სამაგისტრო ნაშრომი

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გამოყენებითი ბიომეცნიერებათა ფაკულტეტი

ია ბანეთაშვილი

აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების გამოყენება ფიტოპათოგენური ბაქტერიებით გამოწვეული კარტოფილის ზოგიერთი დაავადების წინააღმდეგ

ნაშრომი წარმოდგენილია გამოყენებითი ბიომეცნიერებების მაგისტრის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია სოფლის მეურნეობის სამინისტროს ლაბორატორიაში (LMA)

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:

მანანა გურიელიძე - ბიოლოგიის აკადემიური დოქტორი

მანანა ზუბადალაშვილი - ბიოლოგიის მაგისტრი

თბილისი 2019 წ.

შინაარსი

გვ.

შინაარსი..... 3

ანოტაცია 5

შესავალი 7

I. ლიტერატურული მიმოხილვა 11

I.1. ცნება აქტინომიცეტების შესახებ 11

I.1.1. აქტინომიცეტების ადგილი მიკროორგანიზმთა

სამყაროში 11

I.1.2. აქტინომიცეტების ეკოლოგიურ-გეოგრაფიული

გავრცელება 13

I.1.3. აქტინომიცეტების ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური

თავისებურებანი 15

I.2. აქტინომიცეტები და მათი მეორადი მეტაბოლიტები..... 17

I.2.1. აქტინომიცეტ-ანტაგონისტები..... 17

I.2.2. აქტინომიცეტების მიერ წარმოქმნილი ანტიბიოტიკური

ნივთიერებები..... 19

1.2.3. აქტინომიცეტები და მათი მეტაბოლიტები, როგორც მცენარის

ზრდის და განვითარების სტიმულატორები 21

I.3. კარტოფილის ბაქტერიული დაავადებები..... 23

I.3.1. კარტოფილის მურა სიდამპლე 23

I.3.2. კარტოფილის რგოლური სიდამპლე 25

I.3.3. კარტოფილის სველი სიდამპლე 26

II. ექსპერიმენტული ნაწილი ……...….. 29

II.1. კვლევის მასალები და მეთოდები ……...…...… 29

II.1.1. ნიადაგის მიკროფლორის შესწავლა ……..……...….... 29

II.1.1.1. მიკროორგანიზმთა გამოყოფა ნიადაგიდან 29

II.1.1.2. აქტინომიცეტების სუფთა კულტურების

გამოყოფა ნიადაგიდან 29

II.1.2. საკვები არეების შემადგენლობა გ/ლ 30

II.1.3. მიკროორგანიზმთა მორფოლოგიური თვისებების

შესწავლა 32

II.1.4. აქტინომიცეტების ანტაგონისტური უნარის

შესწავლა აგარის ბლოკის მეთოდით 33

II.1.5. ნახშირბადის და აზოტის სხვადასხვა წყაროს

შეთვისების უნარის შესწავლა 33

II.1.6. ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური თვისებების შესწავლისას

გამოყენებული ტესტები 33

II.2. კვლევის შედეგები და მათი განხილვა …… …….…….. 35

II.2.1.საქართველოს სხვადაასხვა ნიადაგის მიკროფლორა

კარტოფილის გავრცელების არეალში 35

II.2.2. აქტინომიცეტების სუფათა კულტურების გამოყოფა

და კულტურალური თვისებების შესწავლა 36

II.2.3. აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების გამოვლენა

ფიტოპათოგენური ბაქტერიების მიმართ 39

II.2.4. აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების ბიოლოგიის

შესწავლა 42

დასკვნები 50

გამოყენებული ლიტერატურა 51

ანოტაცია

სამაგისტრო ნაშრომი „აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების გამოყენება ფიტოპათოგენური ბაქტერიებით გამოწვეული კარტოფილის ზოგიერთი დაავადების წინააღმდეგ“ წარმოდგენილია 55 გვერდით. ნაშრომი შეიცავს შესავალს, ლიტერატურულ მიმოხილვას, ექსპერიმენტულ ნაწილს ცხრილებით და ილუსტრაციებით, გამოყენებულ ლიტერატურას.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა კარტოფილის ნათესების ნიადაგებიდან აქტინობაქტერიების გამოყოფა და ანტაგონისტების გამოვლენა ფიტოპათოგენური ბაქტერიების - *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus* და *Dickeya solani*-ის წინააღმდეგ; ფიტოპათოგენური ბაქტერიების მიმართ ანტაგონისტური აქტინომიცეტების იდენტიფიკაცია.

ფიტოპათოგენური მიკროორგანიზმების მიერ გამოწვეულ დაავადებათა შორის მნიშვნელოვანია კარტოფილის ბაქტერიული დაავადებები: მურა სიდამპლე, რგოლური სიდამპლე და სველი სიდამპლე.

მიუხედავად მრავალი პესტიციდის არსებობისა, ჯერ კიდევ მრავლადაა დაუმარცხებელი და ცუდად კონტროლირებადი მცენარეთა დაავადებები. აქედან გამომდინარე, აქტუალურია ქიმიური პესტიციდების ალტერნატივად, როგორც ანტიმიკრობული აგენტი, ბიოპრეპარატების გამოყენება. ამავე დროს, მცენარეთა დაავადებებისაგან დაცვის ბიოლოგიური მეთოდის საფუძველია მიკროორგანიზმები, რომელთა მოქმედება ეფუძვნება მიკროორგანიზმთა ანტაგონისტურ ურთიერთდამოკიდებულებას. ნიადაგის მიკროფლორას შორის კი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ჯგუფია აქტინომიცეტები. ისინი მრავალი ანტიბიოტიკის და ფერმენტის პროდუცენტები არიან, რაც ქმნის მათი გამოყენების საფუძველს ფიტოპათოგენური მიკროორგანიზმების წინააღმდეგ.

ჩატარებული სამუშაოს საფუძველზე გამოვლინდა საქართველოს ნიადაგებში, გარკვეულ ეკოლოგიურ გარემოს შეგუებული აქტინომიცეტები. გამოვლენილ იქნა ფიტოპათოგენური ბაქტერიების - *Ralstonia solanacearum, Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus* და *Dickeya solani*-ის მიმართ ანტაგონისტები, რომლებიც წარმოადგენენ საფუძველს ბიოპესტიციდის მისაღებად, კარტოფილის დაავადებების წინააღმდეგ ბრძოლის მიზნით.

ნიადაგიდან ახლადგამოყოფილი აქტინომიცეტები მიეკუთვნებიან შემდეგ გვარებს: *Streptomyces*, *Nocardia, Streptosporangium.*

აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების გამოყენება ხელს შეუწყობს არა მარტო დიდი მოცულობის მოსავლის და მაღალხარისხოვანი პროდუქტის მიღებას, არამედ ნიადაგის ბუნებრივი ბალანსის შენარჩუნების შეუცვლელი საშუალებას წარმოადგენს.

Ia banetashvili

Suummary

The actinomycetes - antagonists and their use against some potato disease caused by phytopathogenic bacteria.

Abstract

Master's work application of pathogens actinomycetes in some potato diseases caused by phytopathogenic bacteria. The work is presented on 55 pages. It contains an introduction, a literary review, an experimental part with its tables and illustrations, applied literature.

The aim of the work was the identification of actinobacteria from potato soils and the identification of antagonists against pathogenic bacteria – *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus* and *Dickeya solani* ,identification of antagonistic actinomycetes against phytopathogenic bacteria.

Among the diseases caused by phytopathogenic microorganisms, diseases of potato bacteria are important: brown rot, ring rot and wet rot. Despite the existence of many pesticides, there are still many undefeated and poorly controlled diseases of plants. Therefore, it is actual to use of bio medications an alternative to chemical pesticides as an antimicrobial agent. At the same time, the biological method of protection against plant diseases are microorganisms, whose action is based on the antagonistic interaction of microorganisms Actinomycetes are one of the most important soil micro flora groups. They are products of many antibiotics and enzymes that form the basis for their use against phytopathogenic microorganisms. Based on the work carried out in the soil of Georgia, in a certain ecological environment actinocytes are revealed. Antagonists identified to wards phytopathogenic bacteria - *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus* and *Dickeya solani*, are the basis for bio-pesticides to combat potato diseases.

The newly formed actinomycetes belong to the following species: *Streptomyces*, *Nocardia, Streptosporangium.*

The use of antagonistic actinomycetes will support not only to large-scale harvesting and getting high-quality products, but also it is an irreplaceable option for the natural balance of the soil.

შესავალი

მცენარეთა დაავადებების მნიშვნელოვანი ნაწილი ფიტოპათოგენურ ბაქტერიებზე მოდის. სასოფლო-სამეურნეო მოსავლის დანაკარგი დაავადებებისაგან და მავნებლებისაგან გამოიხატება არა მხოლოდ მოსავლის შემცირებასა და მცენარის დაღუპვაში (რაოდენობრივი მხარე), არამედ მისი ხარისხის გაუარესებაში (თვისობრივი მხარე).

მიუხედავად მრავალი პესტიციდის არსებობისა, ჯერ კიდევ მრავლადაა დაუმარცხებელი და ცუდად კონტროლირებადი მცენარეთა ბაქტერიული დაავადებები. ქიმიურ პესტიციდებზე დაფუძვნებული დაავადებებისაგან დაცვის სისტემის შეუზღუდავი გამოყენება, გამოყენების რეგლამენტის ხშირი დარღვევა (ნორმის დაუსაბუთებელი მომატება და დამუშავების ხანმოკლე პერიოდი), არც თუ მცირე პრობლემებს წარმოშობს. აქედან გამომდინარე, აქტუალურია მცენარეთა დაცვის თანამედროვე ინტეგრირებული, ეკოლოგიური კონცეფციის განვითარება, რომელიც გვთავაზობს დაცვის უსაფრთხო საშუალებების და მეთოდების გამოყენებას.

ქიმიური პესტიციდების ალტერნატივად, როგორც ანტიმიკრობული აგენტი, ფართოდ გამოიყენება ბიოპრეპარატები. ამავე დროს, მცენარეთა დაავადებებისაგან დაცვის ბიოლოგიური მეთოდის საფუძველია მიკროორგანიზმები, რომელთა მოქმედება ეფუძვნება მიკროორგანიზმთა ანტაგონისტურ ურთიერთდამოკიდებულებას. ბუნებრივი გარემოდან გამოყოფილი მიკროორგანიზმები და შემდეგ ისევ ბუნებრივ გარემოში შეტანა, როგორც მცენარეთა დაცვის საშუალება, თავიდან აგვაცილებს ბიოცენოზში არასასურველ ცვლილებებს. ბუნებაში არსებული მიკროორგანიზმების (ბაქტერიები, სოკოები და სხვ.) საფუძველზე შექმნილი მცენარეთა დაცვის მიკრობიოლოგიური საშუალებების ძირითადი უპირატესობა არის მათი სპეციფიკურობა - უნარი დააზიანოს მავნე ორგანიზმების განსაზღვრული სახეობები და არ მიაყენოს ზიანი ადამიანს, ცხოველებს, ფრინველებს და სასარგებლო მწერებს.

ნიადაგის მიკროფლორას შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ჯგუფია აქტინომიცეტები (აქტინობაქტერიები). მისი უდიდესი მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ ისინი არიან მრავალი ანტიბიოტიკის და ფერმენტის პროდუცენტები, რაც ქმნის მათი გამოყენების საფუძველს ფიტოპათოგენური მიკროორგანიზმების წინააღმდეგ. ბიოლოგიური სისტემების გამოყენებას ქიმიურ პესტიციდებთან შედარებით ბევრი უპირატესობა გააჩნია: ეკოლოგიური უსაფრთხოების გაზრდა, მოსავლიანობის მომატება, პესტიციდების სტრესული

ფიტოტოქსიკურობის შემცირება. ამავე დროს, ძვირი ქიმიური საშუალებების შეცვლა ბიოლოგიურით განაპირობებს დანახარჯის შემცირებას.

ფიტოპათოგენური მიკროორგანიზმების მიერ გამოწვეულ დაავადებათა შორის მეტად მნიშვნელოვანია კარტოფილის ბაქტერიული დაავადებები: მურა სიდამპლე, რგოლური სიდამპლე, სველი სიდამპლე.

საქართველოს მრავალფეროვანი ბუნებრივი პირობები და კარტოფილის დიდი შეგუებულობის უნარი საადრეო და საგვიანო პროდუქციის მიღების შესაძლებლობას იძლევა. ამასთან, კულტურას აქვს მაღალი მგრძნობელობა ბაქტერიული დაავადებებისადმი, რაც იწვევს პროდუქტიულობის დაქვეითებას. კარტოფილის დასნებოვნება ფიტოპათოგენებით მნიშვნელოვანი დონით განპირობებულია მისი ბიოლოგიით. ნახშირწყლებითა და წყლით მდიდარი ტუბერები და ღეროები წარმოადგენს ხელსაყრელ გარემოს სხვადასხვა დაავადებების გამომწვევების განვითარებისათვის. ფიტოპათოგენებით გამოწვეული ეკონომიკური ზარალი უდიდესია მთელ მსოფლიოში. გარდა ამისა დაავადებებისადმი მაღალმა მგრძნობელობამ გამოიწვია კარტოფილის პოპულარული ჯიშების გადაგვარება-გაქრობა.

