველების ახალი ჯიშების გამოყვანაში გაცილებით ნაკლები მატერიალური დანახარჯი და დროა საჭირო.

როგორც ექსპერიმენტულად დადგინდა (XX საუკუნის ოთხმოციანი წლებიდან დაწყებული), ძუძუმწოვრების უჯრედებში უცხო დნმ-ის ნაწილის (გენის) მიკროინექციის, ან ემბრიონული უჯრედიდან კვერცხ-უჯრედში ბირთვის გადატანის გზით მიიღწევა უცხო გენების, როგორც აქტიური ფუნქციური ერთეულების, ჩართვა მასპინძელი ორგანიზმის ქრომოსომის შედგენილობაში. ამ პროცესებში მთავარი ეტაპებია:

განაყოფიერებული კვერცხუჯრედის ბირთვში უცხო დნმ-ის მიკროინექცია;

განაყოფიერებული კვერცხუჯრედის ინტეგრაცია რეციპიენტ უჯრედში;

კლონირებული გენის შემცველი კვერცხუჯრედებიდან კლონების შერჩევა;

ცხოველების ახალი ხაზების შექმნა კლონირებული გენის მატარებელი ცხოველების ბაზაზე.

ტრანსგენური ცხოველების შექმნის რამდენიმე სტრატეგია არსებობს, რომელთაგან თითოეულს თავისი დადებითი მხარეები გააჩნია. ზემოთ მითითებული მეთოდი გამოირჩევა იმით, რომ, თუ, მაგალითად, კლონირებისთვის გათვალისწინებული გენი იწვევს ორგანიზმის სწრაფ ზრდას, მაშინ ამ ბაზაზე შექმნილი ცხოველები უფრო ჩქარა გაიზრდებიან, ანუ საკვების უფრო ეფექტურად მოხმარებას შეძლებენ. ეს ფაქტორი საბოლოო ჯამში ტრანსგენური ცხოველებისგან მიღებული საკვები პროდუქტების ღირებულებაზე აისახება. ტრანსგენური ცხოველების შექმნის სხვა სტრატეგიებიცაა ცნობილი, ისეთი, როგორიცაა: გენების გადატანის კლასიკური მიკროინექციის მეთოდი, რომელიც ხშირად გამოიყენება შინაური ცხოველების გენმოდირეცირებული ჯიშების გამოსაყვანად; რეტროვირუსული ვექტორების გამოყენება, რომლებიც ემბრიონის უჯრედის ინფიცირებას ახდენენ განვითარების ადრეულ სტადიაზე; გენმოდირეცირებული ემბრიონული უჯრედების შეყვანა ემბრიონში და ა.შ. ეს მეთოდები ერთმანეთისაგან განსხვავებულ პრინციპებს ეფუძნება, რომლებიც ამ თავში თანდართულ რიგ სახელმძღვანელოებსა და მონოგრაფიებშია აღწერილი.

ტრანსგენოზი მსხვილფეხა რქოსან პირუტყვთან მიმართებაში საკმაოდ განსაზღვრულ ამოცანებს ისახავს მიზნად. ძროხის რძეში ცილის ერთ-ერთი კომპონენტის, კაზეინის მომატება რძიდან წარმოებული ყველის რაოდენობას ზრდის და, შესაბამისად, მის ფასზეც მოქმედებს. არიან ადამიანები, რომლებიც ვერ ითვისებენ ლაქტოზას, რაც რძის პროდუქტების მიღების შემთხვევაში პრობლემებს ქმნის კუჭ-ნაწლავის მოქმედებაში. ტრანსგენოზის შედეგად რძეში წარმოქმნილი ლაქტაზები (β-გალაქტოზიდაზები) აკიდროლიზებენ ლაქტოზას გლუკოზად და გალაქტოზად და ხელს უწყობენ მის შეთვისებას.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია მიკრობიოლოგიური და ვირუსული ინფექციური დაავადებების ამტანი ცხოველების გამოყვანა, რაც ხშირად ერთი გენის გადატანით ხდება შესაძლებელი. გარკვეული წარმატებები ამ მიმართულებით უკვე მიღწეულია. უაღრესად მნიშვნელოვანია ორგანიზმში ანტისხეულების სინთეზზე პასუხისმგებელი გენების შეყვანა (იმუნოზაცია ინ ვივო).

სადღეისოდ ტრანსგენური ცხვრების, თხებისა და ღორების შექმნას, ძირითადად, სამედიცინო დანიშნულება აქვს. ხშირად ეს ტრანსგენური ცხოველები მედიცინაში გამოყენებული ცილის პრეპარატების მიღების საშუალებას იძლევიან. რიგ შემთხვევებში ამ ცხოველთა ორგანიზმში ადამიანის გენის კლონირებას ახდენენ და, შესაბამისად, მაღალეფექტურ და შედარებით იაფ სამედიცინო პრეპარატებს ღებულობენ (<http://channel.nationalgeographic.com/channel/videos/transgenic-animal-creations/>).

სპეციალურად ფრინველებისთვის შემუშავებული გენების კლონირების ტექნოლოგია არეგულირებს ცილის (ოვალბუმინის) შემცველობას კვერცხებში, რომლებიც გამოიყენება არა მარტო, როგორც გაზრდილი ღირებულების მქონე საკვები, არამედ, როგორც ნედლეული ფარმაცევტულ მრეწველობაშიც.

ხელოვნურ პირობებში მოშენებული ტრანსგენური თევზების შემთხვევაში ტრანსგენოზის მთავარი ამოცანაა ნამატის სწრაფი უზრუნველყოფა. საინტერესოა იმის აღნიშვნა, რომ ერთნაირ პირობებში გამოყვანილი ტრანსგენური თევზები შეიძლება ჩვეულებრივზე 10-11-ჯერ მეტს იწონიდნენ. დღის წესრიგში დგას ხელოვნურ წყალსატევებში თევზებისთვის დამახასიათებელი დაავადების მიმართ ამტანი ტრანსგენური თევზების გამოყვანა.

ტრანსგენური ცხოველების გამოყვანა მიიღწევა რეციპიენტ ორგანიზმის გენომში ერთი ან რამდენიმე მოქმედი გენის გადატანით. არსებული მეთოდების გამოყენებით მიღებულია მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის, ცხვრის, თხის, ღორის, ფრინველის, თევზის და სხვა გენმოდირიცირებული ცხოველების ტრანსგენური ფორმები, რომლებსაც ზოგიერთი მაჩვენებლების მიხედვით ბუნებრივ სახეობებთან უპირატესობა გააჩნიათ. არსებობს იმის დიდი ალბათობა, რომ გენური ინჟინერიის მეთოდები სასოფლო-სამეურნეო ცხოველების,

ფრინველებისა და თევზების მაღალეფექტური ჯიშების შექმნის საშუალებას მოგვცემს, რომელთაც ბიომასის დაგროვების გაზრდილი უნარი ექნებათ და ინფექციური დაავადებების მიმართ რეზისტენტული იქნებიან.

ჩვენი წინაპრების მიერ ინტუიციურად გამომუშავებული ცხოველების შეჯვარებისა და გადარჩევის სტრატეგია უკიდურესად წარმატებული გამოდგა. ამის უპირველესი დადასტურებაა ცხოველთა ჯიშობრივი მრავალფეროვნება როგორც ცალკეული სახეობების ფარგლებში, ასევე მთლიანი რაოდენობის თვალსაზრისითაც, უნდა აღინიშნოს, რომ ცხოველების მაღალპროდუქტიული ჯიშების სუფთა ხაზების გამოსაყვანად დიდი დრო იხარჯებოდა.

ძუძუმწოვართა გენომში უცხო გენების კლონირების წარმატებულმა შედეგებმა და ცხოველთა გენეტიკურად იდენტური ხაზის შექმნის შესაძლებლობამ ძალზე დიდი ინტერესი გამოიწვია. ყოველივე ეს ცხოველთა ტრანსგენური ხაზების გამოყვანის ახალ შესაძლებლობას ნიშნავდა. ამგვარად, ტრანსგენეზი არა მხოლოდ ახალი გენების შექმნის, არამედ ცხოველურ ორგანიზმებში გენების ექსპრესიის საფუძვლების კვლევის ინსტრუმენტადაც იქცა.

ცხოველთა ბიოტექნოლოგია თავისი შინაარსითა და პერსპექტივებით თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის უმნიშვნელოვანესი სფეროა. განვითარებულ ქვეყნებში მეცხოველეობის დარგი მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდებისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით განსაკუთრებით მაღალ დონეზეა აყვანილი. პროდუქციის რაოდენობა და ხარისხი განისაზღვრება მეცხოველეობის წინაშე მდგარი ძირითადი ამოცანებით. თანამედროვე დონის მისაღწევად აუცილებელია შემდეგი პირობების შესრულება: საკვების რაოდენობის გაზრდა და ხარისხის გაუმჯობესება; ზრდის ჰორმონების, ანტიბიოტიკების, ვაკცინებისა და სხვა პრეპარატების გამოყენება. ცხოველების შენახვის ნორმალური პირობების შექმნა და ა.შ. დიდი ყურადღება ეთმობა ცხოველთა სახეობრივ სელექციას. ცხოველურ ემბრიონსა და ცხოველურ ორგანიზმებში გენების კლონირების კვლევამ კლასიკურ სელექციასთან ერთად საინტერესო შედეგები მოგვცა, რამაც გენური ინჟინერია მეცხოველეობის შემდგომი განვითარების მაგისტრალურ მიმართულებად გადააქცია. ახალი, მოდერნიზებული ფენოტიპის ჩამოყალიბება- ცოცხალი ორგანიზმების ბიოტექნოლოგიის ერთ-ერთი მთავარი მიზანია. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ცხოველთა სელექციური ბიოტექნოლოგია მიზნად ისახავს ისეთი ცხოველების გამოყვანას, რომელთა ორგანიზმშიც ერთდროულად მოქმედებს სასურველი გენების (როგორც ახალი, ასევე ორგანიზმისთვის დამახასიათებელი) ფართო ანაკრები.

სელექციური მეთოდებიდან განსაკუთრებულ ყურადღებას შეჯვარების მეთოდი იმსახურებს. შეჯვარების შემდეგ შთამბეჭდავი შედეგებია მიღწეული: ძროხების, ღორების, ძაღლების, ცხენების,

ფრინველებისა და ცხოველების სხვა ჯიშების გამოყვანისას. შეჯვარება პროდუქტიულობის ზრდის მნიშვნელოვანი ფაქტორიცაა. ის არსებით როლს ასრულებს დაავადების ამტანი ჯიშების გამოყვანასა და ცხოველთა სამრეწველო მნიშვნელობის მქონე ჯიშებისთვის დამახასიათებელი თვისებების ფორმირებაში.

სელექციური შეჯვარება რთული პროცესია განსაკუთრებით დიდი მასის მქონე ცხოველებისთვის, რომელთათვისაც ფეხმძიმობის ხანგრძლივი პერიოდი და მახასიათებელი. შეჯვარების პროცესი, სულ ცოტა, რამდენიმე წელიწადს გრძელდება, ვიდრე საბოლოოდ არ ჩამოყალიბდება სასურველი ფენოტიპი.

მიუხედავად წარმატებული შედეგებისა, ტრანსგენური ცხოველების მასიური გამოყვანის მეთოდი ყოველთვის იყო დავის საგანი. ექვს იწვევდა როგორც ცხოველური ორგანიზმების მოდიფიკაციის მიზანშეწონილობა, ასევე ტრანსგენური ორგანიზმების ეკონომიკურად გამართლებული ინდუსტრიის შექმნა მათი მასიური წარმოების საფუძველზე. ცხოველური ორგანიზმების ბიოტექნოლოგია გენური ინჟინერიის ყველაზე პრობლემური და წინააღმდეგობებით სავსე დარგია. ამასთან, სწორედ ეს მიმართულება დგას ყველაზე ახლოს ადამიანის გენურ ინჟინერიასთან.

საინტერესოა, რა მიზნებს ისახავს ცხოველთა თანამედროვე ბიოტექნოლოგია. პირველი პრობლემა ცხოველებში სახეობრივი ნაკლოვანებების დაძლევაა, მეორე – სწრაფად მზარდი მოსახლეობის მოთხოვნილების დაკმაყოფილება მეცხოველეობის ყველა სახის პროდუქტით. ერთ-ერთი უპირველესი პრობლემა რძის რაოდენობის ზრდა და ხარისხის გაუმჯობესებაა შესაბამისი გენების კლონირებით, ან, პირიქით, მათი მოცილებით. ვარაუდობენ დაავადებების ამტანი ცხოველებისა და თევზების გამოყვანას. ერთ-ერთ სერიოზულ პრობლემად ამ დარგში მატყლის (ცხვრის ბეწვის) ხარისხის გაუმჯობესება რჩება. ცხვრებზე ჩატარებულმა გენური ინჟინერიის მანიპულაციებმა აჩვენა, რომ მატყლის ხარისხის ფორმირების პროცესის რეგულირება სავსებით შესაძლებელია.

იაფი სამკურნალო პრეპარატებისა და დიაგნოსტიკური საშუალებების წარმოება ცხოველების ცალკეული ორგანოების ქსოვილების გამოყენებით, შედარებით ახალი ბიოტექნოლოგიური მიმართულებაა და ფრიად პერსპექტიულად ითვლება.

როგორც ჩანს, სოფლის მეურნეობის წინაშე მდგომი ამოცანები საკმაოდ რთული და მრავალმხრივია. ტრანსგენუზისი არის შეჯვარების უნივერსალური საშუალება როგორც მონათესავე, ასევე გენეტიკურად დაშორებული ჯიშებისა, ანუ, ისეთი ცხოველებისა, რომლებიც არ ჯვარდება ბუნებრივ პირობებში. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმებს შორის გენურმა მანიპულირებამ შეიძლება სრულიად გაუთვალისწინებელი შედეგები მოგვცეს. იხ. გვ. 177 სურ. 13.6

ცხოველებისა და ფრინველების სხვადასხვა ჯიშს შორის ცხოველთა გენომის ხელოვნური კონსტრუირება ინტენსიური დისკუსიის საგანია. მაგ., პრობლემატურია ადამიანის გენის გადატანის მიზანშეწონილობა ზოგიერთ ცხოველურ ორგანიზმში. კლონირების შედეგად საწყისი გენი მრავალგზის ამპლიფიცირებას განიცდის, რის შედეგადაც საწყისი მასალა (გენი) 1055-ჯერ ზავდება. ამიტომ, ადამიანის გენეტიკური მასალის უშუალო მოხვედრა ცხოველის ორგანიზმის გენომში გამორიცხულია. შესაბამისად, ტრანსგენური ცხოველები შეიცავენ არა ადამიანის ქეშმარიტ გენებს, არამედ მათ მრავალგზის გადაღებულ ასლებს. გადმოდრეხული გენეტიკური მასალის მატარებელ ორგანიზმებს უფრო ფართო გენეტიკური სპექტრი აქვთ, ვიდრე საწყის ან ახლო მონათესავე ორგანიზმებს.

საინტერესოა, რომ მრავალ ქვეყანაში ტრანსფორმანტი ორგანიზმების მიმართ არსებობს საკუთარი კანონმდებლობა, რომელიც გარკვეულწილად ზღუდავს ამ ორგანიზმების (ტრანსფორმანტების) მიღებას გენური ინჟინერიის მეთოდებით და ტრანსფორმანტი ორგანიზმების მიერ წარმოებული პროდუქციის გამოყენებას. მაგ., გენეტიკური მოდიფიკაციისა და საკვების გამოყენების ინგლისის ეთიკის კომისიამ 1993 წელს აკრძალა ზოგიერთი ტრანსგენური ორგანიზმის მიღება და მათგან მიღებული პროდუქციის საკვებად გამოყენება. ამ კანონის თანახმად იკრძალება:

ადამიანის გენის კლონირება საკვები დანიშნულების ცხოველურ ორგანიზმებში;

იმ ცხოველების, რომელთა ხორციც საკვებად აკრძალულია ზოგიერთი ეთნიკური და რელიგიური ჯგუფის წარმომადგენლებისთვის (ღორის ხორცი), გენების კლონირება ისეთი ცხოველების გენომში, რომელთაც ისინი საკვებად იყენებენ (ცხვარი);

ცხოველების გენების საკვებ მცენარეებში კლონირება, რამაც შეიძლება ვეგეტარიანელების პროტესტი გამოიწვიოს.

სხვადასხვა ეთნიკური ჯგუფის წარმომადგენლებთან მრავალრიცხოვანი დისკუსიის შედეგად მიღებულ იქნა გადაწყვეტილება, რომლის თანახმადაც არ უნდა არსებობდეს რაიმე მოსაზრება, რომელიც აბსოლუტურად აკრძალავდა საკვებში ისეთი პროდუქტებისა და ორგანიზმების გამოყენებას, რომელიც ადამიანის გენების გადატანის გზით არის მიღებული.

გენური ინჟინერიის მეთოდებით მიღებული ორგანიზმების გამოყენება უკვე დიდი ხანია განსჯის საგანია და არაფერია გასაკვირი იმაში, რომ სხვადასხვა ქვეყანაში ამ საკითხის მიმართ განსხვავებული მიდგომები და მოთხოვნები არსებობს. კიდევ ერთი ეთიკური უსერხულობა, რომელმაც რიგი გაუგებრობა შეიძლება გამოიწვიოს,

მდგომარეობს იმაში, რომ ტრანსფორმანტი ცხოველები ზოგ შემთხვევაში (თუმცა, იშვიათად) კარგავენ ფიზიკურ სრულყოფას, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ეს ეხება ჰორმონების ან ცხოველური წარმოშობის სხვა პრეპარატების მიღების მიზნით ორგანიზმების მოდიფიკაციას.

თუ გარკვეული რელიგიური ჯგუფები კატეგორიულ უარს აცხადებენ საკვებში ხორცის გამოყენებაზე, მათი პოზიცია უნდა შეიცვალოს, თუ იმავე ცხოველების ცალკეული ორგანოებიდან ლეზულობენ სამედიცინო დანიშნულების პრეპარატებს (მაგ., ღორის პანკრეასიდან წარმოებულ ინსულინს), ან მათი ცალკეული ორგანოების ტრანსპლანტად გამოყენების შემთხვევაში. მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ასეთი კატეგორიის პრეპარატებს დამატებითი მოთხოვნები წაყენება, რაც მათ უკიდურესად მაღალ ქიმიურ სისუფთავეში მდგომარეობს. მრავალრიცხოვანი დისკუსიის საფუძველზე ნებისმიერი პრეპარატის მხოლოდ პერორალური გამოყენებაა რეკომენდებული. საკმაოდ დიდი ყურადღება ეთმობა პროექტებს, რომლებიც ითვალისწინებენ ადამიანის გენების ფუნქციონირების პროდუქტების სეკრეციას ძუძუმწოვრების: ძროხის, თხის, ღორის, ცხვრისა და კურდღლის (ბოცვერის) რძეში და, ასევე, ამ რძის ცილებიდან სამკურნალო პრეპარატების წარმოებას. აქტიური დისკუსიის საგანია საკითხი, თუ რომელი ტექნოლოგიით უნდა იყოს ჩართული ახალი (უცხო) დნმ-ის ფრაგმენტი ცხოველების გენომში, იმისათვის, რომ სტაბილურად გადავიდეს თაობიდან თაობაზე. არსებული მეთოდოლოგიური მიდგომიდან ყველაზე ფართო გავრცელება პოვა ცხოველთა მიკროინექციის მეთოდმა, რომლის მიხედვითაც ხდება უცხო დნმ-ის ფრაგმენტის გენის ინექცია განაყოფიერებული კვერცხუჯრედის გენომში. შემდეგ კვერცხუჯრედები ქირურგიულად გადააქვთ ცხოველის ორგანიზმში.

დღეისათვის დიდი რაოდენობითაა მიღებული ტრანსგენური ღორები, ცხვრები, ძროხები, კამეჩები, ხარები და სხვა ცხოველები, თუმცა, აღნიშნული ხერხის ეფექტურობა დღეისათვის 2-5%-ს შეადგენს; გაცილებით მაღალია ტრანსგენური თევზების მიღების ეფექტურობა, რაც 70%-ს აღწევს.

ცხოველურ ორგანიზმებს უცხო გენების ექსპრესიის მექანიზმი გაცილებით შეზღუდული აქვთ, რაც არსებითად ართულებს სასურველი ფენოტიპის გამოყვანას. ტრანსგენური ფრინველებისა და ცხოველების მიღება ორ მთავარ მიზანს ემსახურება: პირველი – როგორც თავად ცხოველის, ასევე მისგან მიღებული პროდუქციის (ხორცი, რძე, კვერცხი, ყველი) სასაქონლო თვისებების გაუმჯობესებას, მეორე – გენების კლონირების შემთხვევაში ძვირადღირებული მედიკამენტების წარმოებას ამ ორგანიზმების მეშვეობით. ამას გარდა, ტრანსგენურ ორგანიზმებში კლონირებული გენების ექსპრესიის მექანიზმების შესწავლა დიდ ინფორმაციას იძლევა იმის შესახებ, თუ როგორ ფუნქციონირებენ

„ახალი“ გენები ცოცხალ ორგანიზმში. საინტერესოა, რომ ამჟამად, ზოგიერთ ქვეყანაში (აშშ, კანადა, არგენტინა, იაპონია) ტრანსგენური ცხოველების რიცხვი ცხოველთა მთლიანი რაოდენობის 60-70%-ს აღწევს. ქვემოთ მოყვანილია გენური ინჟინერიის ის მანიპულაციები, რომლებიც ტრანსგენური ცხოველების მიღების მიზნით ტარდება:

უცხო გენების იდენტიფიკაცია და კონსტრუირება;

დნმ-ის ფრაგმენტის (გენის) მიკროინიექცია განაყოფიერებულ კვერცხუჯრედში;

განაყოფიერებული კვერცხუჯრედის იმპლანტაცია მშობელ ორგანიზმში;

კლონირებული გენის სტაბილურობისა და ნორმალური ექსპრესიის დადგენა-დემონსტრირება.

გენური ინჟინერიის საფუძველზე მეცხვარეობაში გაუმჯობესებული სახეობის მიღება უჯრედების და ემბრიონების გამოყენებით, სამ ეტაპად ხდება: ტრანსგენური ცხოველების მიღება, ცხოველების გამრავლება ემბრიონის უჯრედების დაყოფით და ემბრიონის ტრანსპლანტაცია. ამ მიზნით ფიზიოლოგიურ გარემოში მყოფ კვერცხუჯრედში შეჰყავთ უცხო გენეტიკური მასალა, შემდეგ კი ახდენენ ამ კვერცხუჯრედის იმპლანტაციას ცხოველურ ორგანიზმში. ამ ხერხით ხდება ცხოველთა სახეობრივი გაუმჯობესება.

ცხოველთა ბიოტექნოლოგიაში განსაკუთრებულ განვითარებას ემბრიონების ტრანსპლანტაციის ხერხმა მიაღწია, რომლის მიხედვითაც არჩევენ მაღალი მწარმოებლურობის მქონე ცხოველებს, მაგ., ძროხებს. ძროხის ორგანიზმში სპეციალური ჰორმონების ინიექციის გზით კვერცხუჯრედის ნაწილის სწრაფი მომწიფება ხდება. შემდეგ კვერცხუჯრედებს ხელოვნურად ანაყოფიერებენ ჯიშიანი ხარის სპერმით და რამდენიმე დღის შემდეგ საშვილოსნოდან ამოღებულ ჩანასახს სხვა ძროხის საშვილოსნოში ტრანსპლანტირებენ. გარკვეული დროის შემდეგ იზადება ტყუპი ხბო, რომლებმაც მემკვიდრეობით შეიძინეს მშობლების, და არა რეციპიენტი დედის, თვისებები და ნიშნები. აღნიშნული ხერხი მაღალი სამეურნეო ღირებულების მქონე ცხოველთა მასიური გამრავლების შესაძლებლობას ქმნის. მაღალპროდუქტიული გენოფონდის ხანგრძლივი შენახვა საკმაოდ იოლად მიიღწევა კრიოპრეზერვაციის მეშვეობით. ამ ტექნოლოგიის გამოყენებით ორი წლის განმავლობაში ერთი ძროხისგან 80 ხბოს მიღებაა შესაძლებელი. ჯერ კიდევ 1980 წელს ამერიკაში ამ ხერხით 23.000 ხარისხობრივად გაუმჯობესებული ხბო იქნა მიღებული, კანადაში კი – 7.000.

13.4. ჰორმონებისა და ვაქცინების წარმოება გენმოდიფიცირებული ორგანიზმების მიერ

ცხოველური ორგანიზმები, როგორც სხვადასხვა ფარმაცევტული საშუალების მიღების წყარო, დიდი პოტენციალით გამოირჩევა. იმისათვის, რომ ამაში დავრწმუნდეთ, საკმარისია გავიხსენოთ, რომ, შუა საუკუნეებიდან დაწყებული, სწორედ ცხოველური ორგანიზმები და მცენარეები გახლდათ მედიკამენტების მიღების ძირითადი ობიექტი. ადამიანები, რომელთაც ჰორმონების უკმარისობა აქვთ, მათ ხელოვნურ მიწოდებას საჭიროებენ. ჰორმონები ქიმიური აგენტებია, რომლებიც კვალის სახით გამოიყოფა ადამიანისა და ცხოველის ერთი სახის ქსოვილის მიერ და სისხლით გადაიტანება სხვა, სამიზნე ქსოვილში, სადაც ისინი იწვევენ სპეციფიკურ ბიოქიმიურ ან ფიზიოლოგიურ აქტივობას. ჰორმონები, რომლებიც ადამიანს ესაჭიროება, სტრუქტურულად რამდენადმე განსხვავდება ცხოველის ანალოგიური ჰორმონებისგან. თუ ადამიანის ორგანიზმის ფიზიოლოგიური ნორმისთვის საჭირო ნორმას რომელიმე ჰორმონი აკლია, აუცილებელი ხდება ორგანიზმში ამ ჰორმონის ან მისი ანალოგის დამატებითი შეყვანა. ცხოველური ორგანიზმებიდან ჰორმონის ექსტრაქციას დიდი დრო სჭირდება. გენური ინჟინერიის მეთოდების გამოყენებამ ჰორმონების მიღებასთან დაკავშირებით ახალი მიდგომა ჩამოაყალიბა. უპირველეს ყოვლისა, გაჩნდა მიკროორგანიზმებში ადამიანის გენის კლონირების გზით ადამიანის ჰორმონის მიღებისა და გამოყენების შესაძლებლობა, ნაცვლად ადრე გამოყენებული, ნაკლებად ეფექტური ცხოველური წარმოშობის ანალოგებისა. ასეთი ტექნოლოგიით შეუზღუდავი რაოდენობით შეიძლება ჰორმონების წარმოება, რაც საგრძნობლად გააიაფებს ჰორმონების ღირებულებას.