ევროკავშირის ღრმა და ყოვლისმომცველი თავისუფალი სავაჭრო სივრცის შესახებ შეთანხმების (DCFTA) (იგი ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულების ნაწილია) ფარგლებში, სურსათის უვნებლობის სფეროში საქართველოს აღებული აქვს ევროკავშირის კანონმდებლობის მოთხოვნებთან მიახლოების ვალდებულება. კერძოდ კი მცენარეებთან მიმართებაში ეს მოთხოვნები ასახულია ევროკავშირის მცენარეთა ჯანმრთელობის დირექტივაში (და მასთან დაკავშირებულ აქტებში) - 2000/29/EC.

ფიტოსანიტარული სისტემის გაუმჯობესება და ევროპულ სტანდარტებთან დაახლოება გაზრდის ქართული პროდუქციის ხარისხს და აამაღლებს მის სანდოობას მსოფლიო ბაზარზე, რაც ხელს შეუწყობს ქართული ექსპორტის ზრდას. გარდა ამისა ქართველ მომხმარებელს მიეწოდება უსაფრთხო და უვნებელი პროდუქტი და ამაღლდება ქართული აგრარული პროდუქციის კონკურენტუნარიანობა.

კვლევის მიზანი და ამოცანა

ჩვენი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა:

1. კარტოფილის ნათესების ნიადაგებიდან აქტინობაქტერიების გამოყოფა და მათ შორის ანტაგონისტების გამოვლენა ფიტოპათოგენური ბაქტერიების - *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus* და *Dickeya solani*-ის წინააღმდეგ;

2. ფიტოპათოგენური ბაქტერიების მიმართ ანტაგონისტური აქტინომიცეტების იდენტიფიკაცია მორფოლოგიურ-კულტურალური, ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური თვისებების საფუძველზე;

კვლევის მიზნიდან გამომდინარე კვლევის ობიექტებია:

1. საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგიდან გამოყოფილი აქტინობაქტერიები,

2. კარტოფილის ბაქტერიული დაავადებების - მურა სიდამპლის, რგოლური სიდამპლის და სველი სიდამპლის გამომწვევების ეტალონური შტამები: *Ralstonia solanacearum* (ბიოვარი 2) NCPPB 4156, *Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus* NCPPB 2137, *Dickeya solani* B31/12.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე

ჩატარებული სამუშაოს საფუძველზე გამოვლინდა საქართველოს ნიადაგებში, კარტოფილის ნათესებში გავრცელებული ახალი, გარკვეულ ეკოლოგიურ გარემოს შეგუებული აქტინომიცეტები. მათ შორის გამოვლენილ იქნა ფიტოპათოგენური ბაქტერიების - *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus* და *Dickeya solani*-ის მიმართ ანტაგონისტური შტამები, რომლებიც წარმოადგენენ საფუძველს ბიოპესტიციდის მისაღებად, კარტოფილის დაავადებების წინააღმდეგ ბრძოლის მიზნით.

ნაშრომის სიახლეს წარმოადგენს საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგობრივ-კლიმატური ზონიდან და ეკოლოგიური ნიშიდან გამოყოფილი აქტინომიცეტების მეტაბოლური თავისებურებების განსაზღვრა და აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების გამოყენება ფიტოპათოგენური ბაქტერიებით გამოწვეული დაავადებების წინააღმდეგ.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება

საქართველოს ნიადაგებიდან გამოყოფილ აქტინომიცეტებს შორის შერჩეულ იქნა ანტაგონოსტები, როგორც ბიოლოგიური ბრძოლის საშუალება კარტოფილის ბაქტერიული დაავადებების გამომწვევების (*Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus* და *Dickeya solani*) წინააღმდეგ.

აქტინობაქტერიები და მათ შორის გამოვლენილი ანტაგონისტების გამოყენება ხელს შეუწყობს ფიტოპათოგენური ბაქტერიებისგან კარტოფილის ნათესების დაცვას და თავიდან აგვაცილებს მოსავლის დანაკარგს. ეს კი გამოიწვევს პროდუქციის რაოდენობის ზრდას და სოფლის მეურნეობის განვითარებას. ამავე დროს, ძვირი ქიმიური საშუალებების შეცვლა

ბიოლოგიურით ამცირებს დანახარჯს. ბიოპესტიციდების გამოყენება ბიოპროდუქტის წარმოების განვითარების შესაძლებლობას იძლევა. ბიოპროდუქტის წარმოების არსი კი მდგომარეობს იმაში, რომ კარტოფილის ნათესები მუშავდება დაცვის ბიოლოგიური მეთოდებით, რის გამოც კარტოფილი ვითარდება ბუნებრივ პირობებში. აღნიშნული მეთოდი საშუალებას იძლევა, არა მარტო დიდი მოცულობის მოსავლის და მაღალხარისხოვანი პროდუქტის მიღებისა, არამედ ნიადაგის ბუნებრივი ბალანსის შენარჩუნების შეუცვლელი საშუალებაა.

I. ლიტერატურული მიმოხილვა

I.1. ცნება აქტინომიცეტების შესახებ

I.1.1. აქტინომიცეტების ადგილი მიკროორგანიზმთა სამყაროში

აქტინომიცეტები – აქტინობაქტერიები მიკროორგანიზმების თავისებური ჯგუფია, რომელთაც აქვთ გავრცელების ფართო არეალი. ისინი ვითარდებიან ნიადაგში, ჰაერში, მცენარეულ და ცხოველურ ნარჩენებზე, გვხვდებიან ყველგან, სადაც სიცოცხლე არსებობს. აქტინომიცეტები ხასიათდებიან რა ძლიერი ფერმენტული სისტემით, მათ აქვთ უნარი განვითარდნენ კლდეებზე, სადაც არის ორგანული ნივთიერებების კვალი, რომელიც მრავალი მოკროორგანიზმისათვის მიუწვდომელია. აქტინომიცეტები მიკროორგანიზმთა სამყაროში სახეობრივი შემადგენლობით ფრიად მრავალგვარ და საკმაოდ თავისებურ ჯგუფს წარმოადგენენ. ამ ორგანიზმების თავისებურება განისაზღვრება იმით, რომ ისინი შუალედურ ადგილს იკავებენ სოკოებსა და ბაქტერიებს შორის. დატოტვილი მიცელიუმის წარმოქმნა მათ აახლოებს სოკოებთან, ხოლო მკვეთრად გამოხატული ბირთვის უქონლობა – ბაქტერიულ უჯრედთან. აქტინომიცეტების უჯრედები შეიცავენ ბირთვულ ელემენტებს – ნუკლეოიდებს, ქრომატინის მარცვლებს, ხოლო სოკოებს ნამდვილი ჩამოყალიბებული ბირთვი გააჩნიათ [2, 4, 53]. ელექტრონულ-მიკროსკოპული კვლევა გვიჩვენებს, რომ ყველა შესწავლილი აქტინომიცეტის უჯრედი წარმოადგენს ტიპიურ პროკარიოტულ უჯრედს, რომელშიც არ არის ბირთვული მემბრანა, მიტოქონდრიები და ციტოპლაზმური რეტიკულები.

აქტინომიცეტების რიგი დამახასიათებელი ნიშნები – უჯრედის აგებულება და მისი კომპონენტების ქიმიური შემადგენლობა საშუალებას იძლევა, რომ ისინი გაერთიანდნენ პროკარიოტების სამყაროში და ჩაითვალონ ბაქტერიების სპეციფიურ ჯგუფად. ცნება ,,ბაქტერია" აქ გამოიყენება ფართო გაგებით. აქტინომიცეტების გაერთიანება პროკარიოტებში უმეტესად ემყარება ისეთ კომპლექსურ ნიშნებს, როგორიცაა უჯრების კედლის აგებულება, მოძრაობის ტიპი, ენდოსპორების წარმოქმნა, სპეციფიკური ცვლის უნარი. აქტინომიცეტები არიან გრამ-დადებითი ბაქტერიები, მაგრამ განსხვავდებიან სხვა ბაქტერიებისგან მათი მორფოლოგიით, დნმ-ში გუანინ-ციტოზინის მეტი შემცველობით. თანამედროვე თვალსაზრისით აქტინომიცეტებს განსაზღვრავენ შემდეგნაირად: აქტინომიცეტები არიან ბაქტერიები, რომლებიც პროკარიოტებისათვის დამახასიათებელი ულტრასტრუქტურისა და ქიმიური აგებულების საფუძველზე წარმოადგენენ მიცელიუმის მქონე ორგანიზმებს [4, 13, 16, 39].

რაც შეეხება აქტინომიცეტების გამრავლებას: ისინი მრავლდებიან სპორებით, მიცელიუმის ფრაგმენტებით, ჰიფებით ან კვირტებით. სპორები წარმოიქმნებიან საჰაერო მიცელიუმში. თანამედროვე ლიტერატურაში მოცემულია კლასიფიკაციის მრავალი სისტემა და დაჯგუფება. ყველა ისინი შეიძლება გავაერთიანოთ ორ ძირითად ჯგუფში:

1. სისტემები, რომლებიც ძირითადად აგებულია მორფოლოგიურ ნიშნებზე, როგორც წამყვანზე, რომელიც გამოიყენება უმაღლესი ტაქსონომიური ერთეულების – გვარის, ოჯახის დიფერენცირებისათვის. უმდაბლესი ტაქსონომიური ერთეულები - სახეობა და ქვესახეობა, რომლებიც ემყარებიან კულტურალურ, ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიურ მაჩვენებლებს. აქ გაერთიანებულია ნ. კრასილნიკოვის, ტ. იამაგუჩის სისტემები.

2. სისტემებში, რომელთა საფუძველს წარმოადგენს ორგანიზმების ეკოლოგიურ-ფიზიოლოგიური თვისებები, უმეტესი ავტორები წამყვან მნიშვნელობას ანიჭებენ საჰაერო მიცელიუმის პიგმენტაციას. ეს სისტემებია გ. გაუზეს, ზ. ვაკსმანის და სხვა.

კლასი *Actinomycetes* იყოფა რიგებად: *Actinomycetales, Mycobacteriales, Coccales, Actinoplanales. Mycobacteriales* და *Coccales* სხივური სოკოების უმდაბლესი ფორმებია.

რიგი *Actinomycetales* იყოფა შემდეგ ოჯახებად: *Actinomycetaceae*, *Micromonosporaceae, Streptosporangiaceae*.

ზ. ვაკსანი აქტინომიცეტების კლასიფიკაციაში დიდ მნიშვნელობას ანიჭებს უჯრედის კედლის აგებულებას და აქედან გამომდინარე გამოყოფს სამ გვარს: *Actinomyces, Nocardia, Streptomyces.* ახალ გვარს *Actinomyces* ავტორი აძლევს შემდეგ დახასიათებას: ორგანიზმი - ანაერობული, არაპათოგენური, მჟავის მიმართ არამდგრადი. მიცელიუმი იხლიჩება დიფტეროიდულ ჩხირებად. გვარი *Nocardia* ხასიათდება თითქმის იგივე მახასიათებლებით. *Actinomyces* შორის გვხვდებიან ფაკულტატური ანაერობები, რომლებიც ლაბორატორიულ პირობებში გარკვეული პერიოდის კულტივირების შემდეგ იწყებს ზრდას ჟანგბადის თანაობისას. მხოლოდ ბოლო ათი წლის განმავლობაში აღწერილია 20-ზე მეტი აქტინომიცეტის ახალი გვარი.

მიკრობიოლოგიაში წარმოდგენა სახეობაზე, როგორც სისტემატიკის ძირითად ერთეულზე, საკმაოდ განსხვავებულია. ბევრი მკვლევარი სისტემატიკური თვალსაზრისით იყენებს მორფოლოგიურ ნიშნებს: სპორიანი ჰიფების აგებულება, სპორის გარსის ფორმა [4, 53].

ზოგიერთი მკვლევარი ცდილობს აწარმოოს აქტინომიცეტების კლასიფიკაცია უჯრედის კედლის აგებულების საფუძველზე. ზოგიერთი მეცნიერი მნიშვნელოვან ტაქსონომიურ ნიშნად

თვლის სუბსტრატული მიცელიუმის შეფერილობას და პიგმენტაციას. კოლონიის შეფერილობას აქვს დიდი მნიშვნელობა სხივური სოკოების დაჯგუფებაში.

აქტინომიცეტების კლასიფიკაციაში საჰაერო მიცელიუმის შეფერილობა განიხილება მნიშვნელოვან დიაგნოსტიკურ ნიშნად. მრავალი მკვლევარი თვლის, რომ ჩვეულებრივ ფიზიოლოგიურ ნიშნებს – ჟელატინის გათხევადება, რძის კოაგულაცია, ნიტრატების აღდგენა, საქაროზის ინვენტირება, სახამებლის ჰიდროლიზი – არა აქვს ძირითადი მნიშვნელობა აქტინომიცეტების დიფერენციაციაში. რაც შეეხება გარკვეული ნახშირბადის ნაერთების მოხმარების უნარს, იგი შეიძლება ჩავთვალოთ, როგორც მიღებული ტაქსონომიური ნიშანი [17]. ბევრი აქტინომიცეტები წარმოქმნის მურა ნივთიერებებს. საკვების გაშავება განპირობებულია მელანოიდის პიგმენტის წარმოქმნით, რომელიც ვლინდება გარკვეულ საკვებ არეზე ფერმენტების ლაკაზას ან თიროზინაზას ზემოქმედებით. მელანოიდის პიგმენტის წარმოქმნა განიხილება, როგორც სტაბილური ნიშანი და გამოიყენება სახეობების დასადგენად. სახეობის იდენტიფიკაციისათვის მნიშვნელოვანია აგრეთვე ანტაგონიზმის სპეციფიკის გამოვლენა სახეობის შიგნით და სახეობათა შორის [37, 44].

I.1.2. აქტინომიცეტების ეკოლოგიურ-გეოგრაფიული გავრცელება

აქტინომიცეტები ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული, ისინი გვხვდებიან წყლებში, მცენარეულ და ცხოველურ ნარჩენებზე, სხვადასხვა სუბსტრატებზე, იყენებენ კვების მრავალგვარ წყაროს. ფართო ფერმენტული სისტემისა და ადაპტაციური უნარის საშუალებით მათ შეუძლიათ ისეთ პირობებში არსებობა, რომელიც სხვა მრავალი მიკროორგანიზმისათვის უსარგებლოა [2, 11, 20, 24, 25]. მაგრამ აქტინომიცეტებისათვის ძირითად ბუნებრივ საარსებოს წარმოადგენს ნიადაგი, სადაც ისინი დიდი რაოდენობით გვხვდებიან. ამ ორგანიზმებით განსაკუთრებით მდიდარია ნიადაგის ზედა შრეები (40 სმ-მდე) [1, 2, 53].

სხვადასხვა ნიადაგებში აქტინომიცეტების რაოდენობა განსხვავებულია – რამდენიმე ასეულიდან ასეულ მილიონამდე 1გ ნიადაგში კლიმატური პირობების და წელიწადის დროის მიხედვით. ზაფხულის პერიოდში ისინი მეტი რაოდენობით ვლინდებიან, ვიდრე გაზაფხულზე.

აქტინომიცეტები გავრცელებულნი არიან განსხვავებულ გეოგრაფიულ ზონებში: უკიდურეს ჩრდილოეთში, არქტიკასა და ტროპიკებში, მთის მწვერვალებზე. აქტინომიცეტთა რაოდენობა განსხვავებულია ნიადაგის გაკულტურების ხარისხის მიხედვით. განოყიერებულ ნიადაგებში აქტინომიცეტები იზრდებიან მთლიანი ნაფიფქის სახით და მათი რაოდენობა 1გ-ში

აღწევს ასეულ მილიონს და მილიარდს. ასეთი სახის შედგენილ სასუქებს – კომპოსტებს ღებულობენ ხელოვნურად ფიტოპათოგენურ ბაქტერიებთან და სოკოებთან ბრძოლისათვის, რამდენადაც მათში მრავლად ვითარდებიან აქტინომიცეტები [33].

დ. პატარაიას მიერ შესწავლილია საქართველოსათვის დამახასიათებელ ტიპიურ ნიადაგებში აქტინომიცეტების გავრცელება. გამოვლენილ იქნა, რომ აქტინომიცეტების დიდი რაოდენობა აღინიშნება წაბლა, ტყის ნეშომპალა, ტყე-მდელოს, მდელოს-წაბლა და მთა-კორდიან ნიადაგებში (30-90%). შავმიწა, წითელმიწა, მთა-მდელოს, თიხნარ-ქვაღორღიან ნიადაგებში მათი რაოდენობა შეადგენს 16-28%-ს, ხოლო ჭაობიან ნიადაგებში მცირეა – 1.1% [2].

თერმოფილური აქტინომიცეტების რაოდენობა, ისე როგორც მეზოფილების, დამოკიდებულია ნიადაგის შემადგენლობასა და გაკულტურების ხარისხზე. ნაყოფიერ, ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგებზე მათი რიცხვი მეტია, ვიდრე ნაკლებ ჰუმუსიან, ღარიბ ნიადაგებზე. ი. ლაკეის მიერ შესწავლილ იქნა თერმოფილური აქტინომიცეტების გავრცელება კომპოსტში. განსაკუთრებით ფართოდ იქნა გამოვლენილი *Thermomonospora spp., Termomonospora chromogena, Thermoactinomyces spp.* და *Microtetraspora spp.* [23, 33, 39-41]. აქტინომიცეტები გვხვდებიან ისეთ ნიადაგებში, სადაც pH-6.8-8.0 [19, 35]. მჟავე ნიადაგები შეიცავენ აქტინომიცეტების უმნიშვნელო რაოდენობას. ცარცის დამატებას მივყავართ მათი რაოდენობის მომატებასთან. აქტინომიცეტების რაოდენობრივი აღრიცხვის დროს უნდა აღინიშნოს, რომ სხვადასხვა შედგენილობის საკვებ არეზე ნიადაგის ერთიდაიგივე ნიმუშის ანალიზისას გამოვლინდება მათი განსხვავებული რაოდენობა [15, 23, 29, 39].

დ. პატარაიას მიერ შესწავლილი ნიადაგები აქტინომიცეტების მრავალფეროვნებით გამოირჩევიან. მიუხედავად რაოდენობრივი სიმცირისა (20%), შავმიწა ნიადაგებში გვხვდება *Actinomyces (Streptomyces)* გვარის 12 ჯგუფის წარმომადგენელი: *Griseus, Violaceus, Chromogenus,Fradiae, Globisporus, Glaucus, Olivaceus, Ruber, Lavendulae, Viridis, Aurantiacus, Ceolicolor.* შესწავლილ ნიადაგებში *Streptomyces* გვართან ერთად გვხვდება *Streptosporangium, Actinosporangium* და უმდაბლესი აქტინომიცეტების - *Promicromonospora, Micromonospora, Nocardia, Actinoadura, Nocardioides* და *Oerskovia*-ს გვარის წარმომადგენლები [2].

საერთო მონაცემების მიხედვით, აქტინომიცეტების გავრცელება მიკროორგანიზმთა შორის განისაზღვრება ეკოლოგიური ფაქტორებით – ნიადაგის ტიპით, მისი გაკულტურების ხარისხით, მცენარეული საფარით და სხვა. მიკროორგანიზმთა განვითარებისათვის გეოგრაფიულ ზონალობას არა აქვს ძირითადი მნიშვნელობა [6].

I.1.3. აქტინომიცეტების ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური თავისებურებანი

აქტინომიცეტების ფართო გავრცელება იმაზე მეტყველებს, რომ მათ გააჩნიათ შეგუებულობის მრავალგვარი საშუალება არსებობის სხვადასხვა პირობებთან. ისინი გვხვდებიან ყველგან, სადაც სიცოცხლე არსებობს, რაზეც მიუთითებს ძლიერი ფემენტული სისტემის არსებობა [16, 29, 55].

აქტინომიცეტების უმრავლესობა ჰეტეროტროფებია. მათ შორის გამოირჩევიან კვების სხვადასხვა წყაროს მიმართ სხვადასხვა მოთხოვნილების ჯგუფები. უმეტესობა იყენებს რთულ ორგანულ ნახშირბადოვან ნაერთებს.

აქტინომიცეტების უმრავლესობა კარგად ვითარდება მარტივ სინთეზურ არეებზე, რომელთა შემადგენლობაში შედის სხვადასხვა მინერალური მარილები: აზოტის, კალიუმის, კალციუმის, ფოსფორის, ქლორის, მაგნიუმის და სხვა. აზოტის წყაროებიდან აქტინომიცეტები მოიხმარენ, როგორც მარტივ მინერალურ მარილებს, ასევე რთულ ორგანულ ნაერთებს. ლიტერატურული მონაცემებით ცნობილია, რომ ზოგიერთ აქტინომიცეტს შეუძლია მოლეკულური აზოტის ფიქსაცია. ოლიგოტროფული აქტინომიცეტები კარგად ვითარდებიან წყლიან აგარზე, კმაყოფილდებიან არეში ორგანულ ნივთიერებათა უმნიშვნელო კონცენტრაციით [1, 2].

ზოგიერთ აქტინომიცეტს ახასიათებს ავტოტროფული ცვლა. ჰირშის მიერ შესწავლილ იქნა აქტინომიცეტების სხვადასხვა კულტურა. ისინი იზრდებოდნენ სუფთა მინერალურ ხსნარში, იყენებდნენ ჰაერის ნახშირორჟანგს, როგორც ნახშირბადის წყაროს, არ ვითარდებოდნენ CO_2-ის მიწოდების გარეშე.

ქემოლიტოტროფული ცვლის შესაძლებლობა ნაჩვენებ იქნა *Nocardia sp.*-ის მიერ წყალბადის დაჟანგვის შემთხვევაში. ასევე აღმოჩენილ იქნა მრავალი *Streptomyces* sp.-თვის გოგირდის დაჟანგვა თიოსულფატში.

უკანასკნელ წლებში ნაჩვენები იქნა, რომ აქტინომიცეტებს შორის, ისე როგორც გრამუარყოფით ბაქტერიებს შორის არიან ობლიგატური ჰალოფილები, რომლებიც ვითარდებიან მარილთა მაღალი კონცენტრაციისას და წყვეტენ ზრდას არეში 10-12% NaCl-ის არსებობისას [1, 2, 21, 24].

ასევე ნაჩვენებ იქნა, აციდოფილური აქტინომიცეტების ჯგუფი, რომლებიც დიდი რაოდენობით არიან მჟავე ნიადაგებში. აქტინომიცეტების უმრავლესობისათვის ოპტიმალურია pH - 7.0 – 7.8 [15].

ჟანგბადთან დამოკიდებულების მიხედვით განასხვავებენ აქტინომიცეტების როგორც აერობულ, ასევე ანაერობულ ფორმებს.

აქტინომიცეტები ჩვეულებრივ გამძლენი არიან გამოშრობისადმი. მათ სპორებს უნარი აქვთ გაღივდნენ 10 წლის შენახვის შემდეგ. ამით ისინი სოკოებს ემსგავსებიან.

აქტინომიცეტების უმრავლესობისათვის ოპტიმალური ტემპერატურაა 25-35^{0}C. არსებობს მრავალი ფორმა თერმოფილური აქტინომიცეტებისა, რომლებსაც უნარი აქვთ განვითარდნენ 55 – 60^{0}C ტემპერატურის ზევით [20, 29].

შრომებში, სადაც შესწავლილია ნიადაგის მიკროფლორის მდგრადობა ტოქსიკური აგენტების (ფუმიგანტების ან ინსექტიციდების) მოქმედებაზე, ნაჩვენებია, რომ აქტინომიცეტები უფრო მდგრადები არიან აღნიშნული ნივთიერებების მიმართ, ვიდრე ბაქტერიები.

აქტინომიცეტების ბიოქიმიურ თავისებურებებს შორის შეიძლება აღინიშნოს იმ მეტაბოლური გზების და ფერმენტული სისტემების არსებობა, რომლებიც შედარებით იშვიათად გვხვდება სხვა მიკროორგანიზმებში [21, 25, 35, 36, 41].

აქტინომიცეტებს შორის გამოვლენილია პროტეოლიზური, ამილოლიზური, ნიტროგენაზული, ლიზისური აქტიურობის მქონე ორგანიზმები. ლიზისური ფერმენტების გავლენით შესაძლებელია საკუთარი უჯრედების ან სხვა სახეობის მიკრობთა უჯრედების გახსნა. ავტოლიზი განიხილება როგორც ნორმალური ფერმენტული პროცესებიდან გადახრა [1, 13, 22, 26].

გარემოს ნავთობით დაბინძურების ზრდის პირობებში მიკრობიოლოგები გვთავაზობენ ნახშირწყალბად-დამჟანგავი მიკროორგანიზმების გამოყენებას ბიორემედიატორებად. მათ შორის ცნობილია ნავთობის დესტრუქტორი აქტინობაქტერიები. ამჟამად დიდი ყურადღება ექცევა ეკოლოგიურად უსაფრთხო ბიოლოგიური ტექნოლოგიების შემუშავებას, რომლებიც მიზნად ისახავენ ნავთობით დაბინძურებული ნიადაგების აღდგენას [24, 25, 36, 48].

აქტინომიცეტების პირველადი ცვლის გზების შესწავლამ აჩვენა ცალკეული ამინომჟავების ბიოსინთეზის შესაძლებლობა. აქტინომიცეტების თავისებურება ვლინდება მათ მიერ სხვადასხვაგვარი პიგმენტისა და მიწისა და წყლის სუნის განმაპირობებელი აქროლადი ნაერთების წარმოქმნაში. ცალკეული სახეობები გამოყოფენ სპეციფიკურ ნივთიერებებს ხილის, ქაფურის, იოდოფორმის სუნით.