ადამიანის ცილების საფუძველზე მიღებული სამკურნალო პრეპარატების ბიზნესთან დაკავშირებული ფინანსების ყოველწლიურმა ბრუნვამ უკვე 2005 წელს 20 მილიარდ აშშ დოლარს გადააჭარბა. გენური ინჟინერიის მიერ ჰორმონების წარმოების კლასიკური მაგალითია ინსულინი. ბაქტერიას, რომელიც თავის გენომში ადამიანის ინსულინის კლონირებულ გენს შეიცავს, ფერმენტატორში კულტივირებისას ამ ჰორმონის შეუზღუდავი რაოდენობით პროდუცირება შეუძლია. ბიომასიდან წარმოებს ინსულინის ექსტრაგირება, გაწმენდა და სამკურნალო ფორმით დამზადება, რომელიც ინექციის სახით დიაბეტიით დაავადებულ პირთა სამკურნალოდ გამოიყენება.

სამეცნიერო და საპატენტო ლიტერატურაში დიდი რაოდენობით პუბლიკაციები და პატენტები გვხვდება, რომლებიც ვაქცინებისა და ჰორმონების წარმოებას ეძღვნება. მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ენდოკრინულ ჯირკვლებში ხდება ჰორმონების წარმოქმნა, რომლებიც ცხოველების წველალობის ზრდაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ.

მასიური წარმოების მიზნით გამოყოფილია ცხოველების ზრდის ფაქტორის სეკრეციაზე პასუხისმგებელი ჰორმონი-სომატოტროპინი. გენი, რომლითაც კოდირებულია ეს ჰორმონი, ბაქტერიულ კულტურაშია კლონირებული. ამ ჰორმონების ინექციებით (დღეში 30 მგ-მდე) მიღწეულია ძროხების წველადობის მნიშვნელოვანი ზრდა (30-50%-მდე). ანალოგიური კვლევებით, რომლებიც სომატოტროპინის მწარმოებელ ღორებს ჩაუტარდათ, დადგენილია, რომ ამ ჰორმონის გამოყენება ცხიმის 80%-მდე შემცირებისა და ხორცის ხარისხის გაუმჯობესების საშუალებას იძლევა. გენური ინჟინერიის გზით მიღებული სომატოტროპინის გამოყენების მიზანშეწონილობა პირველად 1993 წელს აშშ-ში იქნა დადგენილი. ევროპის ზოგიერთ ქვეყანაში გენური ინჟინერიით წარმოებული სომატოტროპინის გამოყენება ნებადართულია. დღეს ამ პრეპარატს სახელწოდებით „ჰოსილაკ“ ერთ-ერთი უმსხვილესი ბიოტექნოლოგიური კომპანია „მონსანტო“ აწარმოებს.

ვაქცინების გამოყენება ცხოველებში პათოგენურ მიკრო-ორგანიზმებთან ბრძოლისათვის იმუნიტეტის ფორმირებას უწყობს ხელს. ვაქცინაციის პასუხად ცხოველის ორგანიზმში გამომუშავდება ანტისხეულები, რომლებიც ახდენენ პათოგენური მიკროფლორის ბლოკირებას და ხელს უშლიან მათ გამრავლებას.

უკანასკნელი 15 წლის მანძილზე რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგიის საფუძველზე შეიქმნა ვაქცინათა ახალი თაობა. გენური ინჟინერიის მეთოდებით მიღებული ვაქცინები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ითვლებოდა ბიოტექნოლოგიის ერთ-ერთ ყველაზე თვალსაჩინო მიღწევად. წარმოებულ ვაქცინათა დიდი რაოდენობა და მრავალფეროვნება იმითაა განპირობებული, რომ ვაქცინებს მრავალმიზნობრივი დანიშნულება აქვთ, ისინი გამოიყენებიან: ფრინველებისთვის, მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვისთვის, ღორებისთვის, ცხვრებისთვის, თევზებისა და სხვა ცხოველებისთვის. მათი გამოყენების შედეგად საგრძნობლად მცირდება დაავადებები, იზრდება ცხოველების სიცოცხლის ხანგრძლივობა და მატულობს პროდუქციის გამოსავლიანობა. სწრაფად და ეფექტურად მოქმედი ვაქცინური პრეპარატების წარმოებისთვის აუცილებელია, რომ ისინი შემდეგ კრიტერიუმებს აკმაყოფილებდეს:

მაღალი სპეციფიკურობა;

დაბალი თვითღირებულება;

არასპეციფიკური მოქმედების დასაშვები მინიმუმი;

სწრაფი ეფექტი;

სტაბილურობა შენახვისას;

პრაქტიკული გამოყენების სიმარტივე.

დიაგნოსტიკუმები პათოგენური მიკროორგანიზმების ან ტოქსიკური ნაერთების გამოვლენის სიმარტივეთა და სიზუსტით უნდა ხასიათდებოდეს. დიაგნოსტიკური ტესტი უნდა რეაგირებდეს მიკროორგანიზმის მხოლოდ გარკვეულ სახეობაზე და მისი მცირე რაოდენობის აღმოჩენაც კი უნდა ხერხდებოდეს.

დეტექციის იმუნოლოგიური სისტემები განსახორციელებლად შედარებით მარტივია, ისინი გამოირჩევიან მაღალი გრძნობიერებითა და მკაცრი სპეციფიკურობით. ბოლო დროს დიდი ყურადღება ეთმობა ანალიზის ახალბიოლოგიურ მეთოდებს, კერძოდ, დნმ-ნიმუშების იმუნურ ანალიზს (დაქტილოსკოპია) და ბიოსენსორულ ანალიზს. ამ მეთოდების უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ ძველ მეთოდებთან შედარებით ისინი მაღალი გრძნობიერებით ხასიათდებიან და არ საჭიროებენ გამოყოფისა და ნაწილობრივი გაწმენდის რთულ პროცედურებს. პათოგენური ორგანიზმების დეტექციის მეთოდოლოგიური მიდგომები ჩვეულებრივ ერთი სახის მიკრობის იმ უნიკალურ თვისებაზეა დამოკიდებული, რომელიც მისი არსებობის უშეცდომოდ დადგენის საშუალებას იძლევა.

თუ სამიზნე მოლეკულა ცილაა, მაშინ ამ მოლეკულის გაწმენდილი პრეპარატის საფუძველზე ღებულობენ მონოკლონურ ანტისხეულებს, რომელთა მეშვეობითაც ისაზღვრება ცილის არსებობა.

ეს ახალი მეთოდები ეფექტურად არის დანერგილი მცენარეთა პათოლოგიის დიაგნოსტიკებასა და ვეტერინარიაში, ფრინველებისა და ცხოველების დაავადებების მონიტორინგის დროს. მაგ., იმუნური ანალიზი, რომელიც ეფუძნება მონოკლონური ანტისხეულების მოქმედებას, ათწელიწადზე მეტია ფართოდ გამოიყენება ვეტერინარიულ პრაქტიკაში. მონოკლონური ანტისხეულების ტექნოლოგია გამოყენებას პოულობს მცენარეებშიც, სახელდობრ, მცენარეული წარმოშობის საკვებში პესტიციდების ნარჩენების ანალიზისთვის, მიკროორგანიზმების ტოქსიკური ფორმების დეტექციისათვის. დნმ-ნიმუშის გამოყენების ტექნოლოგია (დაქტილოსკოპია) ეფუძნება საანალიზო დნმ-ნიმუშების (ან დნმ და რნმ შორის) კომპლემენტარული უბნების ჰიბრიდიზაციის პრინციპს. ეს ძალიან გრძნობიერი მეთოდია, რომელიც სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება არა მარტო აგრარულ პრაქტიკაში.

ბიოსენსორები და მათი გამოყენება ახალი მიმართულებაა ორგანული ნაერთების ანალიზში. ამ მიზნით იყენებენ ფერმენტებს, რომლებიც იმობილიზებულია (ქიმიურად დამაგრებულია) მყარ პოლიმერულ მატარებლებზე, ან მოთავსებულია პოლიმერული გელების სტრუქტურაში ისე, რომ მათ ელექტროდებად იყენებენ. გრძნობიერების მიხედვით ამ მეთოდს ანალოგი არა აქვს.

დიაგნოსტიკის ახალი და მარტივი მეთოდოლოგიის შემუშავება და არსებულის სრულყოფა თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის დამოუკიდებელი მიმართულებაა. პროცესის გამარტივებისა და საყოველთაო გამოყენებისათვის ქიმიური ნაერთების, ან ბიოლოგიური ტესტების სპეციალური ანაკრები იწარმოება, რომელიც სავსე პირობებში ექსპრეს კვლევების ჩატარების შესაძლებლობას იძლევა. სოფლის მეურნეობაში დიაგნოსტიკური მეთოდების გამოყენების მასშტაბები ძალიან ფართოა. ამაზე ის ფაქტიც მიუთითებს, რომ, არსებული ინფორმაციით, მცენარეთა მიკრობული დაავადებების ანალიზისთვის ყოველწლიურად 150 მილიარდ აშშ დოლარზე მეტი იხარჯება (2005 წლის მონაცემები).

13.5. გენმოდულირებული მიკროორგანიზმები

13.5.1. გენმოდულირებული მიკროორგანიზმების მრავალფეროვნება

ათასწლეულზე მეტია, რაც პურის ცხობაში, ლუდისა და ღვინის წარმოებაში წარმატებით გამოიყენება საფუერის კულტურა *Saccharomyces cerevisiae*. ამ ტექნოლოგიებში *Saccharomyces* გვარის ცალკეული შტამები ახორციელებენ გლუკოზის ფერმენტულ გარდაქმნას ეთილის სპირტად და ნახშირორჟანგად (ნაწილობრივ, გლიცერინადაც). იმის ნათელ მაგალითად, თუ როგორ შეიძლება და როგორ უნდა იყოს გამოყენებული მიკროორგანიზმები საკვები პროდუქტებისა და საკვები დანამატების წარმოებაში, გამოდგება მიცელიალური სოკოები. სოკოები ეუკარიოტული ორგანიზმებია. ზოგიერთი მათგანი ყოველგვარი თანმხლები პათოლოგიის გარეშე, უხსოვარი დროიდან გამოიყენება საკვების წარმოებაში. სოკოების სამყარო აერთიანებს საფუერს- ერთუჯრედიან ორგანიზმებს და მიცელიალურ სოკოებს- მრავალუჯრედიანებს, ამ უკანასკნელთ უჯრედები ორგანიზებული აქვთ წარმდებლური ჰიფების სახით.

გენური ინჟინერიის მეთოდების გამოყენებით მიკროორგანიზმების მიერ ფერმენტების პროდუცირება სრულიად ახალ შესაძლებლობებს ქმნის.

ტექნოლოგიური პროცესების შემდგომი სრულყოფის, პროდუქციის ასორტიმენტის გაფართოებისა და ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით, *Saccharomyces cerevisiae* კულტურიდან რიგი რეკომბინანტული შტამებია მიღებული სხვადასხვა გენის კლონირებით. გამომდინარე იქიდან, რომ საფუერები მიკროორგანიზმების სხვა ტაქსონომიურ ჯგუფებთან შედარებით ფერმენტის ბიოსინთეზის მდიდარი გენეტიკური ინფორმაციით არ გამოირჩევიან, ხშირად საფუერის გენეტიკური მოდიფიკაცია წარმოებდა სხვადასხვა ფერმენტების მაკოდირებელი გენების კლონირებით. გენმოდულირებული საფუერი, ძირითადად *Saccharomyces cerevisiae*-ს წარმომადგენლები, ინტენსიურად აგროვებდა

უჯრედგარე ფერმენტებს: ინვერტაზას, ამილაზას, ქსილანაზას და სხვა, რაც ახალი ან თვისებრივად გაუმჯობესებული მეტაბოლიტების მიღების საშუალებას იძლეოდა. მაგრამ საფუვრის გენეტიკური სრულყოფა მხოლოდ *Saccharomyces cerevisiae* კულტურით არ შემოიფარგლებოდა. გენეტიკურ მოდიფიკაციას საფუვრის სხვა გვარების წარმომადგენლებიც განიცდიდა, როგორიცაა: *Schizosacchomyces pombe*, *Pichia pastoris*, *Pichia methanolica*, *Hansenula polymorpha*, *Kluyveromyces lactis*, *Yarrowia lipolytica* და სხვა.

გლუკოამილაზას გამოყენებით მიიღება გაცილებით სუფთა საბოლოო პროდუქტი – გლუკოზა და, შესაბამისად, საკვები ღირებულების ეთილის სპირტი. ამასთანავე, შესაძლებელი ხდება თანამდევ პროდუქტების წარმოქმნის თავიდან აცილება. დღეს ამ მიზნებისთვის აშშ-ში გამოიყენება გენმოდიფიცირებული ორგანიზმები, რომლებსაც დუბლირებული აქვთ ამილაზების გენები.

კულტურა *Aspergillus niger*, რომლის კულტივირება ნახშირწყლებზე ხდება, გამოიყენება ლიმონმჟავის სამრეწველო მასშტაბით მიღებისთვის. ეს ტექნოლოგია 50-იან წლებში დაინერგა. 2005 წლისათვის გენმოდიფიცირებული ორგანიზმების გამოყენების შედეგად ამ ტექნოლოგიამ 90%-ით შეცვალა ადრე არსებული ლიმონმჟავას ქიმიური სინთეზი.

დადასტურდა, რომ მიცელიალური სოკოებით ამილაზების სუპერსინთეზი მხოლოდ გენმოდიფიცირებული ორგანიზმებით ხორციელდება. ამ ორგანიზმებში ამილაზების სინთეზზე პასუხისმგებელი გენები კლონირებული ან დუბლირებულია. მსხვილ კომპანიებში და ზოგიერთ სამეცნიერო ცენტრში, გულმოდგინე სელექციური და მოლეკულურ-ბიოლოგიური კვლევების შედეგად მიღებულია α -ამილაზას, გლუკოამილაზას, ქსილანაზას, ცელულაზას, პექტინაზას, β -გლუკოზიდაზასა და რიგი სხვა ფერმენტების სუპერპროდუცენტები. აუცილებელია იმის აღნიშვნა, რომ ფერმენტებისა და სხვა მეტაბოლიტების მიკრობული სინთეზის ტექნოლოგიები სისტემატურად უმჯობესდებოდა ახალი პროდუცენტი კულტურების სელექციის საფუძველზე. საბოლოო ჯამში, ასეთი მიდგომა დიდ ეკონომიკურ ეფექტს იძლეოდა, რაც კულტურალური სითხის მოცულობის ერთეულში წარმოქმნილი მეტაბოლიტების რაოდენობის მნიშვნელოვან მატებაში გამოიხატება.

მიუხედავად ამ წარმატებებისა, რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგია მიკროორგანიზმებიდან ფერმენტების მიღების თვალსაზრისით რევოლუციური გამოდგა სხვა მიზეზების გამო: რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგია მიკრობული სინთეზის გზით მაღალი გამოსავლიანობის მქონე, პრაქტიკულად ნებისმიერი ფერმენტის მიღების საშუალებას იძლევა; რეციპიენტი ორგანიზმის გენომი

შეიძლება მოდიფიცირებული იყოს ისეთნაირად, რომ მაქსიმალურად შეესაბამებოდეს საჭირო ფერმენტის სუპერსინთეზს. რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგიის გამოყენებით ჩნდება ფერმენტის სტაბილური ფორმის სინთეზის უნიკალური შესაძლებლობა, რომლის დროსაც, ფერმენტის სტაბილიზაციის მიზნით, ცილის ინჟინერიის მეთოდებით, ერთი ან რამდენიმე ამინომჟავას ჩანაცვლება ხორციელდება (კლონირებული დნმ-ის წინასწარი შესაბამისი მოდიფიკაციის გზით).

რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგიებში გამოყენების ერთ-ერთი საუკეთესო კანდიდატი მიცელიალურ სოკოებს შორის არის *Aspergillus* სახეობის წარმომადგენლები: *A. oryzae*, *A. niger*, *A. awamori* ანუ კულტურები, რომელთაც ფერმენტების ბიოსინთეზში წამყვანი ადგილი უკავიათ. ეს კულტურები დიდი ხანია ინტენსიურად გამოიყენება საკვები ფერმენტების წარმოებაში და *FDA*-ს (*Food and Drug Administration*) მიერ აღიარებულია, როგორც უსაფრთხო.

მიკროსკოპული სოკო *Trichoderma reesei-is* (*Trichoderma longibrachiatum*) ცალკეული შტამები მერქნის დამშლელი აქტიური კულტურებია, რომელთა დიდი უმრავლესობა პათოგენურია. მიუხედავად ამისა, ისინი რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგიებში გამოყენებისათვის ვარგის ორგანიზმებად არიან აღიარებული. ექსპრესიის კიდეც ერთი ახალი სისტემა შეიქმნა კულტურა *Fusarium venenatum*-ის საშუალებით სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან ცილით მდიდარი სოკოს ბიომასის (*Single cell protein*) წარმოებისათვის. დიდი ხნის განმავლობაში *Fusarium venenatum* კულტურის ცხოველების საკვებად გამოყენებამ დაამტკიცა მისი ვარგისიანობა და უსაფრთხოება.

როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, რეკომბინანტული დნმ-ის ტექნოლოგია მიცელიალურ სოკოებთან მიმართებაში გამოიყენებოდა არა მარტო ფერმენტების სინთეზის სისტემების გაუმჯობესებისთვის. ამ ტექნოლოგიის გამოყენებით მიღწეულია ლიმონმჟავას რაოდენობის საგრძნობი ზრდა, მეტაბოლიტების რიგიდან არასასურველი მჟაუნმჟავას ჩამოცილება და მრავალი სხვა.

სადღეისოდ გენმოდიფიცირებული ორგანიზმებისგან გამოყოფილი ფერმენტები ფართოდ გამოიყენება კვების მრეწველობაში. ქვემოთ მოყვანილია ტექნოლოგიები, რომლებშიც გენმოდიფიცირებული ფერმენტები მნიშვნელოვან, ზოგიერთ შემთხვევაში კი – გადამწყვეტ როლს ასრულებენ.

სპირტის მრეწველობა, ან როგორც მას აშშ-ში უწოდებენ, სახამებლის მრეწველობა, კვების მრეწველობაში ფერმენტების გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი დარგია. სახამებლის ჰიდროლიზი გლუკოზად ორი ფერმენტის – α -ამილაზასა და გლუკოამილაზას მეშვეობით ხორციელდება. პროცესი ორი მიმართულებით წარმოებს: პირველი - სპირტის წარმოება სახამებლის ჰიდროლიზის პროდუქტებისგან,

კერძოდ, გლუკოზისა და მცირე რაოდენობით მალტოზისაგან (1-3%); მეორე - ეფუძნება ტკბილი სიროპის წარმოებას გლუკოზის ფრუქტოზად კონვერსიის გზით ფერმენტ გლუკოზოიზომერაზას (ქსილოზოიზომერაზას) საშუალებით. ეს უკანასკნელი ფართოდ გამოიყენება კვების მრეწველობაში.

პურის ცხობის პროცესში ფართო გამოყენება პოვებს α -ამილაზამ და ქსილანაზამ (ჰემიცელულაზამ). ამ ფერმენტების მოქმედებით საგრძნობლად უმჯობესდება პურის ხარისხი, კერძოდ, მისი რბილობის კონსისტენცია და გემო. პური იძენს ზომიერ და მაღალი ხარისხისათვის დამახასიათებელ ფორიანობას, იზრდება შენახვის ვადა. პურის წარმოებაში დაწყებულია ლიპაზას გამოყენება, რომელიც ცომში ემულგატორების წარმოქმნას უწყობს ხელს და აუმჯობესებს პურის ხარისხს.

ყველის წარმოების ტექნოლოგია პროტეაზების მოქმედებას ეფუძნება. ხბოს კუჭიდან მიღებული ფერმენტის - რენინის (ჩიმუზინის) მოქმედებას ემატება მიკრობული წარმოშობის მჟავა პროტეაზა, რომელიც გენმოდირფიცირებული ბაქტერიიდან არის გამოყოფილი. გარდა ამისა, რეკომბინანტული *Aspergillus niger* კულტურიდან მიღებულმა რენინმა პრაქტიკაში ფართო გამოყენება პოვა. არაპროტეოლიზური ფერმენტებიდან, რომლებიც ყველის წარმოებაში გამოიყენება, პრაქტიკაში თანდათან შემოდის სოკოებისა და საფუვრის რეკომბინანტული კულტურებიდან მიღებული β -გალაქტოზიდაზა. ეს ფერმენტი აწარმოებს რძის ძნელად გადასამუშავებელი შაქრის - ლაქტოზის ჰიდროლიზს გლუკოზად და გალაქტოზად.

ლუდის წარმოება. მიკრობული ამილაზები ლუდის ხარშვის პროცესში ალაოს და წყლის შერევის შედეგად ერთგვაროვანი მასის მიღების მიზნით გამოიყენება. ფერმენტები გამოიყენება აგრეთვე გემოზე უარყოფითი გავლენის მქონე დიაცეტილენის მოსაცილებლად.

მელვინეობა კვების მრეწველობის ყველაზე კონსერვატული დარგია. კლასიკური მელვინეობა არ გულისხმობს წარმოების პროცესში რაიმე დამხმარე ქიმიკატების, კატალიზატორების ან გემოს დანამატების გამოყენებას. ეს წესი რეკომბინანტული ორგანიზმებისგან მიღებულ ფერმენტებსაც ეხება. ამავე დროს, ორდინარული და იაფი ღვინომასალების წარმოების ცალკეულ შემთხვევებში წვენის გამოსავლიანობის გაზრდისთვის პექტინაზები გამოიყენება. β -გალაქტოზიდაზა აღმოჩნდა ეფექტური საშუალება ვაზის ფოთოლზე ბინადარი ფიტოპათოგენური სოკოების *Botrytis* ცხოველმოქმედების შედეგად წარმოქმნილი არადამახასიათებელი სიმღვრივის მოსაშორებლად. ლიტერატურაში გაჩნდა მონაცემები, რომლებიც ღვინის შენახვის პროცესში კორპის საცობების სუნისაგან დაცვის მიზნით ლაკაზების გამოყენების შესაძლებლობას გვთავაზობენ.

უკვე სამ ათწლეულზე მეტია დღის წესრიგში დგას თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემა – მერქნოვან მასალაში ცელულოზის ფერმენტული ჰიდროლიზი გლუკოზად. გასული წლების მანძილზე ამ პრობლემაში გარკვეული შედეგებია მიღწეული. ცელულაზების ფერმენტული პრეპარატების წარმოება ყოველწლიურად იზრდება. ამასთან, გლუკოზამდე ცელულოზის ეკონომიკურად გამართლებული ჰიდროლიზის განხორციელება ჯერჯერობით ვერ ხერხდება თავად ცელულაზების არასაკმარისი სტაბილურობის გამო. მოღებულია *Trichoderma reesei* და სხვა სოკოების მრავალრიცხოვანი რეკომბინანტული კულტურები, რომლებიც დიდი რაოდენობით წარმოქმნიან ცელულაზებს (ყველა კომპონენტს). თუ ცელულოზის ფერმენტული ჰიდროლიზის ტექნოლოგია უახლოეს მომავალში წარმატებით დასრულდება, ვარაუდობენ, რომ ფერმენტების (ცელულაზების, ქსილანაზების, ლაკაზების, Mn-პეროქსიდაზების, ქსილოზომერაზებისა და სხვ.) წარმოების მასშტაბები ბევრად გადააჭარბებს ფერმენტების წარმოების სადღეისოდ არსებულ დონეს. ამ ტექნოლოგიის მიხედვით მიღებული გლუკოზა გამოყენებას პოვნებს არა მხოლოდ ეთილის სპირტის, როგორც ალტერნატიული საწვავის, წარმოებაში, არამედ მედიცინაში, ქიმიურ სინთეზსა და ბიოტექნოლოგიის სხვა დარგებში.

ბაქტერიები. ფერმენტირებული ბოსტნეულის, ხილის, თევზის, ხორცის, რძის ნაწარმის (ყველი, რძემყავური დუღილის პროდუქტები: მაწონი (იოგურტი), კეფირი, კუმისი, ხაჭო და სხვა) მოხმარებას მრავალსაუკუნოვანი ისტორია აქვს. ამ პროდუქტების წარმოება მჭიდროდ არის დაკავშირებული იმ ხალხების კულტურასა და ტრადიციებთან, რომლებმაც შექმნეს ეს ტექნოლოგიები. წარსულში ხალხმა ინტუიციურად გამოიყენა მიკროორგანიზმები, როგორც მთავარი ტექნოლოგიური აგენტები, პროდუქტისათვის გემოს და არომატის მისანიჭებლად. ასეულობით წლების განმავლობაში ეს ტექნოლოგიები სულ უფრო და უფრო სრულყოფილი ხდებოდა, ხოლო მიკროორგანიზმების კულტურები სელექციურად ირჩეოდა და თაობიდან თაობას პრიმიტიული მეთოდებით გადაეცემოდა.