აქტინომიცეტების მიერ წარმოქმნილი მეორადი მეტაბოლიტებიდან აღსანიშნავია ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები – ანტიბიოტიკები და პიგმენტები [1, 2, 3].

I.2. აქტინომიცეტები და მათი მეორადი მეტაბოლიტები

I.2.1. აქტინომიცეტ-ანტაგონისტები

მიკროორგანიზმები ბუნებრივ საარსებო პირობებში თითქმის არ გვხვდებიან იზოლირებულ მდგომარეობაში. ისინი ხშირად განსაზღვრულ ასოციაციებში იმყოფებიან, სადაც ცალკეულ სახეობებს შორის შეიძლება წარმოიშვა სხვადასხვა ურთიერთდამოკიდებულება. ამ ურთიერთდამოკიდებულებას განსაზღვრავს ორგანიზმის ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური თავისებებურები და აგრეთვე ეკოლოგიური ფაქტორები (არის ფიზიკური და ქიმიური მდგომარეობა, კლიმატი, სხვა სახის ორგანიზმების არსებობა და ა.შ). ხშირად გვხვდება ორგანიზმების ისეთი ურთიერთდამოკიდებულება, რომლის დროსაც ერთი სახის ორგანიზმი ამა თუ იმ ხერხით თრგუნავს ან აქვეითბს სხვა ორგანიზმის ზრდასა და განვითარებას. ურთიერთდამოკიდებულების ასეთ ფორმას ანტაგონიზმი ეწოდება. ანტაგონიზმი თავის მხრივ იყოფა ''პასიურ'' და ''აქტიურ'' ანტაგონიზმად. პასიური ანტაგონიზმი იმაში მდგოამარეობს, რომ ერთი ორგანიზმის მიერ მეორის დათრგუნვა ხდება ამ ორგანიზმის ერთობლივი განვითარებისას განსაკუთრებული პირობების დაცვის დროს, რაც შესაძლებელია მხოლოდ ლაბორატორიაში კულტივირებისას. აქტიური ანტაგონიზმის დროს ერთ-ერთი ორგანიზმის ზრდა-განვითარების შეფერზება ხდება მეორე ორგანიზმის ნიბთიერებათა ცვლისას მიღებული პროდუქტების საერთო არეში გამოყოფის შედეგად. აღსანიშნავია რომ მეტაბოლიზმის ამ პროდუქტების განსაზღვრული კონცენტრაციის დროს, თავად მათი პროდუცენტები შეუფერხებლად ვითარდებიან. ანტაგონიზმის მოვლენა დაკავშირებულია ანტიბიოტიკური ნივთიერების წარმოქმნასთან [28, 34].

ანტიბიოტიკური ნივთიერების წარმოქმნა ხდება არა მხოლოდ მისი პროდუცენტის ლაბორატორიულ პირობებში განვითარების დროს, არამედ უშვალოდ ნიადაგში [18, 49]. *Stmy. Olivacinareus* ნიადაგში განვითარებისას ახდენს ლუმინესცენტრული ანტიბიოტიკის - ჰელიომიცინის ბიოსინთეზს [42]. აქტინომიცეტებს ანტიბიოტიკური ნივთიერების წარმოქმნის მრავალფეროვნებით პირველი ადგილი უკავია მიკროორგანიზმებს შორის [26, 46]. აქტინომიცეტების შესახებ პირველი ცნობების (1875წ.) გაჩენიდან 15 წლის შემდეგ, პირველად გასპერინმა მიაპყრო ყურადღება მათ ანტაგონისტურ უნარს ზოგიერთი ბაქტერიისა და სოკოს მიმართ. ამიტომ ის ამ უკანასკნელებს განიხილავდა, როგორც სუბსტრატებს, რომლის ხარჯზეც ვითარდებიან აქტინომიცეტები [3].

აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების დიდი რაოდენობა გვხვდება განაყოფიერებულ, ნეშომპალას შემცველ ნიადაგებში (სათბურების, ორანჟერიების, ბოსტნების ნიადაგებში). გ.გაუზე და საბო თვლიდნენ, რომ ანტაგონისტების დიდი რაოდენობა ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ნიადაგებში ვლინდება იმიტომ, რომ ამ პირობებში აქტინომიცეტებს შორის გაზრდილი კონკურენციის წინაპირობა იქმნება, რაც, პირველ რიგში, წარმოადგენს ანტიბიოტიკუტრი ნივთიერების მაინდუცირებელ ფაქტორს [20, 37, 51].

აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების განაწილება ნიადაგში დამოკიდებულია მის შედგენილობაზე, ნიადაგის ტიპზე და ა.შ. [28, 46, 47].

ნ.ცინცაძის მიერ შესწავლილ საქართველოს შავმიწა და წაბლა ნიადაგებიდან გამოყოფილ აქტინომიცეტებს შორის გამოვლენილ იქნა ანტაგონისტური თვისებების შემდეგი აქტინომიცეტები: *Stmy. auranuacus, Stmy. Longissimus, Stmy. griseus* ფიტოპათოგენური სოკოების - *Phytophthoru parasitica* და *Fusarium oxysporum* -ის მიმართ [5].

ლ.სკრიპკას, კ.შეველიეს და სხვათა მიერ დადგენილ იქნა, რომ ნიადაგში ანტაგონისტების პროცენტული შემცველობა დამოკიდებული არის წელიწადის დროსთან. თუ გაზაფხულზე ის შეადგენდა 62,8 %-ს, ზაფხულში - 59,3 %-ს, ზამთარში - 60,4 %-ს, შემოდგომაზე აღინიშნებოდა ყველაზე მეტი რაოდენობა - 81,3% [19]. როგორც ნ.კრასილნიკოვისა და მისი თანამშრომლების მიერ იქნა ნაჩვენები აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების უმეტესი რაოდენობა აღმოჩენილია ნიადაგის ზედაპირიდან 0-45სმ სიღრმეში. უფრო ღრმა შრეებში მცირდება აქტინომიცეტების რიცხვი და მათ შორის ანტაგონისტების. საინტერესოა ის, რომ თერმოფილური აქტინომიცეტები გავრცელებულნი არიან 100 სმ-ზე მეტ სიღრმეში [19. 28].

აქტინომიცეტების ანტაგონისტური შტამების რაოდენობა დამოკიდებულია არა მხოლოდ ამ ორგანიზმების გამოყოფის ადგილზე, არამედ აქტინომიცეტის კულტივირების პირობებზე და შესაფერისი ტესტ-ობიექტების არსებობაზე. კულტივირების შესაბამისი პირობებისა და აუცილებელი ტესტ-ობიექტების შერჩევის შედეგად შეიძლება იმის მიღწევა, რომ აქტინომიცეტების ყველა შტამი ფლობდეს ანტაგონისტურ თვისებას [20, 28, 30, 31].

ამგვარად, არ არის საფუძველი ვილაპარაკოთ აქტინომიცეტებს შორის ისეთი ფორმების არსებობაზე, რომლებსაც აქვთ ან არ გააჩნიათ ანტიბიოტიკური ნივთიერების წარმოქმნის უნარი; ლაპარაკი შეიძლება მხოლოდ კონკრეტულ პირობებში განსაზღვრული ტესტ-ორგანიზმების მიმართ კულტურის მიერ ანტიბიოტიკის წარმოქმნის უნარზე. ასევე შეიძლება აღინიშნოს აქტინომიცეტების შტამების აქტიურობის ხარისხის შესახებ. ეს დასკვნა ადასტურებს

ნ.კრასილნიკოვის აზრს იმის შესახებ, რომ თითოეული მიკრობისათვის შესაბამისი პირობების დროს დამახასიათებელია ანტიბაქტერიული ნივთიერების წარმოქმნის უნარი [10, 19, 27, 31].

ბუნებრივ პირობებში წარმოქმნილი ანტიბიოტიკი ნიადაგში ინახება განსაზღვრული დროით და ავლენს შესამჩნევ ეკოლოგიურ ეფექტს. ისინი წარმოადგენენ თავიანთი პროდუცენტებისათვის ადაპტაციის საშვალებას. ამ ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერების ერთ-ერთი ფუნქციაა არსებობისათვის ბრძოლის პროცესში დამცველობითი როლი. ანტიბიოტიკი გამოდის ანტაგონიზმის ფაქტორის სახით. ამასთან ერთად მხედველობაშია მისაღები ის, რომ ანტაგონიზმი მიკროორგანიზმებს შორის წარმოიქმნება არა მხოლოდ ანტიბიოტიკის წარმოქმნის შედეგად, არამედ სხვა ფაქტორების წყალობთ. ამიტომ ანტიბიოტიკური ნივთიერების პროდუცირება ერთ-ერთი ფორმაა ანტაგონისტური ურთიერთდამოკიდებულებისა მიკროორგანიზმთა სამყაროში [46].

I.2.2. აქტინომიცეტების მიერ წარმოქმნილი ანტიბიოტიკური ნივთიერებები

ანტიბიოტიკური ნივთიერებების პროდუცენტებს წარმოადგენენ სხვადასხვა ჯგუფის ორგანიზმები (ბაქტერიები, სოკოები, უმაღლესი მცენარეები, ცხოველები) [7, 8, 12, 24, 30].

პირველი ანტიბიოტიკის აღმოჩენის ისტორია დაკავშირებულია შოტლანდიელი მიკრობიოლოგის ა. ფლემინგის სახელთან. ტერმინი ‘’ანტიბიოტიკი’’ (სიცოცხლის საწინააღმდეგო) სამეცნიერო ლიტერატურაში შემოიტანა ზ. ვაქსმანმა 1942 წელს. მიუხედავათ ამ ტერმინის არასრულფასოვნებისა, ის დღესაც აქტუალურია. თანამედროვე გაგებით, ანტიბიოტიკი ორგანიზმის ცხოველქმედების სპეციფიკური პროდუქტი ან მისი მოდიფიკაციაა, რომელიც ხასიათდება მიკროორგანიზმების (ბაქტერიების, სოკოების, წყალმცენარეების), უმარტივესების, ვირუსების ან ავთვისებიანი სიმსივნის გარკვეული ჯგუფის მიმართ მაღალი ფიზიოლოგიური აქტიურობით, შერჩევითად აფერხებს მათ ზრდას ან სრულად თრგუნავს მათ განვითარებას [1, 2].

განმარტების თანახმად, ანტიბიოტიკებს მიეკუთვნება ბუნებრივი ანტიბიოტიკების მოლეკულების ქიმიური ან ბიოლოგიური მოლიფიკაციებით მიღებული კიდევ უფრო ეფექტური ნაერთები. მაგალითად, პენიცილინები და ცეფალოსპორინები შეიცავენ 4-წევრიან β-ლაქტამურ რგოლს. ფარმაკოლოგიური თვისებების გასაუმჯობესებლად ამ რგოლში ქიმიური

გზით CH_3O- ჯგუფის დამატებით მიიღეს ცეფამიცინი - ეფექტური როგორც გრამუარყოფითი, ასევე პენიცილისადმი მდგრადი სხვა მიკრობების მიმართ [11, 45].

რიგი მიკროორგანიზმები გამოიმუშავებენ სხვა ორგანიზმების დამთრგუნველ ნივთიერებებს (ორგანული მჟავები, სპირტები, წყალბადის ზეჟანგი და სხვ.), მაგრამ ისინი ანტიბიოტიკებს არ მიეკუთვნებიან, რადგან მათი მოქმედება ვლინდება მნიშვნელოვნად მაღალი კონცენტრაციით [41, 54].

ცოცალი ორგანიზმების ცხოველქმედების სხვა პროდუქტებისაგან ანტიბიოტიკები ორი ძირითადი ნიშან-თვისებით განსხვავდებიან:

1. ისინი გამოირჩევიან მაღალი ბიოლოგიური აქტიურობით, მიუხედავად იმისა, რომ ცხოველქმედების სხვა პროდუქტებთან შედარებით ანტიბიოტიკები მეტად მცირე რაოდენობით სინთეზდებიან. ეს იმას ნიშნავს, რომ ანტიბიოტიკებს ძალზედ მცირე კონცენტრაციებში გააჩნიათ ძალიან მაღალი ფიზიოლოგიური ეფექტი, მაგ, 0,01მგ/მლ კონცენტრაციის პენიცილინი მისადმი მგრძნობიარე ბაქტერიების მიმართ ამჟღავნებს მკაფიოდ გამოხატულ ბაქტერიოციდულ ზემოქმედებას.

2. თითოეული ანტიბიოტიკი შერჩევით ბიოლოგიურ მოქმედებას ამჟღავნებს კონკრეტული ორგანიზმის ან ორგანიზმთა ჯგუფის მიმართ. მაგ. ბენზილპენიცილინი, რომელიც მხოლოდ ზოგიერთი გრამდადებითი ბაქტერიების (კოკების, სტრეპტოკოკების და ა.შ.) განვითარებას აფერხებს, არ მოქმედებს გრამუარყოფით ბაქტერიებზე, სოკოებზე და სხვ. ის პრაქტიკულად უვნებელია ადამიანისა და ცხოველისათვის [41].