ბიოტექნოლოგიაში, მიკრობიოლოგიასა და მოლეკულურ ბიოლოგიაში თანამედროვე მეთოდების გამოყენების მიუხედავად, დუღილის პროცესები, უაღრესი სირთულის გამო, ჯერ კიდევ არასაკმარისადაა შესწავლილი. ამიტომ ამ პროცესების კონტროლი და, მით უმეტეს, რეგულირება საკმაოდ რთულია. მიკროორგანიზმების არასაკმარისად გამოვლენილი მეტაბოლური პოტენციალი, თავის მხრივ, დუღილის პროცესების რეგულირებას ართულებს. საფუერებსა და მიცელიალურ სოკოებთან ერთად, ბაქტერიები ახორციელებენ ორგანული ნივთიერებების დუღილის სხვადასხვა ფორმას, რითაც

მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ საკვები (რძემჟავური, ძმარმჟავური) პროდუქტების წარმოებასა და მათი შენახვის ვადის გახანგრძლივებაში. მაგ., მხოლოდ 2001 წელს, აშშ-სა და ევროსაბჭოს ქვეყნებში მოხმარებული იყო გენმოდირებული ორგანიზმების (ბაქტერიების) ფერმენტების გამოყენებით წარმოებული 13 x 106 ტონა ყველი.

ამ ერთი თავის ფარგლებში შეუძლებელია თუნდაც მხოლოდ უკანასკნელი რამდენიმე წლის მანძილზე მიღებული ბაქტერიების რეკომბინანტული ფორმების მთელი მრავალფეროვნებისა და რაოდენობის განხილვა. ამიტომ მცირე ნაწილზე შეეჩერდებით, რომელიც მათი გამოყენების მასშტაბებსა და შესაძლო ფორმებზე იძლევა წარმოდგენას.

რძემჟავური ბაქტერიები გრამ დადებითი ბაქტერიების ჰეტეროგენური ჯგუფია, რომელთა ფიზიოლოგიური როლი ნახშირწყლების რძემჟავად, როგორც მათი მეტაბოლიზმის მთავარ პროდუქტად, ტრანსფორმირებაში მდგომარეობს. ჰომოფერმენტული რძემჟავური ბაქტერიები მაღლარი ნახშირწყლებიდან თითქმის რაოდენობრივი თანაფარდობით წარმოქმნიან რძემჟავას, მაშინ, როდესაც ჰეტეროფერმენტული რძემჟავური ბაქტერიები რძემჟავას წარმოქმნიან ძმარმჟავას, ეთილის სპირტსა და CO₂ ერთად. რძემჟავური ბაქტერიების ზოგიერთი ფორმა დუდილის პროდუქტების სპეციფიკური გემოს ჩამოსაყალიბებლად არომატულ ნაერთებს გამოყოფს. ფიზიოლოგიური ფუნქციისა და პრაქტიკული მნიშვნელობის თვალსაზრისით რძემჟავა ბაქტერიები მიკროორგანიზმების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ჯგუფია.

რძემჟავურ ბაქტერიებს შორის ყველაზე სრულად აღწერილა კულტურა *L. Lactococcus lactis*, თუმცა საკმარისი რაოდენობით ინფორმაციაა დაგროვილი რძემჟავური ბაქტერიების სხვა კულტურების შესახებაც. *L. lactis* კულტურის დნმ-ის სრული ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობის განსაზღვრამ ამ კულტურის გენეტიკური და ბიოქიმიური ანალიზის განხორციელება გახადა შესაძლებელი. ბოლო ორი ათწლეულის მანძილზე დიდი რაოდენობით მოლეკულური მეთოდებია შემუშავებული *L. lactis*-ის გენურ-ინჟინრული ტრანსფორმენტების მიღებისა და შეფასებისთვის. როგორც დადგინდა, *Lactococcus lacti* გენომი შედგება ცირკულარული ქრომოსომებისა და არაქრომოსომული პლაზმიდური დნმ-ისაგან, მაგ., *Lactococcus lacti* შტამის IL 1403 მთელი ქრომოსომის ნუკლეოტიდური თანმიმდევრობა შეიცავს 2365x106 ფუძეთა წყვილს. ცალკეული კულტურები შეიცავს პლაზმიდების ერთიდან ათამდე სახეობას, რომელთა ზომა 2-დან 130-ზე მეტი კბ-ია (კილობეისი-1000 ფუძეთა წყვილი). ეს პლაზმიდები რძემჟავა ბაქტერიების კულტურების სამრეწველო გამოყენებისთვის მნიშვნელოვან მახასიათებლებს წარმოადგენს, კერძოდ, მათ ლაქტოზის ლიმონმჟავად ტრანსფორმირების უნარი გააჩნიათ.

მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე, რძემჟავა ბაქტერიების გენომი დღეისათვის განიხილება როგორც სტრუქტურა, რომელიც საკმაოდ კარგად ემორჩილება გენური ინჟინერიის მანიპულაციებს. *Lactococcus lacti* ცალკეული შტამების გენეტიკური მოდიფიკაცია, როგორც ეს ბოლო დროს იყო ნაჩვენები, სხვადასხვა მეთოდით მიიღწევა. ასე, მაგ., კონსტრუირებულია მრავალი პლაზმიდური ვექტორი რძემჟავა ბაქტერიების გენომში ცალკეული გენების კლონირებისთვის. ასევე შეიქმნა ვექტორები პრომოტორისა და ტერმინატორის სტრუქტურის ანალიზისთვის. სისტემებისთვის, რომლებიც კვების მრეწველობაში გამოიყენება, გარკვეული მოთხოვნები არსებობს, მაგ., ისინი, უპირველეს ყოვლისა, ანტიბიოტიკების მიმართ რეზისტენტულობის გენებისგან თავისუფალი უნდა იყვნენ. *L. lactis* ცალკეული გენების გამოყენებით, შეიქმნა ე.წ. „ფოოდ-გრადე“ პლაზმიდები. დადგენილია, რომ *lacF*- გენის შემცველი პლაზმიდა არის დომინანტური მარკერი *L. lactis* მუტანტების ზრდისთვის ლაქტოზის შემცველ არეზე.

გენური ინჟინერიის სხვადასხვა მეთოდით მიღებული რძემჟავა ბაქტერიების მუტანტები წარმოადგენენ არა მარტო სამრეწველო გამოყენების თვალსაზრისით მნიშვნელოვან შტამებს, არამედ მეცნიერული ანალიზის ობიექტებსაც, რაც ბაქტერიების გენეტიკური ინჟინერიის შემდგომ პროგრესს უწყობს ხელს.

13.5.2. აზოტის ფიქსაციის პროცესში მონაწილე მიკრო-ორგანიზმების გენეტიკური მოდიფიცირება; თავისუფლად მცხოვრები აზოტფიქსატორები

აზოტი ცოცხალი მატერიის ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტია. ის აუცილებელია ცილების, ნუკლეინის მჟავებისა ასაგებად. მშრალ ჰაერში აზოტის შემცველობა 79%-ია. მიუხედავად აზოტის ასეთი უზარმაზარი მარაგისა, როგორც ცოცხალი ორგანიზმები, ასევე მრეწველობაც აზოტის საგრძნობ უკმარისობას განიცდის. საქმე იმაშია, რომ ცოცხალი ორგანიზმების დიდი უმრავლესობა ვერ ითვისებს მოლეკულურ აზოტს მისი ქიმიური ინერტულობის გამო. ასევე შეუძლებელია მოლეკულური აზოტის გამოყენება აზოტის წყაროდ სხვადასხვა ტექნოლოგიურ პროცესში. ცოცხალ ორგანიზმებს აზოტის შეთვისება შეუძლიათ მხოლოდ ბმულ მდგომარეობაში.

ბმული აზოტის წარმოქმნის ძირითადი შესაძლებლობა ჩვენს პლანეტაზე მის ბიოლოგიურ ფიქსაციაში მდგომარეობს. აზოტფიქსაციის პროცესი, ფოტოსინთეზთან ერთად, ის ორი გენერალური პროცესია, რომელიც დედამიწაზე სიცოცხლეს განაპირობებს. თანამედროვე სოფლის მეურნეობა წარმოდგენილია მცენარის სათანადო

რაოდენობით ბმული აზოტით მომარაგების გარეშე. აზოტფიქსაციის პროცესში მონაწილეობენ როგორც მიკროორგანიზმები, ასევე უმაღლესი მცენარეები ძირითადად პარკოსნები, ზოგიერთ აზოტმაფიქსირებელ ბაქტერიასთან (კოჟრის ბაქტერიები) სიმბიოზში. აზოტმაფიქსირებელი ორგანიზმების არსებობა 120 წლის წინათ გახდა ცნობილი. 1888 წელს ხილგერილმა და ვილფარტმა გამოყვეს და შეისწავლეს *Rhizobium* –ის გვარის ბაქტერია. მას შემდეგ მოლეკულური აზოტის ფიქსაცია, როგორც ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ბიოლოგიური პროცესი, ინტენსიურად ისწავლება. თუმცა, ამ პროცესის ბიოქიმიური მექანიზმის ზოგიერთი დეტალი დღემდე გაურკვეველია. უკანასკნელ ხანს დადგინდა, რომ, გარდა კოჟრის ბაქტერიებისა (*Azotobacter*, *Clostridium*), აზოტფიქსაციის უნარი გააჩნიათ სხვა გვარის ბაქტერიებსაც: ციანობაქტერიები (*Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus polymixa*), ქემოლიტუავტოტროფული (*Xantobacter autotropichus*), მეთილტროფული, სულფატაღმდგენელი და მეთანწარმომქმნელი ბაქტერიები.

მოლეკულურ აზოტს განსაკუთრებით ინტენსიურად აფიქსირებენ *Azotobacter*-ის ცალკეული წარმომადგენლები. ამ გრამუარყოფით, აერობულ ბაქტერიებს შეუძლიათ აითვისონ და გარდაქმნან ორგანული ნაერთების ფართო სპექტრი. *Azotobacter*-ის წარმომადგენლები გვხვდება სხვადასხვა ნიადაგში, წყალში, განსაკუთრებით ხშირად, მცენარის ფესვთა სისტემაში.

საკმაოდ მნიშვნელოვანია თავისუფლად მცხოვრები ციანობაქტერიების აზოტმაფიქსირებელი პოტენციალი. როგორც წესი, ციანობაქტერიები გვხვდება ღარიბ და მწირ ნიადაგებში, განსაკუთრებით დაბალ და მაღალ ტემპერატურაზე. მათი ზრდა-განვითარება შესაძლებელია როგორც ტიპური თავისუფლად მცხოვრები ბაქტერიებისათვის, ასევე სიმბიოზურად ცხოვრების პირობებში. ყველა აზოტმაფიქსირებელი ორგანიზმი ფლობს აბსოლუტურად იდენტურ ფერმენტულ სისტემას, რომელიც მოლეკულურ აზოტს ამონიაკად გარდაქმნის. ეს ფერმენტული სისტემა არის ნიტროგენაზული სისტემა. ფერმენტი ფართო სუბსტრატული სპეციფიკურობით ხასიათდება და აღადგენს არა მარტო აზოტს, არამედ სხვა სუბსტრატებსაც: ციანიდებს, აზოტის ზეჟანგებს, აცეტილენს. ზოგადად, მოლეკულური აზოტის ფიქსაცია ურთულესი მრავალსაფეხურიანი პროცესია და ამის უნარი მხოლოდ ზოგიერთ, განსაკუთრებული კომპონენტების მქონე ორგანიზმს შესწევს. ამ პროცესში ბევრი რამ გაურკვეველია, მაგრამ ერთი გარემოება მაინც უნდა აღინიშნოს. მოლეკულურა აზოტის ბიოლოგიური ფიქსაცია საჭიროებს დიდძალ თავისუფალ ენერგიას და საკმაოდ დაბალი ეფექტურობით ხასიათდება. ცხადია, რომ ამ პროცესისათვის საჭირო ენერგიის მხოლოდ მცირე ნაწილი ხმარდება ამონიაკის სინთეზს.

უკანასკნელი 15-20 წლის განმავლობაში დიდი ყურადღება ექცევა სხვადასხვაგენურიინჟინერიისმეთოდებითახალიაზოტმაფიქსირებელი ორგანიზმების შექმნას და არსებულის ეფექტურობის გაზრდას. ამ კვლევებში მანიპულირების ობიექტებს აზოტფიქსაციის 17 ე.წ. *mif*-გენი წარმოადგენს. ინგლისში, სასექსის უნივერსიტეტში შექმნეს პლაზმიდი, რომელიც აზოტფიქსაციაში მონაწილე 17-ვე *mif* -გენს შეიცავდა. პლაზმიდა გადაიტანეს *E.coli*-ს უჯრედში, რომელსაც აზოტფიქსაციის უნარი გააჩნია. ამ მანიპულაციის შედეგად *E.coli*-ის ტრანსფორმანტს გაუჩნდა აზოტის ფიქსაციის უნარი და ეს თვისება შემდგომ თაობებს გადაეცა. ეს იყო პირველი იმედის მომცემი შედეგი აზოტმაფიქსირებელი ახალი ორგანიზმების კონსტრუირებაში. თუმცა, მრავალი წინააღმდეგობა ამ საკითხის გადაწყვეტაში ჯერ კიდევ არსებობს და სერიოზული კვლევის საგანს შეადგენს.

ლიტერატურა:

1. ბაკურიძე ა., ე. კვესიტაძე, დ. ლაღანიძე – თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის შესავალი, 2009 წ, ბათუმი.
2. გ. კვესიტაძე, ე. კვესიტაძე – ბიოტექნოლოგია, 2000წ, თბილისი
3. მ.გორდეზიანი, გ. კვესიტაძე-ეკოლოგიის ქიმიური საფუძვლები, 2000 წ, თბილისი.
4. Bull A.T., Ward A.C., Goodfellow M. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 2000, v. 64. pp.573.
5. Лобанок А. Г. Биотехнология - признак современности и прогресса. 2006. Наука и инновации. Том 11(45), 25-30.
6. Demain A. L. 2000. Trends in Biotechnology. Vol. 18.
7. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 2002, v. 66, pp. 39.
8. Reshetilov A. Biotechnology J., 2006, v.2, pp. 849.
9. Renneberg R. Demain A., Biotechnology for begginers. 2007. Academic press, pp. 360.
10. Najafpour G., Biochemical engineering and Biotechnology. 2006. ISBN – 13, pp 438.
11. მ. გორდეზიანი, გ. ხატისაშვილი, ე. კირთაძე. 2004. ბიოენერგეტიკა და ჟანგვითი პროცესების რეგულაცია. თბილისი. 245გვ.
12. Baader W., Weiland P. Biotechnological methods for the utilization of residues and by-products of agricultural production. 1991. In: Natural Resources and development. Vol. 34, 48-65pp.
13. Bisaria R., Madan M., Vasudevan P. 1997. Utilization of agro-residues as animal feed through bioconversion. Biores. Technol. 59, 5-8.
14. FAO. 1982. Agricultural residues – Compendium of Technologies. Agricultural Services Bulletin 33. Rev. 1. Rome: Food and Agricultural Organization.
15. Moulin G., Galzy P. Whey, A potential substrate for biotechnology. 1984. In: Biotechnology and genetic engineering Reviews. Vol.1 (Russel G. E. Ed.). pp347-374.
16. Квеситадзе Г. И., Хатисашвили Г. А., Садунишвили Т. А., Евстигнеева З. Г. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях. 2005, Москва. с 199.
17. Renneberg R. Demain A., Biotechnology for begginers. 2007. Academic press, pp. 360.
18. Безбородов А.М. Биотехнология продуктов микробного синтеза. М. ВО Агропромиздат, 1991, с. 235.

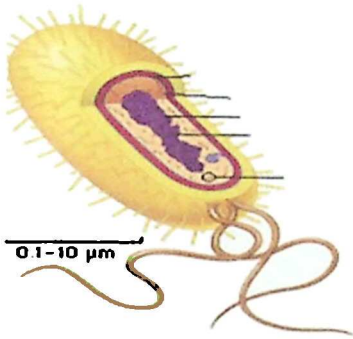
19. Chitranjan Kole and Timothy C. Hall. 2008. Compendium of Transgenic Crop Plants.
20. Kazuko Yamaguchi-Shinozaki, Kazuo shinozaki. 2006. Transcription Regulatory Networks in Cellular Responses and tolerances to Dehydration and cold Stresses. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 57:781-803
21. E. Pilon-smith. 2005. Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 56 :15-39
22. Brian Miki, Sylvia Mchugh. 2004 . Selectable marker genes in transgenic plants: applications, alternatives and biosafety . *Journal of Biotechnology.* 107:193-232
23. T. Karan, B Sigh et al .2002. Transcription factors in plant defenseand stress responses. *Current opinion in Plant Biology.* 5:430-436
24. Sambrook J; E. F. Fritsch, T. Maniatis. 2000. Molecular Cloning a laboratory Manual, 2nd ed. Cold spring Harbor Laboratory, Cold Sprig Harbor, N.Y.
25. Wilcox G; G..M.Sttudnicka. 1998. Expression of foreign proteins in microoorganizms. *Biotechnol. Appl. Biochem.* 10:500-509
26. B.Glick, J. Pasternak . 1998. Molecular Biotechnology. Principles and Application of Recombinant DNA.
27. Никульников В. С., Кретинин В. К., Биотехнология в животноводстве. 2007. с 544.
28. Demain A.L. Microbial natural products. 1998. *Nat. Biotechnol.* Vol. 16, N 3/4..
29. Smith J. Biotechnology. 1996. Cambridge: Univ. press, pp 236 .
30. Kopetzki E., Lehnertt K., Buckel P. Enzymes in Diagnostics: Achievment and Possibilities of Recombinant DNA Technology. 1994. *Clin. Chem,* 40, 688-704.
31. Kresse G-B. Analytical uses of enzymes. 1995. In: *Biotechnology*, 2nd addition. (H-J. Rehm & G. Reed, eds.), pp. 138163, Verlag Chemie, Weinheim
32. Kometiani Z. Kinetic analysis of the multi-sited enzyme systems. 2007. *Sakartvelos Macne.* (G. Chkadua ed), pp 109.
33. Perry J., Staley J., Lory S. Microbial Life. 2002. Ed. A., Sinauer. Sinauer Assotiates. Sunderland, Massachusetts, pp 811.
34. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. 2002. Москва, "Мир", с. 589.
35. Caifee J., Barfield C. Biotechnology and the Patent System. 2007. *Rennenberg R. Demain A., Biotechnology for begginers.* 2007. Academic press, pp. 360. ISBN:978-0-8447-4256-4. University of Chicago
36. Ratledge C., Kristiansen B. Biotechnology. 2002. Ed, Cambridge University Press, pp 569.

37. Biotechnology, Agriculture, and Food security in South Africa. 2005. Eds. S. Omamo, K. von Grebmer. ISBN 0-89629-737-3. Entire Book (PDF 3.3MB). pp 297.
38. Arora D., Berka R., Genes and Genomics. 2005. ELSEVIER, pp 444.
39. Рабинович М. Л., Болобова А. В., Кондращенко В. И. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов. Древесина и разрушающие ее грибы. 2002. М. Наука. с.263.
40. Ryabova O. B., Chmil O. M., Sibiry A. A. FEMS Yeasts Res., 2003, v.4, p. 157-164
41. Lynd L. R., Weimer P.J., van Zyl W.H., Pretorius L. S. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2002, v. 60, p. 506-577
42. IPCC (2000) Special report on Land Use, Land Use Change, and Forests. Summary available at www.ipcc.ch.
43. Dornburg V., Faaij A. System analysis of Biomass energy system efficiencies and economics in relation to scale. 2000 In: Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Seville, pp 847-850. James & James (Science Publishers) Ltd, London, UK.
44. US Department of Energy. 2000 Annual Energy Outlook, DOE/EIA-0554(2000). US Department of Energy, Washington DC.
45. Pogoreutz M. 2000. Economical and technological comparison of small-scale CHP on the basis of biomass. In: Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Seville, pp 821-824. James & James (Science Publishers) Ltd, London.
46. Calais P., Sims R. E. H. A comparison of life-cycle emissions of liquid biofuels and liquid and gaseous fossil fuels in the transport sector. 2000. In: Proceedings of the 37th Annual Conference of the Australia and New Zealand Solar Energy Society, Brisbane, December. ACN 006 824 148. ANZSES, Maroubra, Australia (available only on CD-ROM).
47. Czernik S., French R., Feik C., Chornet E. Production of hydrogen from biomass-derived liquids. 2000. In: Proceedings of the US DOE Hydrogen Program Review, NREL/CP 570-28890. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA.
48. Лутова А.А., Проворов Н.А., Тиходеев О.Н., Тиханович И.А., Ходжайова Л.Т., Шишкова С.О. Генетика развития растений, 2000, с 539. Ред. С.Г. Инге-Вечтомов, изд. «Наука», Санкт-Петербург.
49. Никульников В. С., Биотехнология в животноводстве. 2007. Колос, с 544.
50. Ray V. Herren. Introduction to Biotechnology an Agricultural Revolution. 2005, p 413, Delmar Learning.
51. Dai S., Zheng P., Marmry P., Zhang S., Tian., Fauquet C. Comparative analysis of transgenic rice plants obtained by Agro bacterium-mediated transformation and particle bombardment. 2001. Mol. Breeding, 7 (1):25-33..

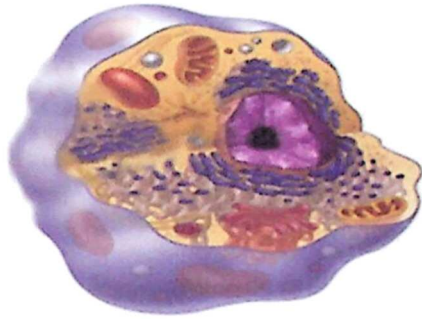
52. Kareiva P., Stark J. Environmental risk in agricultural biotechnology. 1994. Chemistry and Industry 52, 5.
53. Smith J. Biotechnology, 1997. 236p. Cambridge University Press.
54. Clark D. Molecular Biology. 2005 Academic Press, 816 pages.
55. Raafat El-Gewely R. Biotechnology Annual Review. 2008 Elsevier, 450 pages.
56. Clark D., Pazdernik N. Biotechnology. 2008. Academic Press, p 848.
57. Duchler M., Pengg M., Shuller S., Pfneisl F., Bugingo C., Brem G., Wagner E., Schellander K., Muller M. 2002. J. Gene Med., 4, 282-291
58. Herren R., V., Biotechnology an Agricultural Revolution. 2005. Delmar Learning Press, Clifton Park, 413 p.
59. Law B. A. 2001. Int. Dairy J. 11, 383-389
60. Lengsfeld C. S., Anchordoquy T. J. J. Pharmaceut. Sci., 2002. 91, 1581-1589
61. Moellenbeck D. J., Peters M. L., Bing J.W. 2001. Nature Biotechnology, 19, 668-672
62. Ratledge C., Rristisnsen B. Basic Biotechnology. 2001. Cambridge University Press, Cambridge, 568 p.
63. Clark D., Pazdernik N. Biotechnology. 2008, Academic press, p 848.
64. თენგიზ ურუშაძე, ვინფრიდ ბლუმი - ნიადაგების გეოგრაფია ნიადაგმცოდნეობის საფუძვლები. თსუ, თბილისი, 2012, 425 გვ.
65. Bune R.G.H., Ryszkowski L., Paoletti M.G. Landscape Ecology and Agroecosystems. Lewis Publishers. Boca Raton-Ann Arbor-London-Tokyo, 1993, 315 pp.
66. Odum E.P. Ecology and our Endangered Life-Support Systems. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts, 1993, 380 pp.
67. Paoletti M.G., Pimentel D. Biotic Diversity in Agroecosystems. Amsterdam-London-New York, Tokyo, 1992, 255 pp.
68. Shiyomi M., Yano E., Koizumi H., Andow D.A. and Hokyo N. Ecological Processes in Agroecosystems. Printed in Japan by Yokendo Publishers, Tokyo, 1992, 270 pp.
69. Agroecology: The Use of Rocks for Crops. Enviroquest Ltd., Cambridge, Ontario, Canada, 440
70. Trevor M. Letcher; Danie A. Vallero. Waste: A handbook for Management, first edition 2011, Elsevier Inc. 341-355pp.
71. საქართველოს სანიმუშო სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკის კოდექსი, საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, 2007;
72. შაქრო ფალავანდიშვილი, თეო ურუშაძე, თამარ ქვრივიშვილი, დარეჯან ჯაში. ნიადაგის ეკოლოგია. ბათუმი-თბილისი, 2009, 252 გვ.
73. თეო ურუშაძე, დიანა ხომასურიძე. პრაქტიკული აგროეკოლოგიაში. "მწიგნობარი", თბილისი, 2010, 146 გვ.