მრავალი ავტორი ანტიბიოტიკებს განიხილავს როგორც "მეორად მეტაბოლიტებს" [7]. თავისთავად "პირველადი" და „მეორადი" მეტაბოლიტის ცნება პირობითია. სასონის მიხედვით [45] ე.წ. მეორად მეტაბოლიტებს აგრეთვე ეწოდება იდიოლიტები,რომლების როგორც წესი არ გვევლინებიან ნახშირწყლების მეტაბოლიზმის პირდაპირ და მთავარ პროდუქტებად ან ნივთიერებათა ჟანგვა-აღდგენის შედეგად მიღბულ ნივთიერებებად. ისინი სუფთა კულტურების შემთხვევაში. არ მონაწილეობენ მათი ზრდა-განვითარების პროცესებში. მათ მიეკუთვნება ანტიბიოტიკები, პიგმენტები, ზრდის ჰორმონები, ალკალოიდები და ტოქსინები [7, 23, 46].

მიკროორგანიზმების მიერ მეორადი მეტაბოლიტების, მათ შორის ანტიბიოტიკების წარმოქმნა შეესაბამება მათი დიფერენცირების იმ პერიოდს (იდიოფაზა), როდესაც ისინი ივითარებენ მეორეულ სტრუქტურებს - გამრავლების ორგანოებს (სპორა, ცისტა, სკლეროცია) [19, 23, 46].

მეორადი მეტაბოლიტები მიკროორგანიზმების მიერ არ გამოიყენებიან ან გამოიყენება უმნიშვნელოდ [47]. ცნობილია, რომ ზოგიერთი ანტიბიოტიკი (სტრეპტომიცინი) მთლიანად გამოიყოფა არეში. ზოგიერთი ნაწილობრივ რჩება პროდუცენტის უჯრედში (კანამიცინი). მესამე ჯგუფი ანტიბიოტიკისა (გრამიციდინი) თითქმის მთლიანად დაკავშირებულია პროდუცენტის უჯრედთან და გარემოში პრაქტიკულად არ გამოიყოფა. ანტიბიოტიკები, როგორც ჩანს, მიკრობულ უჯრედში ასრულებენ განსაზღვრულ როლს [19].

აქტინომიცეტების მიერ წარმოქმნილი ანტიბიოტიკების უმრავლესობა ფლობს ფართო ანტიმიკრობულ სპექტრს. თრგუნავს სხვადასხვა სახის მიკრობის ზრდასა და განვითარებას. მნიშვნელოვნად ნაკლებია ვიწრო სპეტქრის ანტიბიოტიკები [50].

ანტიბიოტიკური მოქმედების სპეციფიკა ფრიად არსებითი ნიშანია ტაქსონომიაში, პროდუცენტის შეცნობასა და დიფერენცირებაში. როგორც ექსპერიმენტებით იქნა ნაჩვენები იგი სტაბილური, მემკვიდრეობით განმტკიცებულია, კორელაციაშია სხვა მაჩვენებლებთან - მორფოლოგიურად კულტურალურთან ან ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმურთან [27, 56].

აქტინომიცეტების მიერ წარმოქმნილი ანტიბიოტიკური ნივთიერებები გაერთიანებულია 5 ჯგუფში, რომლების წარმოადგენენ სხვადასხვა კლასის ქიმიურ ნივთიერებებს საკმაოდ მარტივი და აციკლური ნაერთებიდან ფრიად რთულ სტრუქტურებამდე [46].

1.2.3. აქტინომიცეტები და მათი მეტაბოლიტები, როგორც მცენარის ზრდის და განვითარების სტიმულატორები

ნიადაგში, სადაც მრავლად ვითარდებიან ანტაგონისტები (ბაქტერიები, სოკოები, აქტინომიცეტები), მათდამი მგრძნობიარე მიკრობები - როგორც საპროფიტები, ასევე ფიტოპათოგენები - სუსტად ან სრულიად არ ვითარდებიან. ეს წარმოადგენს საფუძველს მიკრობ-ანტაგონისტების გამოყენებისა მავნე მიკროფლორასთან, მცენარეთა დაავადებების გამომწვევებთან ბრძოლაში [9, 14].

ნიადაგის ზოგიერთ მიკროორგანიზმს უნარი აქვს წარმოქმნას სხვადასხვა ბიოტური ნივთიერებები - ვიტამინები, აუქსინები, ამინიმჟავავები, მცენარის ზრდის ჰორმონები და სხვ. ასეთი მიკროორგანიზმები ააქტივებენ ბიოლოგიურ პროცესებს და ამიტომ მათ მიკრობ-აქტივატორებს უწოდებენ [57].

ლიტერატურაში არის მონაცემები ბაქტერიების, სოკოების და აქტინომიცეტების სუფთა კულტურების დადებითი გავლენის შესახებ მცენარეთა ზრდასა და მოსავალზე. მიკრობ-აქტივატორები ზრდიან თესლის ამოსვლის პროცენტს. აჩქარებენ აღმონაცენის ზრდას, ხოლო ხშირად ცვლიან ბიოქიმიური პროცესების ხასიათს [39].

მრავალი მკვლევარი აღნიშნავს, რომ ანტიბიოტიკები გამოიყენებიან არა მხოლოდ მცენარეთა ინფექციური დაავადებებისაგან დაცვის მიზნით, არამედ ისინი ავლენენ მცენარის ზრდაზე გარკვეულ მასტიმულირებელ გავლენას [39]. ანტიბიოტიკების გავლენის გამოკვლევა მწვანე მცენარეზე, როგორც ზრდის სტიმულატორის, ჯერ კიდევ 1948 წელს დაიწყო. მცენარის ზრდაზე ანტიბიოტიკების გავლენის შესწავლისას დადებითი შედეგები მიიღო ლ.ნიკელმა. ექსპერიმენტის დროს აგავას თესლის გაღივებას ასტიმულირებდა 1-5% თიოლიუტინის დამატებით.ოქსიტეტრაციკლინის არსებობა განაპირობებს ბოლოკის და სიმინდის თესლების უფრო სწრაფ გაღივებას. ამის გამო იზრდება აგრეთვე აღმოცენების პროცენტი. კორტესისა და სხვათა მიერ დადგენილ იქნა, რომ ქლორტეტრაციკლინი და პენიცილინი ასტიმულირებენ ბოლოკისა და ლობიოს ზრდას; სტრეპტომიცინი და დიჰიდროსტრეპტომიცინი კი აფერხებენ ბოლოკის ზრდას, ხოლო ლობიოს ზრდაზე გავლენას არ ახდენენ [39].

ანტიბიოტიკების მასტიმულირებელი მოქმედება უპირველესად აიხსნება პათოგენურ მიკროორგანიზმებზე მათი დამთრგუნველი მოქმედებით და დაავადების გამომწვევი ფაქტორების მოცილებით, რომლების საზიანოდ მოქმედებენ მცენარის განვითარებაზე. მაგრამ შემდგომმა გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ ანტიბიოტიკების მასტიმულირებელი თვისება არ აიხსნება მხოლოდ მათი ინფექციის საწინააღმდეგო მოქმედებით [10, 56]. მათი ფიზიოლოგიური როლი არ შემოიფარგლება მხოლოდ ანტიმიკრობული აქტიურობით. ლიტერატურიდან ცნობილია სტრეპტომიცინის და ოქსიტეტრაციკლინის შემცველი პრეპარატების მოქმედება მცენარის ზრდაზე არა მხოლოდ დაავადების წარმომშობი ფაქტორების მოცილებით, არამედ იმითაც რომ ისინი უშვალოს ავლენენ მცენარეზე მასტიმულირებელ მოქმედებას.

თანამედროვე მონაცემების საფუძველზე შეიძლება აღინიშნოს, რომ ანტიბიოტიკები, როგორც მრავალი უჯრედული მეტაბოლიტი, წარმოადგენენ პოლიფუნქციურ ნაერთებს [44, 45].

I.3. კარტოფილის ბაქტერიული დაავადებები

I.3.1. კარტოფილის მურა სიდამპლე

განსაკუთრებით საშიში საკარანტინო დაავადება კარტოფილის მურა სიდამპლე, რომელიც გამოწვეულია ნიადაგის ბაქტერიის *Ralstonia solanacearum*-ის მიერ. მურა სიდამპლე წარმოადგენს ფართოდ გავრცელებულ დაავადებას. *Ralstonia solanacearum* რასა 3 აავადებს ძაღლყურძენასებრთა ოჯახს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კარტოფილი, პომიდორი, თამბაქო. ნაკლებად ავადდება მიწის თხილი (*Arachis hypogaea*), წიწაკა *Capsicum annuum*, ბამბა (*Gossypium hirsutum*), კაუჩუკის ხე (*Hevea brasiliensis*), კასავა (*Manihot esculenta*), აბუსალათინის თესლი (*Ricinus communis*), ბადრიჯანი (*Solanum* melongena), ჯინჯერი (*Zingiber officinalis*) და 250-მდე სახეობის მცენარე.

გავრცელების არეალს წარმოადგენს აზია, ევროპა, ამერიკა, აფრიკა და ოკეანეთი. გავრცელების ხელშემწყობია ტროპიკული, სუბტროპიკული და ცხელი გარემო. საქართველოში *R. solanacearum* შეზღუდულად გავრცელებული საკარანტინო მიკროორგანიზმია. პირველად, 2010–2012 წლებში საქართველოში (აჭარასა და სამცხე-ჯავახეთში), აღწერილ იქნა ამ დაავადების რამოდენიმე შემთხვევა, როგორც კარტოფილზე, ისე პომიდორზე [32. 38].

დაავადება იწვევს უდიდეს ეკონომიურ ზარალს მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. მურა სიდამპლე მიმღებიან ჯიშებზე იწვევს 50 % -იან დანაკარგს. შენახვის პირობებში კი დანაკარგი 40 %-ია.

დაავადების ნიშნები პირველად ვლინდება ყვავილობის ფაზაში - გორგლების ფორმირებისას. ინფექციის გამომწვევის მცენარეში შეჭრა ხდება ფესვთა სისტემიდან დამატებითი ფესვების ჩამოყალიბებისას. მცენარეში მოხვედრისას ბაქტერია სწრაფად მრავლდება და ავსებს ჭურჭლებს, რაც იწვევს მათ დახშობას. მცენარე აღარ მარაგდება წყლით, საკვები ნივთიერებებით და ჭკნება.

ინფექციის საწყის სტადიაზე, დღის ყველაზე ცხელ პერიოდში, ღეროს ზედა ნაწილში ფოთლები ჭკნება და საწყის მდგომარეობას უბრუნდება ღამის პერიოდში. ფოთლები ინარჩუნებენ მწვანე ფერს, მაგრამ მოგვიანებით ვლინდება სიყვითლე და ვითარდება მურა ნეკროზი. საბოლოოდ მცენარე ხმება. დამჭკნარი მცენარის ღეროს მოტეხის ან გადაჭრისას ჭურჭელ-ბოჭკოვანი კონებიდან გამოიყოფა რძისფერი, ლორწოვანი, ბაქტერიული ექსუდატი. გადაჭრილი ღეროს წყალში მოთავსებისას ლორწო კარტოფილის ღეროდან სუსპენდირდება წყალში ძაფისებური ნაკადის ფორმით, რასაც პირველადი დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა აქვს.

ასეთი ძაფები კარტოფილის სხვა ბაქტერიული დაავადებების დროს არ წარმოიქმნება. მცენარის ცივ პირობებში ზრდა-განვითარებისას, ჭკნობა და ფოთლის სხვა სიმპტომები შეიძლება არ გამოვლინდეს.

ტუბერზე დაავადების გარეგანი სიმპტომების გამოვლენა დამოკიდებულია დაავადების განვითარების ხარისხსზე. დაავადების სიმპტომები მსგავსია *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*-ით გამოწვეული რგოლური სიდამპლის სიმპტომების. *R. Solanacearum* გამოირჩევა ბაქტერიული ლორწოს წარმოქმნით, რომელიც გამოიყოფა ინფიცირებული ტუბერის „თვალიდან“ და სტოლონის ბოლოდან. ნიადაგის ნაწილაკები შეიძლება მიეწებოს ტუბერის „თვალს“, საიდანაც ბაქტერიების შემცველი ლორწო გამოიყოფა. დაავადების გვიან სტადიაზე ტუბერის სიდამპლე შესაძლოა გამოწვეულ იქნას მეორადი პათოგენებით (სოკოებით და ბაქტერიებით).

ინფექციის საწყის სტადიაზე, სტოლინის მიმაგრების ადგილას კარტოფილის ტუბერის განივ ან სიგრძივ ჭრილზე შეიმჩნევა ბოჭკოვანი რგოლის შეფერვა მოყვითალო-გამჭვირვალე ღია ყავისფერამდე, რომლიდანაც რამდენიმე წუთის შემდეგ გამოიყოფა მკრთალი კრემისფერი ექსუდატი (სურ.1).