სურათები

სურ.2.1. უჯრედის ტიპები:

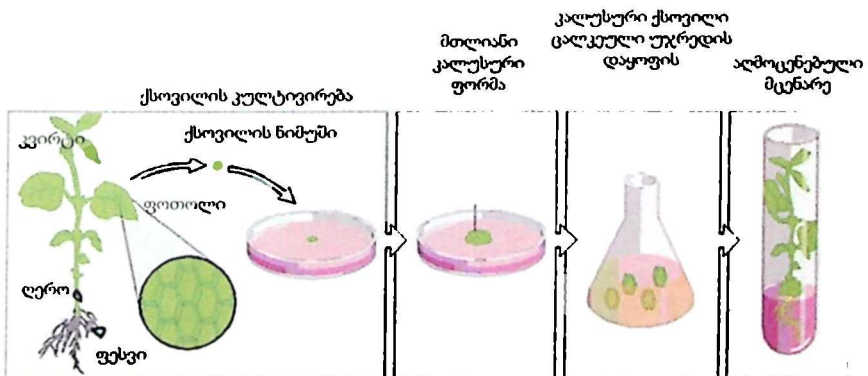


1- პროკარიოტის უჯრედი

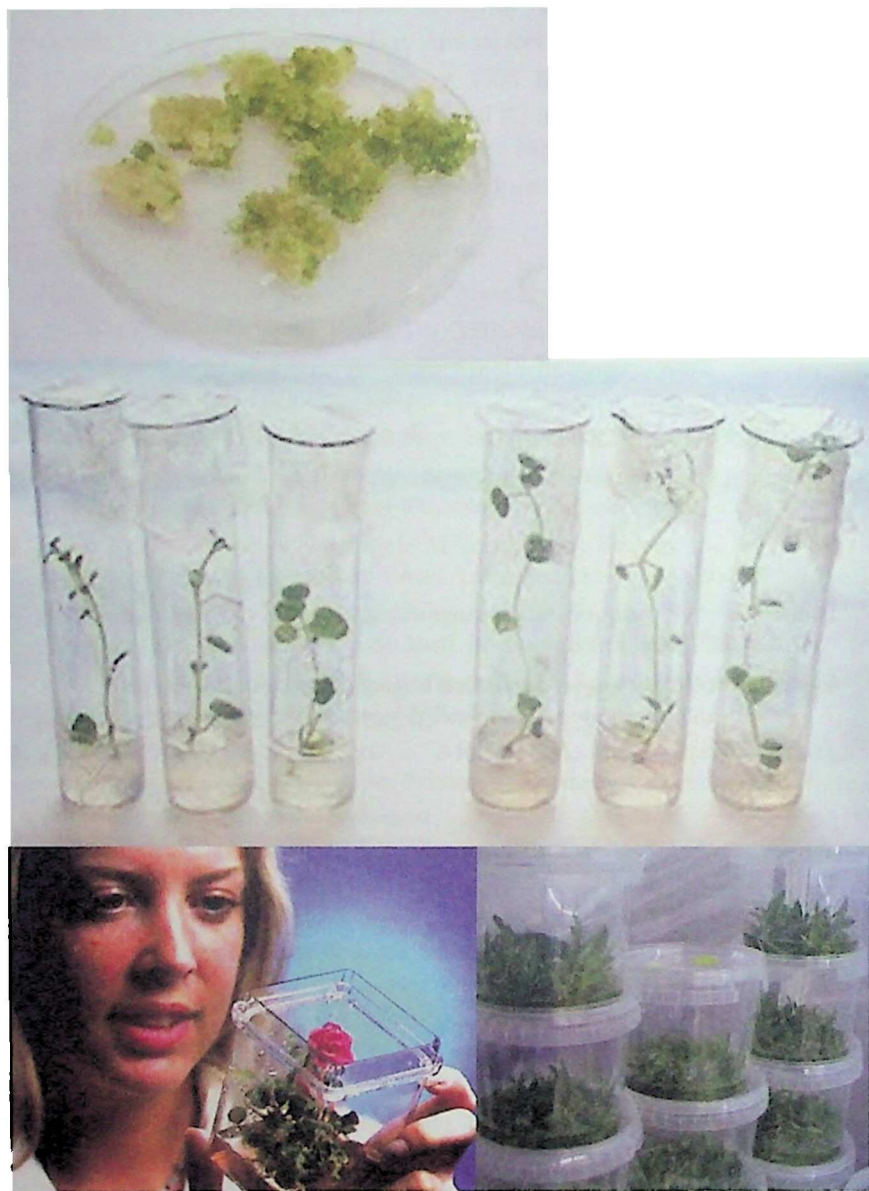


2- ეუკარიოტის უჯრედი

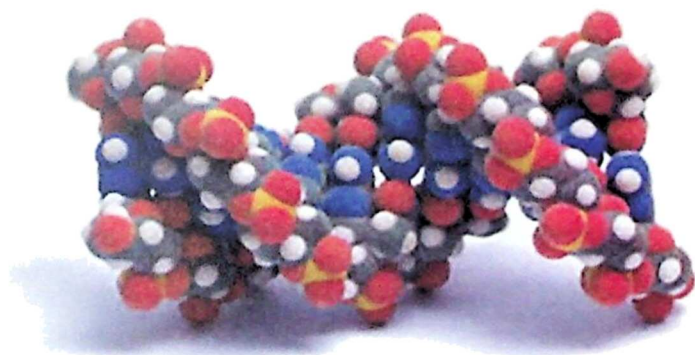
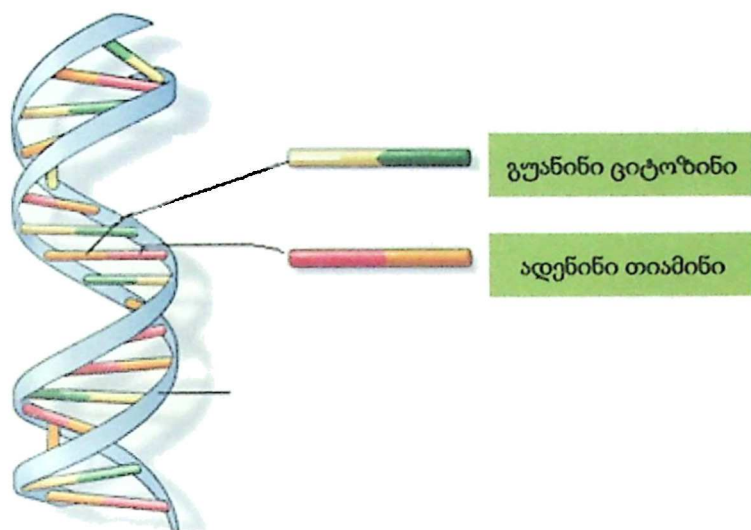
სურ.2.2. ზრდასრული მცენარის სხვადასხვა ორგანოებიდან გამოყოფილი იზოლირებული ქსოვილის კულტივირება



სურ.2.3. ზრდასრული მცენარის სხვადასხვა ორგანოებიდან
გამოყოფილი იზოლირებული ქსოვილის კულტივირება



სურ.2.5. დნმ მოლეკულა



სურ.3.1.

აგროცენოზის უკავია ხმელეთის 10% (1,2 მლრდ. ჰა) და ადამიანებს
ამარაგებს 90 % მდე კვებითი ენერგიით



ა



ბ



ა) ბუნებრივი ცენოზი;



ბ) აგროცენოზი

სურ.3.2. საქართველოს ძირითადი აგროცენოზი



1. დიკა (*Triticum carthlicum*) — ძველი ქართული საგაზაფხულო ხორბლის სახეობა



2. ჭვავი, ანუსვილა (*Secale cereale*)

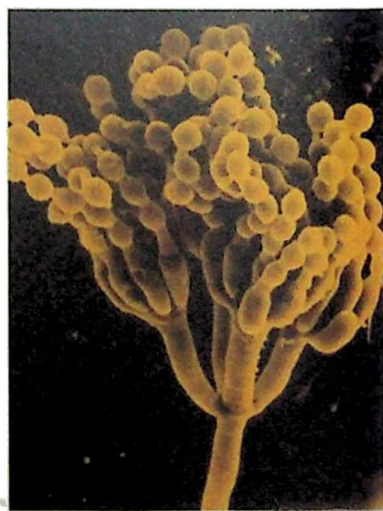
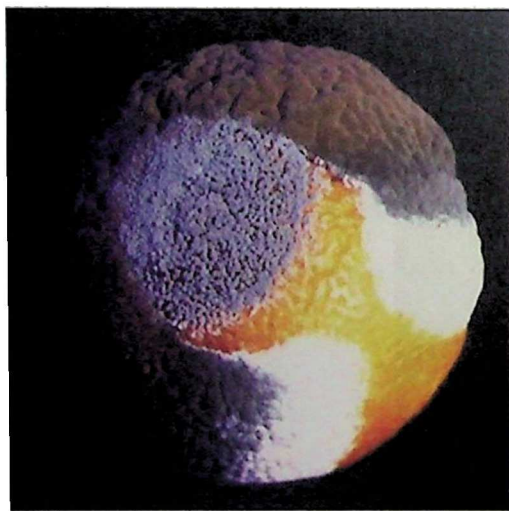


3. ზერია (ლათ. *Avena*)

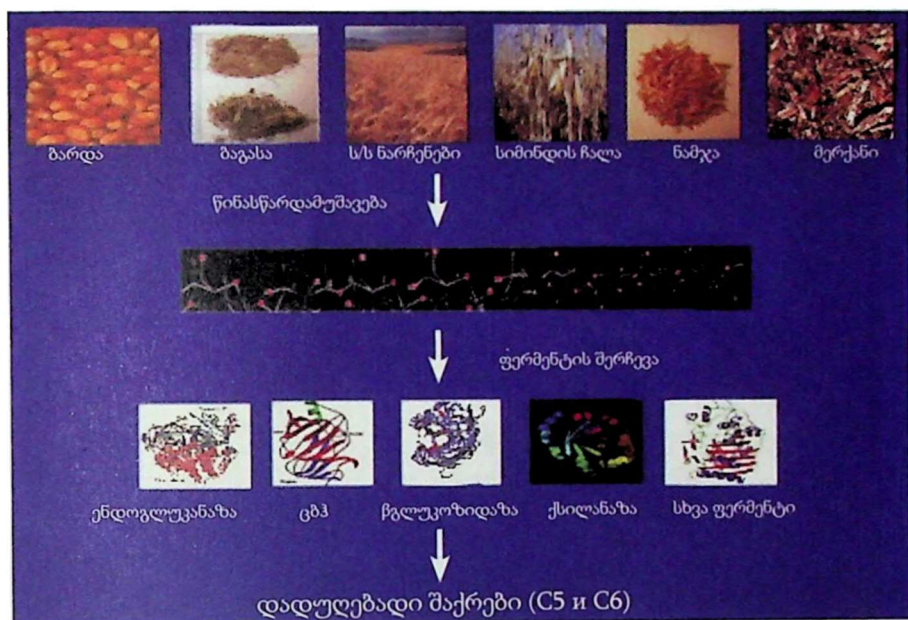
სურ.3.3. მდგრადი აგროეკოსისტემა



სურ. 4.1. პირველი ზუნებრივი ანტიბიოტიკი (penicillin),
მიღებული მიკროსკოპული სოკოდან *Penicillium*.



სურ. 5.5. ლიგნოცელულოზური ნარჩენებიდან მარტივი შაქრების მიღების სქემა ფერმენტული ჰიდროლიზის გზით



სურ. 5.6. ბიოგაზს ნებისმიერი მცენარეული ბიომასისა და
მეცხოველეობის ნარჩენების ანაერობული დადუღებით
ღებულობენ.

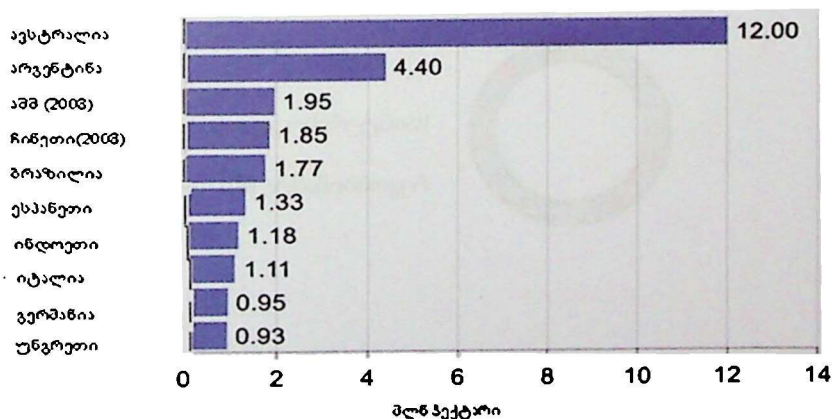
ლორის ნაკელის გადამამუშავებელი ბიოგაზის დანადგარი
დიდ ბრიტანეთში