სურ.3.1. *Ralstonia solanacearum*-ით ინფიცირებული კარტოფილის ტუბერები:

ა. ბოჭკოვანი რგოლის გაყავისფერება, ბ. ექსუდატი, ბოჭკოვანი რგოლიდან

მცენარის ჯიშის, გამძლეობის და ამინდის პირობებიდან გამომდინარე დაავადების გავრცელების ხარისხი განხსვავებულია. კარტოფილის ადრეულ სტადიაში დაავადებისას გორგლები ან ძალიან პატარაა ან საერთოდ არ ვითარდება. უფრო გვიან დაავადებისას გორგლები გარეგნულად საღად გამოიყურებიან, დაავადება გამოვლინდება შემდეგ წელს. დაავადებული გორგლებიდან ვითარდება სუსტი, სწრაფადჭკნობადი მცენარეები.

დაავადების წყაროს წარმოადგენს ინფიცირებული ნიადაგი, დაავადებული მცენარეული ნარჩენები და გორგლები, სარეველები. ინფექცია შეიძლება გავრცელდეს სარწყავი წყლით, ქარით, წვიმით, მწერებით და ნემატოდებით [43].

I.3.2. კარტოფილის რგოლური სიდამპლე

დაავადება - კარტოფილის რგოლური სიდამპლე პირველად აღწერილ იქნა ჩრდილოეთ ევროპაში და გავრცელებულია ცივ, ჩრდილოეთ არეალში. იგი საკარანტინო ორგანიზმია, საქართველოში არ არის გავრცელებული. დაავადება უფრო და უფრო ფართოდ ვრცელდება EPPO-ს რეგიონში. ვიზუალური დათვალიერება არ იძლევა დაავადების კარგ კონტროლს, რამდენადაც დაავადების გამომწვევი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში შეიძლება დარჩეს როგორც დაფარული ინფექცია. სიმპტომების არარსებობის შემთხვევაშიც კი იგი მნიშვნელოვანად ამცირებს მოსავალს.

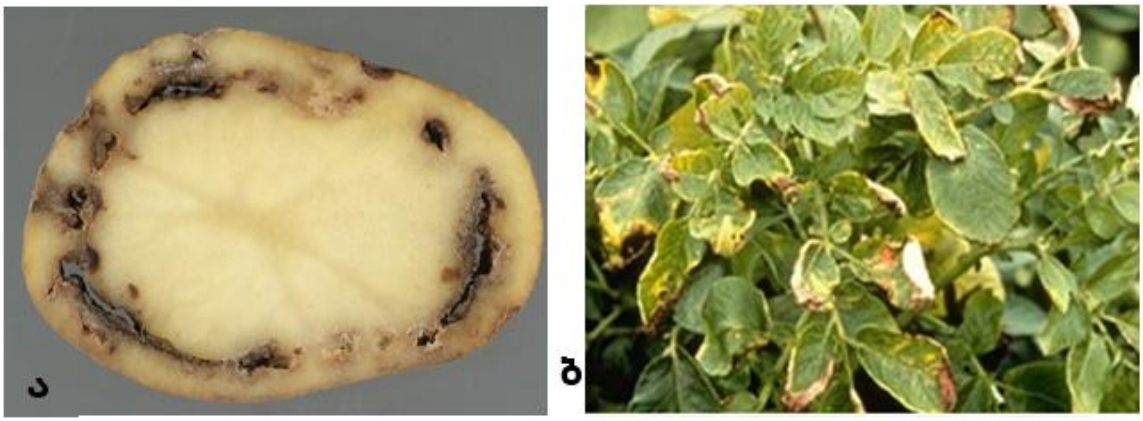
რგოლური სიდამპლე კარტოფილის გამტარი სისტემის, როგორც ღეროს, ასევე ტუბერების, დაავადებაა. დაავადების გამომწვევია *Clavibacter michiganensis* subsp. *Sepedonicus.*

ტუბერის სიმპტომი არ განსხვავდება *Ralstonia solanacearum*-ით გამოწვეული მურა სიდამპლისგან. ინფიცირებული ჭურჭლოვანი კონების გამო, ტუბერის ლპობის ადგილებში ჩნდება სიცარიელე, რაც განპირობებულია ბაქტერიის ცელულაზური ფერმენტის აქტივობით. ლპობა წარმოიქმნება გამტარი სისტემის ირგვლივ რგოლური სიდამპლის სახით. თუმცა არც ისე ხშირად ლიტერატურაში აღწერილია, როდესაც გამტარი ქსოვილებიდან სიდამპლე პროგრესირებს ტუბერის ცენტრისკენ ქერქზე. დაავადების ადრეულ სტადიაზე დამპალი ქსოვილები ჩვეულებრივ რჩებიან თეთრი კრემისფერი და არ ყავისფერდება, როგორც მურა სიდამპლისას. თავიდან სიდამპლე ხაჭოსმაგვარი კონსისტენციის არის და შემდეგ უფრო ლორწოვანი ხდება.

ევროპული კლიმატის პირობებში მცენარის მიწისზედა ნაწილებზე სიმპტომები იშვიათად ვლინდება და უფრო ხშირია გამოვლენა სეზონის დასასრულს. გარდა ამისა სიმპტომები ხშირად შენიღბულია და შესაძლოა სხვა დაავადების ან მექანიკური დაზიანების მსგავსი იყოს.

ღეროს ჭკნობის სიმპტომები არ ჰგავს სხვა დაავადების ნიშნებს და ძალიან განსხვავდება მურა სიდამპლის ნიშნებისგან. ჭკნობა ძალიან ნელა მიმდინარეობს და დასაწყისში შემოიფარგლება მხოლოდ ფოთლის კიდეებით. ახალგაზრდა ინფიცირებული ფოთლები ღებულობენ უსწორმასწორო ფორმას. ქსილემის ბლოკირების გამო ფოთლები დაბლა ეშვებიან ღეროსკენ, ხშირად ვითარდება ქლოროზი, ყვითლიდან ნარინჯისფრამდე. ინფიცირებული

ფოთლები და ღეროები საბოლოოდ კვდება. ჭკნობის ნიშნები ხშირად არ ვლინდება, ფოთლების და ტუბერის ზომები მცირდება. *C. m. sepedonicus*-ით გამოწვეული ჭკნობის სიმპტომები შეიძლება აგვერიოს სხვა დაავადებში, რომლებიც გამოწვეულია სისტემური პათოგენებით, მაგ., *Ralstonia solanacearum, Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora, Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica, Erwinia chrysanthemi, Phoma exigua* var. *foveata,* აგრეთვე საპროფიტული ბაქტერიებით. ნაწილობრივ, *E. Chrysanthemi* შეიძლება გამოიწვიოს ფოთლის ჭკნობის ისეთი სიმპტომები, რომლებიც ძალიან ჰგავს *C. m. sepedonicus*-ით გამოწვეულ სიმპტომებს. *E. Chrysanthemi*-ის შემთხვევაში ერთადერთი განსხვავებაა ღეროს გაშავება. *C. m. sepedonicus*-ით გამოწვეული ჭკნობისგან განსხვავებით სხვა პათოგენები იწვევენ ფოთლების და მთლიანი მცენარის სწრაფ ჭკნობას [43].



სურ. 3.2. რგოლური სიდამპლის სიმპტომები: ა. კარტოფილის ტუბერზე, ბ. კარტოფილის ფოთლებზე.

I.3.3. კარტოფილის სველი სიდამპლე

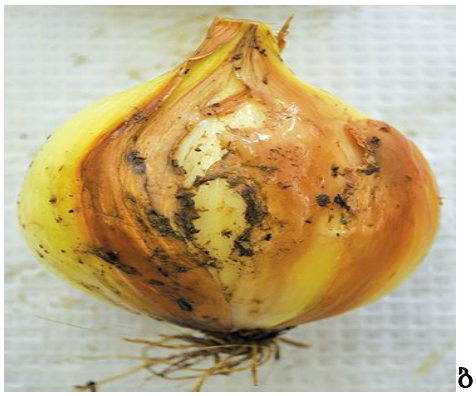
კარტოფილის სველი სიდამპლის გამომწვევებია: *Dickeya solani, Pectobacterium carotovora* subsp. *carotovora, Pectobacterium carotovora* subsp. *atroseptica, Erwinia chrysanthemi.* პათოგენებს გააჩნია მასპინძელთა ფართო სპექტრი, განსაკუთრებით მცენარეები რბილქსოვილოვანი ორგანოებით. ძირითადი მასპინძლებია: ხახვი (*Allium cepa), Begonia* spp., კომბოსტო (*Brassica* spp.), ვარდკაჭაჭა (*Cichorium endivia),* გოგრისებრნი (*Cucurbita* spp.), სტაფილო (*Daucus carota),* ჭარხალი (*Raphanus sativus),* რევანდი (*Rheum rhaponticum),* კარტოფილი (*Solanum tuberosum),* ბადრიჯანი (*S. melongena),* ფრთათეთრა (*Zantedesschia).*

სველი სიდამპლის გამომწვევები ნაპოვნია ყველა კონტინენტზე. ევროპის ქვეყნებიდან აღსანიშნავია: ავსტრია, ბელორუსია, ბელგია, დანია, ფინეთი, საფრანგეთი, გერმანია, უნგრეთი,

ისრაელი, იტალია, ნიდერლანდები, ნორვეგია, პოლონეთი, პორტუგალია, რუმინეთი, რუსეთი, ესპანეთი, შვედეთი, შვეიცარია, ბრიტანეთი, იუგოსლავია.

დაავადება ვლინდება ღეროს ჭკნობის და ტუბერების ლპობის სახით. ტუბერები შესაძლებელია დაავადდნენ ვეგეტაციის პერიოდში, როდესაც დაავადების გამომწვევი ბაქტერიები ტუბერში ხვდებიან სტოლონებიდან ან დაზიანებული სარგავი მასალის წარმოების შედეგად (ანუ დაავადებული ტუბერი წარმოშობს დაავადებულ მცენარეს) და მოსავლის აღებისას, მექანიკური დაზიანებების მეშვეობით. ასევე დაავადება შესაძლოა მავნე მწერების მოქმედების შედეგად. ბაქტერიები ვრცელდებიან ჰაერის, მწერების, გარეული ცხოველების და ადამიანის მეშვეობითაც. თუმცა ამავე დროს უნდა აღინიშნოს რომ დაავადების გამოვლენა ძირითადად შენახვის პერიოდში ხდება. იშვიათად ავადდებიან ისეთი ტუბერები, რომელთაც არ გააჩნიათ მექანიკური დაზიანებები. დაავადებული ტუბერების ქერქი რბილდება და იწყება მოთეთრო-კრემისფერი ექსუდატის გამოჟონვა დაზიანებული ქსოვილებიდან, ხდება ტუბერის ქსოვილის დაშლა. დაავადებული ტუბერის ქერქი არ იშლება, შიგთავსი კი მთლიანად დაშლილია. ლპობა მიმდინარეობს უსიამოვნო სუნის თანხლებით. არასასიამოვნო სუნი წარმოიქმნება, როდესაც ინფიცირებულ ქსოვილში შეაღწევს მეორადი ორგანიზმები (პათოგენური სოკოები).

ა


ბ

გ

დ

სურ. 3.3. სველი სიდამპლის სიმპტომები: ა. კარტოფილის ტუბერზე, ბ. ხახვის ბოლქვზე, გ. კომბოსტოზე, დ. სტაფილოზე.

ღეროს ჭკნობის დროს მიწისზედა ნაწილი ხდება შავი და დაზიანებული ქსოვილები რბილდება. ღერო ან მთლიანი მცენარე ჭკნება, ყვითლდება და თანდათან კვდება. ღეროს დაშლის შემდეგ სწრაფად ვითარდება ისეთი ცვლილებები, როგორიცაა ქერქის დანაოჭება და ნახეთქების გაჩენა მოთეთრო-კრემისფერი ექსუდატის გამოყოფით. დაავადებული მცენარის ამოღება მიწიდან ხდება თავისუფლად, მისი ფესვები და მიწაში არსებული ნაწილები არის ყავისფერი და რბილი. დაავადების განვითარების ტემპი დამოკიდებულია გარემოს ტემპერატურაზე და ტენიანობაზე [43, 52].

II. ექსპერიმენტული ნაწილი

II.1. კვლევის მასალები და მეთოდები

II.1.1. ნიადაგის მიკროფლორის შესწავლა

II.1.1.1. მიკროორგანიზმთა გამოყოფა ნიადაგიდან

საკვლევი ნიადაგის თესვას ვაწარმოებდით თანმიმდევრული განზავების მეთოდით. ამისათვის ნიადაგის 10 გ შეგვქონდა 200 მლ-იან კოლბაში, რომელშიც იყო 90 მლ სტერილური წყალი და ვანჯღრევდით 15 წთ. შემდეგ მიღებული სუსპენზიიდან ვაკეთებდით თანმიმდევრულ განზავებებს $1:10^1$, $1:10^2$, $1:10^3$, $1:10^4$, $1:10^5$, $1:10^6$. ბოლო სამი განზავებიდან ვიღებდით 1 წვეთს (0,05მლ) და შპატელით ვთესავდით აგარიან საკვებ არეზე, პეტრის ჯამებზე. დათესილ ჯამებს ინკუბირებისათვის ვათავსებდით თერმოსტატში 28-30^{0}C-ზე 3-7 დღდე-ღამის განმავლობაში. ინკუბაციის პერიოდის გასვლის შემდეგ შესაბამისი საკვები არის ზედაპირზე ვითარდება ბაქტერიები და სოკოები. მიკროორგანიზმთა რაოდენობას ვსაზღვრავდით კწე დათვლით. ბაქტერიებისთვის ვიყენებდით საკვებ აგარს (NA), სოკოებისათვის - საბუროს არეს.

II.1.1.2. აქტინომიცეტების სუფთა კულტურების გამოყოფა ნიადაგიდან

აქტინომიცეტების ჯგუფობრივი და სახეობრივი შესწავლისათვის ვაწარმოებდით სუფთა კულტურების გამოყოფას. სუფთა კულტურების მიღება შესაძლებელია მყარ საკვებ არეზე თესვის მეთოდით. მეთოდი დაფუძნებულია იზოლირებულად განლაგებული კოლონიიდან სუფთა კულუტრების გამოყოფაზე. საწყისი მასალის მცირე რაოდენობა (1გრ) შეგვქონდა 200 მლ-იან კოლბაში, რომელშიც იყო 90 მლ სტერილური წყალი და ვანჯღრევდით 15 წთ-ს. ამის შემდეგ მიღებული სუსპენზიიდან ვაკეთბდით თანმიმდევრულ განზავებას, საწყისი მასალის განზავება მიგვყავდა $1:10^6$-მდე. ბოლო სამი განზავებიდან ვიღებდით სუსპენზიის 1 მლ-ს და შეგვქონდა პეტრის ჯამზე, შემდეგ ვასხამდით 40-45°C-მდე შეგრილებულ სტერილურ საკვებ არეს. მსუბუქი რხევითი მოძრაობით პეტრის ჯამის ფსკერზე ვანაწილებდით საკვებ არეს. გამყარების შემდეგ პეტრის ჯამებს ფსკერით ზემოთ ვათავსებდით თერმოსტატში, 28-30°C-ზე. 5-7 დღე-ღამის კულტივირების შემდეგ საკვები არის ზედაპირზე შეუიარაღებელი თვალით შეიმჩნევა მიკრობთა კოლონიები. აქტინომიცეტების რაოდენობას ვსაზღვრაბთ კწე დათვლით. აქტინომიცეტების განვითარებისათვის ოპტიმალურია საკვები არეა - გაუზე1. ამიტომ აქტიმომიცეტების საერთო რაოდენობას ვსაზღვრავდით ამ საკვებ არეზე.

სუფთა კულტურის გამოყოფის მიზნით მოღუნული ნემსით ვეხებოდით კოლონიას და მის უჯრედების მცირე რაოდენობა გადაგვქონდა სინჯარებში ირიბ აგარზე, საკვები არეებით (გაუზე-1, გაუზე-2). 6-7 დღე-ღამის შემდეგ ვითარდება გამოყოფილი შტამის სუფთა კულტურა [1, 2, 4].

II.1.2. საკვები არეების შემადგენლობა გ/ლ:

1. გაუზე-1

ხსნადი სახამებელი	20
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5
K_2HPO_4	0.5
KNO_3	1.0
NaCl	0.5
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.01
აგარ-აგარი	18-20
დისტილირებული წყალი	1000 მლ
pH	7,0 ±0.2

2. გაუზე -2

ხპა	30მლ
პეპტონი	5.0
NaCl	5.0
გლუკოზა	10.0
აგარ-აგარი	18-20
დისტილ. წყალი	1000 მლ
pH	7,0 ±0.2

3. ფქვილი საკვები არე ანტაგონისტებისათვის

სოიას ფქვილი	15.0
სიმინდის ფქვილი	5.0
საფუარის ექსტრაქტი	0.5
პეპტონი	0.5
აგარ -აგარი	18-20
დისტილირებული წყალი	1000 მლ
pH	7,0 ±0.2

4. პრიდჰეიმის არე

$(NH_4)_2SO_4$	2.64
KH_2PO_4	2.38
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1.0
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.0064
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.0011
$MnCL_2 \cdot 4H_2O$	0.0079
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.0015
აგარ- აგარი	18-20
ნახშირბადის წყარო	10.0
ორგანული მჟავეები	1.5
დისტილირებული წყალი	1000 მლ
pH	7,0 ±0.2

5. კაუფმანის არე

პეპტონი	5
KNO_3	0.2
გლუკოზა	10
დისტ. წყალი	1000 მლ
pH	7,0 ±0.2

6. საკვები აგარი (NA)

კომერციულად დამზადებული	
pH	7,0 ±0.2

7. კელმანის ტეტრაზოლიუმის TZC აგარი

გლუკოზა	10 გ (ან 2,5 გ)*
პეპტონი	10 გ
კაზეინის ჰიდროლიზატი ან	
კაზამინის მჟავა	1 გ
აგარი	18 გ
დისტ. წყალი	1000 მლ

*გლუკოზის შემცირება 2,5 გრ-მდე კარტოფილის შტამების (ბიოვარი 2, რასა 3) შემთხვევაში უკეთეს ზრდას განაპირობებს. ავტოკლავირება ხდება 20 წუთი 121°C. ავტოკლავირების შემდეგ 55°C-მდე გაგრილებულ საკვები არეს ემატება მილიპორის ფილტრის გზის სტერილიზებული 5 მლ 1%-იანი 2,3,5-ტრიფენიტეტრაზოლიუმის ქლორიდის ხსნარი.

1% TZC საწყისი ხსნარი

1 გ 2,3,5-ტრიფენილტეტრაზოლიუმის ქლორიდი იხსენება 100 მლ დისტილირებულ წყალში. ხსნარის გაასტერილება ხდება მიკროფილტრით.

8. საბუროს აგარი

პეპტონი	10
გლუკოზა ან მალტოზა	40
დისტ. წყალი	1000 მლ
pH	5-6

II.1.3. მიკროორგანიზმების მორფოლოგიური თვისებების შესწავლა

საკვლევი კულტურების მორფოლოგიურ თვისებებს ვსწავლობდით სინათლის მიკროსკოპით (Leica DM100). 7 დღიანი კულტურების მიკროსკოპირებას ვახდენდით ×40 გადიდებაზე. ვაწარმოებდით მიღებული შედეგების ფოტოგრაფირებას.

II.1.4. აქტინომიცეტების ანტაგონისტური უნარის შესწავლა აგარის ბლოკის მეთოდით

გამოსაკვლევი ორგანიზმის განვითარებისათვის და ანტიმიკრობული ნივთიერებების წარმოქმნისათვის ხელსაყრელი საკვები არის ზედაპირზე ვთესავდით გაშლილი "გაზონის" სახით ანტაგონისტს. მას შემდეგ, რაც ეს ორგანიზმი კარგად განვითარდებოდა და წარმოქმნიდა ანტიმიკრობულ ნივთიერებას (8-15 დღე), რომელიც დიფუნდირებს აგარის სისქეში, სტერილური საჭრისით ვჭრიდით აგარის ბლოკებს და გადაგვქონდა ისინი ტესტ-ორგანიზმებით წინასწარ დათესილ პეტრის ჯამზე. თერმოსტატში 36-48 სთ-ის ინკუბაციის შემდეგ ტესტ-ორგანიზმებისათვის სასურველ ტემპერატურაზე (28^{0}C) აგარის ბლოკის ირგვლივ წარმოიქმნება ნათელი ზონა, რაც მოუთითებს ტესტ-ორგანიზმის ზრდის დათრგუნვას. ზონის დიამეტრის მიხედვით ვმსჯელობდით გამოსაკვლევი ორგანიზმის ანტიტიმიკრობული აქტიურობის შესახებ [1, 2, 3].

II.1.5. ნახშირბადის და აზოტის სხვადასხვა წყაროს შეთვისების უნარის განსაზღვრა

ნახშირბადისა და აზოტის სხვადასხვა წყაროს შეთვისების უნარს ვსაზღვრავდით პრიდგეიმის აგარიან საკვებ არეზე. ნახშირბადის წყაროდან გამოვიყენეთ პენტოზები: ფრუქტოზა, ქსილოზა, ჰექსოზები: გლუკოზა, გალაქტოზა, დისაქარიდები: საქაროზა, ლაქტოზა, მალტოზა, სპირტები: მანიტი, პოლისაქარიდები: სახამებელი, ცელულოზა.

აზოტის წყაროდ არეს ვუმატებდით 0.028% აზოტს სხვადასხვა ნაერთის სახით: KNO_3; $NaNO_3$; NH_4NO_3; $Ca(NO_3)_2$; NH_4CL; პეპტონი, L-ლეიცინი, გლუტამინის მჟავა, β - ალანინი, α-ალანინი, ფენილალანინი, ცისტეინი, ლიზინი, ასპარაგინის მჟავა, ასპარაგინი, არგინინი, ვალინი, ტრიფტოფანი [1-4].

II.1.6. ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური თვისებების შესწავლისას გამოყენებული ტესტები

<u>ჟელატინის ჰიდროლიზი.</u> ჟელატინის საკვებზე (15% ჟელატინი, 3% საფუვრის ექსტრაქტი, 1000 მლ ხპბ) კულტურას სინჯარებში ვთესავდით ნემსით. 8, 10, 15 და 30 დღის 30^{0}C-ზე ინკუბაციის შემდეგ აღვრიცხავდით ჟელატინის გათხევადების უნარს.

<u>სახამებლის ჰიდროლიზი.</u> კულტურას ვზრდიდით გაუზე-1 საკვებ არეზე. 8-9 დღის შემდეგ პეტრის ჯამებზე ვასხამდით ლუგოლის ხსნარს. უფერული ზონის არსებობა ამტკიცებს სახამებლის ჰიდროლიზის უნარს.

<u>რძის კოაგულაცია და პეპტონიზაცია.</u> შესასწავლი კულტურის ჩათესვას ვახდენდით ცხიმგაცლილ გასტერილებულ რძეში და ვათავსებდით თერმოსტატში 30^0C-ზე 2 კვირის განმავლობაში. რძის შედედება და შრატის წარმოქმნა ადასტურებს შესაბამისად კულტურის უნარს მოახდინოს რძის კოაგულაცია და პეპტონიზაცია.

<u>კატალაზური აქტივობის განსაზღვრა.</u> ამ ფერმენტის აღმოჩენა მიკროორგანიზმებში შესაძლებელია წყალბადის ზეჟანგის 3% ხსნარის საშუალებით. სასაგნე მინაზე ვათავსებდით თხევადი კულტურის წვეთს და ვამატებდით წყალბადის ზეჟანგის ხსნარის 1-2 წვეთს. დადებით შემთხვევაში შეიმჩნევა ჟანგბადის ბუშტუკები, რომლებიც წარმოიქმნება წყალბადის ზეჟანგის დაშლით.

<u>ნიტრატრედუქტაზული აქტივობის განსაზღვრა.</u> ნიტრატების ნიტრიტებად რედუქციის (NO_3^- - NO_2^-) უნარის გამოსავლენად გამოსაკვლევ კულტურებს ვზრდიდით კაუფმანის თხევად არეში (არე #5). 5 დღე-ღამის კულტივირების შემდეგ სინჯარაში ვამატებდით რამდენიმე წვეთს გრისის რეაქტივს. ვარდისფერი ან წითელი შეფერვის წარმოქმნით ვმსჯელობდით არეში ნიტრიტების არსებობაზე. კონტროლად გამოყენებული გვქონდა ბულიონი KNO_3-ის გარეშე.

<u>გოგირდწყალბადის წარმოქმნა.</u> მიკრობების მიერ გოგირდწყალბადის წარმოქმნა ხდება ცილების დაშლით. გოგირდწყალბადის რეაქტივს წარმოადგენს ტყვიის აცეტატი. ამისათვის ვიყენებდით აღნიშნული მარილის 30%-იან ხსნარში გაჟღენთილ ფილტრის ქაღალდს. გოგირდწყალბადის არსებობისას ქაღალდი იძენს ყავისფერ ან შავ შეფერილობას.

II.2. კვლევის შედეგები და მათი განხილვა

II.2.1. საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგის მიკროფლორა კარტოფილის გავრცელების არეალში

შეგროვებულ იქნა კარტოფილის ნათესების ნიადაგის 6 ნიმუში საქართველოს სხვადასხვა რეგიონიდან: ახალციხე - სოფ.ვალე, სვანეთი - სოფ. წვირმი, ჭიათურა - სოფ. ზოდი, თბილისის შემოგარენი (კრწანისი, ვარკეთილი). ნიადაგის ნიმუშები აღებულ იქნა 0-20 სმ სიღრმიდან.