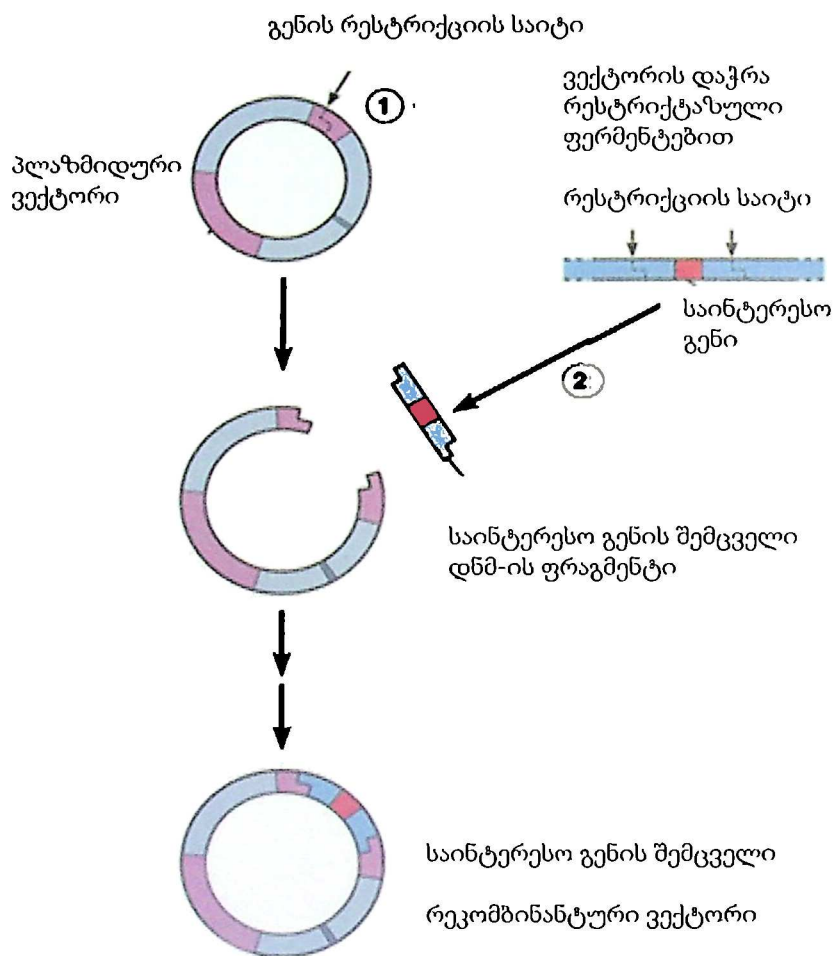
სურ. 5.7. საპილოტე და კომერციული ქარხნები, რომლებიც აწარმოებენ ბიოეთანოლს არასაკვები ბიომასიდან (>56)



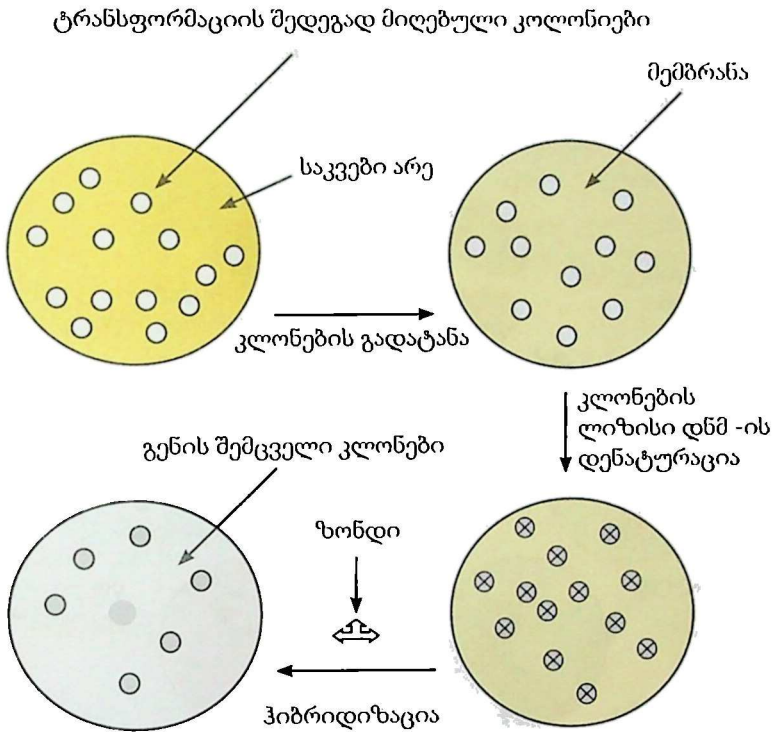
სურ. 7.1. ქვეყნების მსოფლიო ათეული ორგანული ფართობების მიხედვით



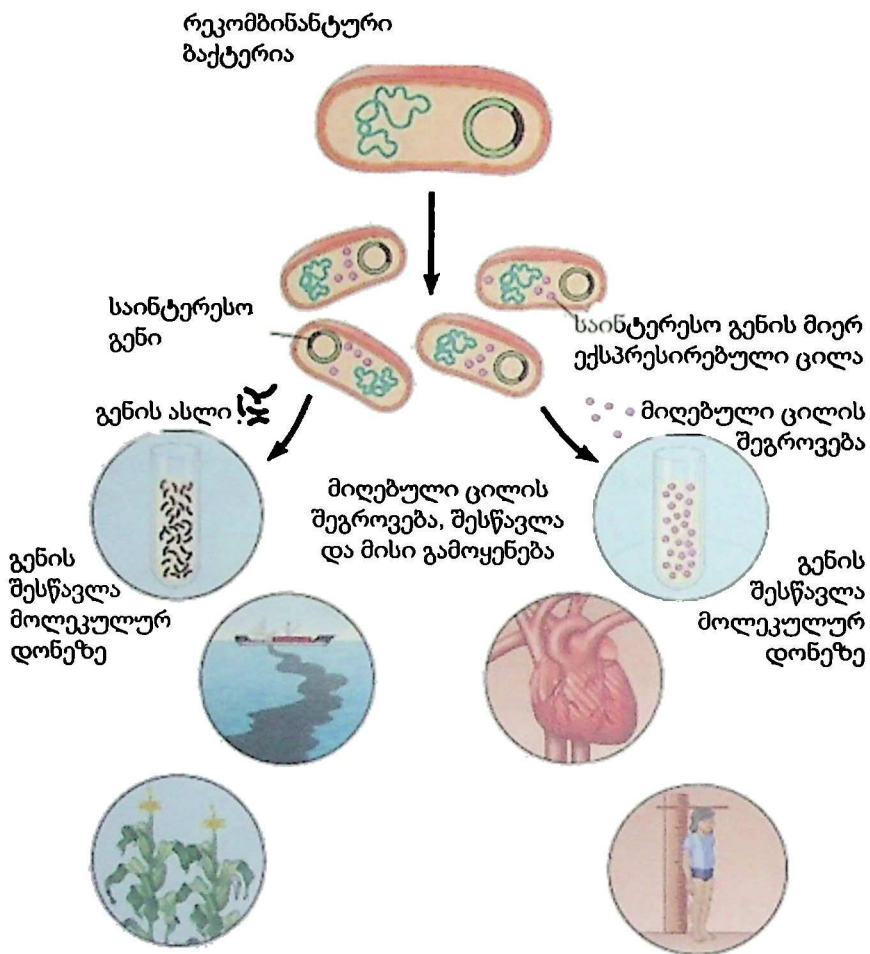
**სურ13.1. საინტერესო გენის შემცველი დნმ-ის ფრაგმენტის
ჩართვა ვექტორში ფერმენტ ლიგაზას საშუალებით**



სურ.13.2. გენომური ბიბლიოთეკის სკრინინგი
ჰიბრიდიზაციის მეთოდით

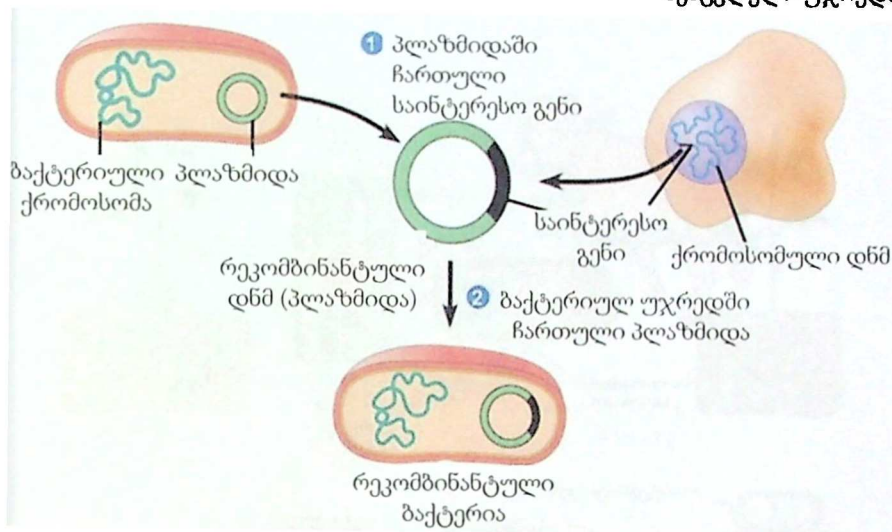


სურ.13.3. გენის კლონირება ბაქტერიებში

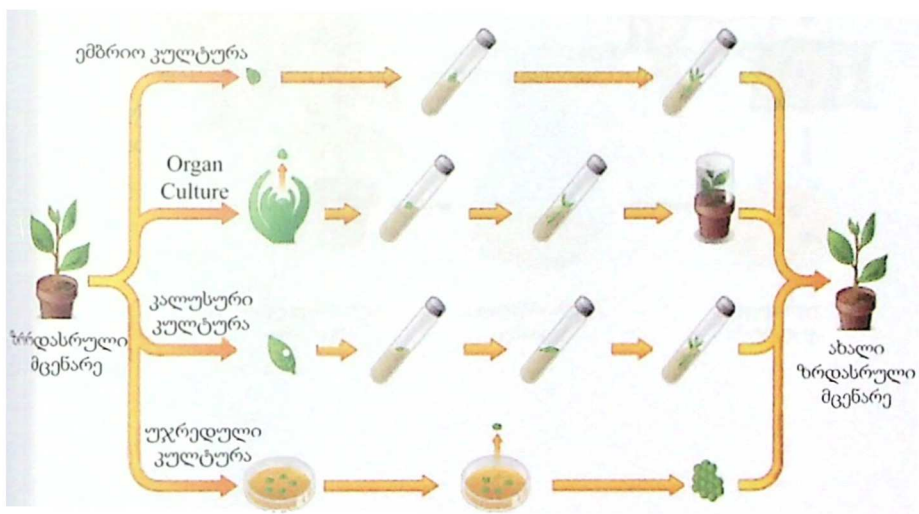


ბაქტერია

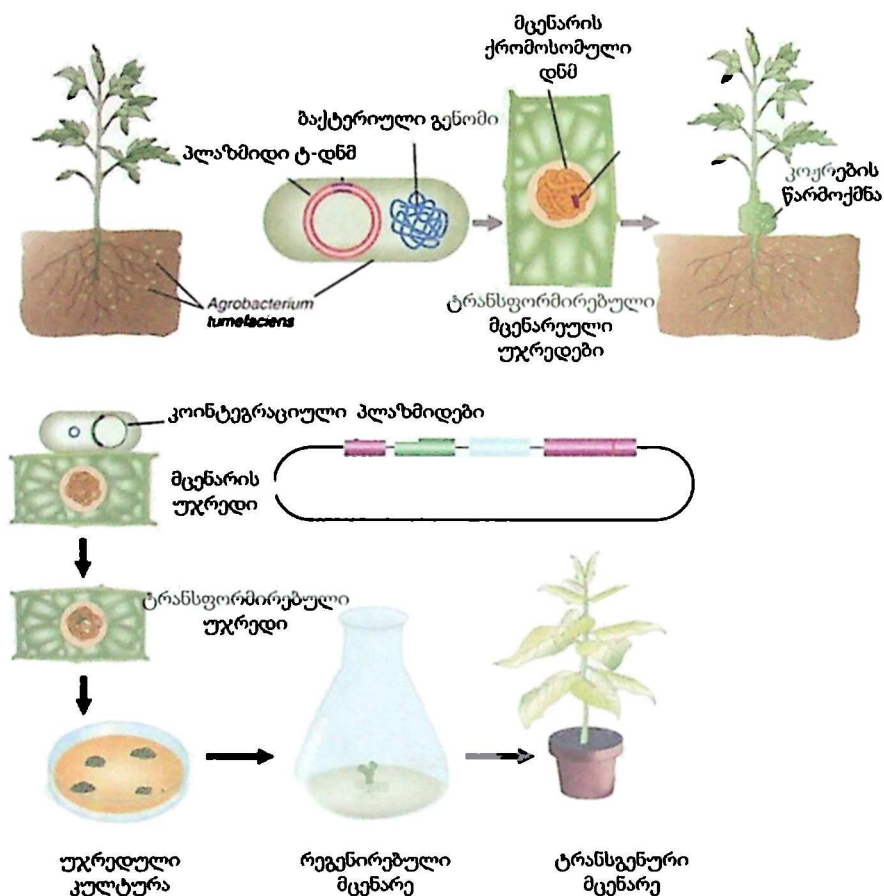
საინტერესო გენის შემცვლელი უჯრედი



სურ.13.4 უჯრედული კულტურები



სურ.13.5. *Agrobacterium tumefaciens*-დან მცენარეში Ti პლაზმიდების ტრანსფორმაცია და ტრანსგენური მცენარის მიღება



13.6. ტრანსგენური ცხოველების მიღების სქემა