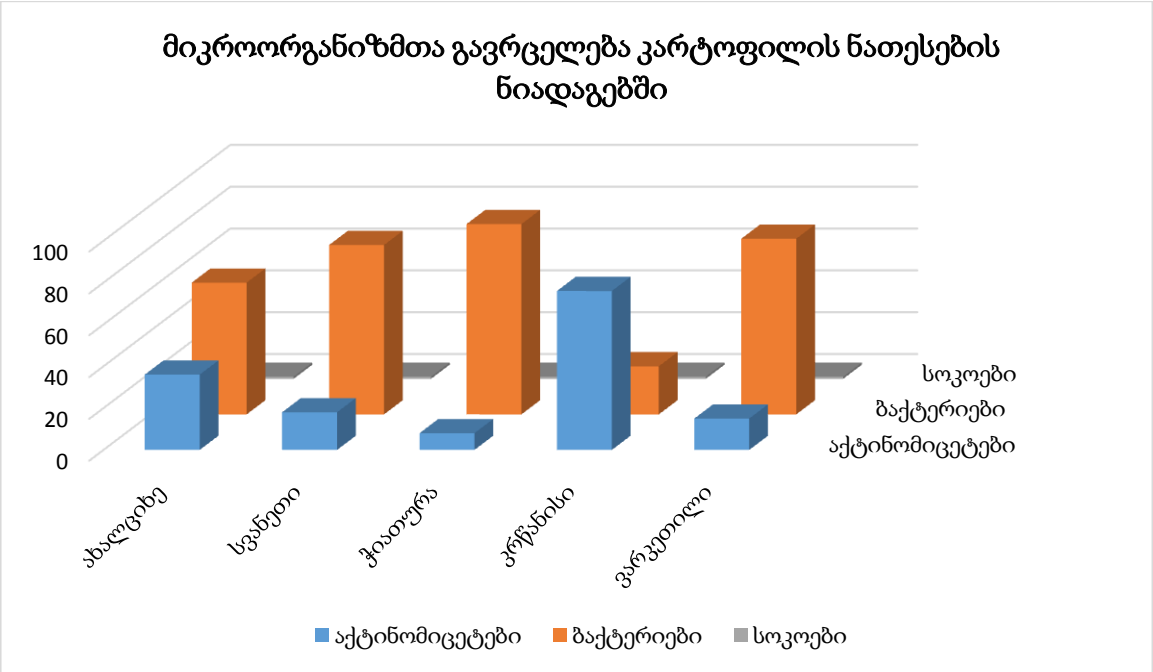
ნიადაგის ნიმუშების გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ გაზაფხულის პერიოდში ჭარბობენ ბაქტერიები, ხოლო სოკოები ყველაზე ნაკლებად ვლინდებიან. აქტინომიცეტები მეტი რაოდენობა გამოვლენილ იქნა ახალციხის და კრწანისის ნიმუშებში, შესაბამისად $12,3\times10^6$ და 13×10^6 კწე 1 გ ნიადაგში.

აქტინომიცეტების გამოსაყოფად გამოყენებულ იქნა სინთეზური (გაუზე-1) და ორგანული (გაუზე-2) საკვები არეები [II.1.2.].

ცხრილი 2.1.

კარტოფილის ნათესების ნიადაგების მიკროფლორა

N	ნიადაგის ნიმუში	ბაქტერიების კწე	სოკოების კწე	აქტინომიცეტების კწე
1	ახალციხე, ს.ვალე	21×10^6	$2,1\times10^3$	$12,3\times10^6$
2	სვანეთი, ს.წვირმი	46×10^6	2×10^3	$10,1\times10^6$
3	ჭიათურა, ს.ზოდი (ნაკვეთი 1)	30×10^6	6×10^3	$8,5\times10^6$
4	ჭიათურა, ს.ზოდი (ნაკვეთი 2)	71.4×10^6	22×10^3	9.4×10^6
5	კრწანისი (თბილისის შემოგარენი)	4×10^6	8×10^3	13×10^6
6	ვარკეთილი (თბილისის შემოგარენი)	44×10^4	$3,1\times10^3$	$8,2\times10^6$



სურ. 2. 4. მიკროორგანიზმთა გავრცელება კარტოფილის ნათესების ნიადაგებში.

II.2.2. აქტინომიცეტების სუფთა კულტურების გამოყოფა და კულტურალური თვისებების შესწავლა

სინთეზურ (გაუზე-1) და ორგანულ (გაუზე-2) საკვებ არეებზე განვითარებული აქტინომიცეტების კოლონიები სხვა მიკროოგანიზმებისაგან გასუფთავების მიზნით გადავთესეთ პეტრის ჯამებზე, საკვები არით გაუზე-1. ჯამები კულივირებისათვის მოვათავსეთ თერმოსტატში 28^{0}C-ზე 5-7 დღე-ღამის განმავლობაში. აგარიან არეზე განვითარებული აქტინომიცეტის იზოლირებული კოლონია სუფთა კულტურის მიღების მიზნით გადავიტანეთ სინჯარებში, ირიბ აგარზე, იგივე საკვებ არეებზე (გაუზე-1, გაუზე-2).

საკვლევი ნიადაგის 6 ნიმუშიდან გამოყოფილ იქნა აქტინომიცეტის 65 სუფთა კულტურა. კულტურალური თვისებების შესასწავლად გამოვიყენეთ სინთეზური და ორგანული არეები: გაუზე-1, გაუზე-2 [II.1.2.]. აქტინომიცეტების მიერ პიგმენტის წარმოქმნა სინთეზურ არეზე უფრო მკვეთრად და დამახასიათებლად ვლინდება. კულტურის შესწავლას ვახდენდით კულტივირების მე-10 და მე-15 დღეს, როცა პიგმენტაცია უფრო ინტენსიურია. ოპტიმალური

ტემპერატურა პიგმენტის წარმოქმნისთვის 20-25^{0}C-ია. გაუზე-1 არეზე ასევე კარგად ვლინდება საჰაერო მიცელიუმის შეფერვა.

კულტურალური თვისებების საფუძველზე ნიადაგიდან გამოყოფილი *Streptomyces* გვარის აქტინომიცეტები ნ.კრასილნიკოვის მიხედვით მივაკუთვნეთ შემდეგ ჯგუფებს: *Griseus, Chromogenes, Globisporus, Olivaceus, Violaceus, Fradiae.*

1. ჯგ. *Grisus* ჯგუფის შტამებს მინერალურ არეებზე ახასიათებთ რუხი ფერის საჰაერო მიცელიუმი, ჩალისფერი კოლონიები, საკვები არე უფერო. ორგანულ არეებზე - რუხი ფერის საჰაერო მიცელიუმი, კოლონიები და საკვები არე უფერო.
2. ჯგ. *Chromogenes* - საჰაერო მიცელიუმი მოთეთრო-ყავისფერი, კოლონიები და საკვები არე ყავისფერი (მინერალური არე). ორგანული არე - საჰაერო მიცელიუმი თეთრი, კოლინიები და საკვები არე მუქი ყავისფერი.
3. ჯგ. *Globisporus* - საჰაერო მიცელიუმი ჩალისფერი ან კრემისფერი, კოლონიები ყვითელი, საკვები არე უფერო (მინერალური არე). ორგანული არე - საჰაერო მიცელიუმი ჩალისფერი, კოლონიები და საკვები არე ყვითელი.
4. ჯგ. *Olivaceus* - საჰაერო მიცელიუმი მოყვითალო-მოთეთრო, კოლონიები ყვითლი, საკვები არე ღია ყვითელი (მინერალური არე). ორგანული არე - საჰაერო მიცელიუმს არ ინვითარებს ან რუხი ფერისაა, კოლონიები და საკვები არე მოყავისფრო მურა ფერის.
5. ჯგ. *Violaceus* - საჰაერო მიცელიუმი მოთეთრო - იასამნისფერი, კოლონიები და საკვები არე იასამნისფერი, კოლონიები და საკვები არე იასამნისფერი (მინერალური არე). ორგანული არე - საჰაერო მიცელიუმი მოთეთრო-რუხი, კოლონიები და საკვები არე იისფერი.
6. ჯგ. *Fradiae* - საჰაერო მიცელიუმი ვარდისფერი, კოლონიები მოთეთრო-ვარდისფერი, საკვები არე უფერო (მინერალური არე). ორგანული არე - საჰაერო მიცელიუმი მოთეთრო-ვარდისფერი, კოლონიები მოყვითალო-კრემისფერი, საკვები არე უფერო.

ყველაზე უფრო სრულყოფილი სისტემა აქტინომიცეტების კლასიფიკაციის, რომელიც დაფუძნებულია ფილოგენეზური ნათესაობის პრინციპზე, ეკუთვნის ნ. კლასილნიკოვს. იგი თვლის, რომ მხოლოდ ნიშანთა კომპლექსი - მორფოლოგიური, კულტურალური, ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური, ანტაგონისტური და სხვა ასახიათებს სახეობას.

ცხრილი 2.2.

კარტოფილის ნათესების ნიადაგში *Streptomyces* გვარის ცალკეული ჯგუფების გავრცელება

N	ნიმუშის აღების ადგილი	ჯგუფები	იზოლატების რაოდენობა	%
1	ახალციხე, ს.ვალე	*Griseus* *Chromogenes* *Olivaceus*	5 8 2	33 53 14
2	სვანეთი, ს.წვირმი	*Griseus* *Fradiae* *Globisporus* *Violaceus*	3 1 1 5	30 10 10 50
3	ჭიათურა, ს.ზოდი	*Griseus* *Chromogenes* *Globisporus* *Violaceus*	3 3 1 1	37 37.5 12.5 12.5
4	კრწანისი	*Griseus* *Chromogenes* *Olivaceus* *Globisporus*	7 8 1 5	33 38 4.7 9.5
5	ვარკეთილი	*Globisporus* *Chromogenes*	2 3	40 60

II.2.3. აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების გამოვლენა ფიტოპათოგენური ბაქტერიების მიმართ

აქტინომიცეტების სუფთა კულტურის მიღების შემდეგ გამოვლენილ იქნა ფიტოპატოგენური ბაქტერიების მიმართ ანტაგონისტები II.1.4.-ის მიხედვით. ანტიმიკრობული ნივთიერების მაქსიმალური წარმოქმნისა და დაგროვებისათვის გამოვლენილ იქნა ოპტიმალური არე და პირობები. ზრდის დასაჩქარებლად და ანტიბიოტიკის გამოსავლის გასაზრდელად საკვებ არეს ვუმატებდით სპეციალურ დამატებით ნივთიერებებს - სიმინდისა და სოიას ფქვილს (არე №3). როგორც ცნობილია, მიკროორგანიზმების მიერ ანტიბიოტიკების წარმოქმნა შეესაბამება მათი დიფერენცირების იმ პერიოდს, როდესაც ისინი ივითარებენ მეორეულ სტრუქტურებს - გამრავლების ორგანოებს (სპორა, ცისტა, სკლეროცია). აქედან გამომდინარე, აქტინომიცეტების ანტაგონისტური თვისება ტესტ-კულტურების მიმართ გამოვლენილ იქნა მათი ზრდა-განვითარების მე-15 დღეს. ტესტ-კულტურებისთვის გამოვიყენეთ NA და TZC-აგარი (№6, 7) [II.1.2]. ანტიმიკრობული თვისებების გამოცდას ვაწარმოებდით აგარის ბლოკის მეთოდით [II.1.4]. პეტრის ჯამებს ვათავსებდით თერმოსტატში 25-28°C -ის პირობებში. ამ ტემპერატურის დროს ტესტ-კულტურები ვითარდებიან ნელა, ანტიმიკრობული ნივთიერება კი ასწრებს დიფუნდირებას აგარის ბლოკიდან საკვებ აგარში და თრგუნავს აღნიშნული ორგანიზმის განვითარებას. 36-48 სთ ინკუბაციის შემდეგ აღვრიცხავდით შედეგებს.

ნიადაგიდან გამოყოფილი აქტინომიცეტის 65 იზოლატიდან საკვლევი ფიტოპათოგენური ბაქტერიების მიმართ ანტაგონისტური უნარი გამოავლინა 18-მა იზოლატმა. *Ralstonia solanacearum*-ის მიმართ აქტიური აღმოჩნდა 17, რომელთაგან უმეტესობა მიეკუთვნება *Streptomyces*-ის გვარს; *Cms*-ის მიმართ - 6, ხოლო *Dickeya solani*-ის მიმართ - 1 იზოლატი.

მაღალი ანტიმიკრობული აქტიურობის მქონე 18 იზოლატიდან უმრავლესობა წარმოდგენილია *Streptomyces*-ის გვარის *Griseus*-ის და *Chromogenes*-ის ჯგუფებით. აღსანიშნავია, რომ ჭიათურიდან გამოყოფილი იზოლატები: 5, 11, 32 ერთნაირი ძალით ავლენს ანტიმიკრობულ აქტივობას გრამუარყოფითი ბაქტერიის - *Ralstonia solanacearum*-ის და გრამდადებითი ბაქტერიის - *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* მიმართ (ცხრილი 2.3, სურ. 2.5, 2.6, 2.7, 2.8).

ცხრილი 2.3.

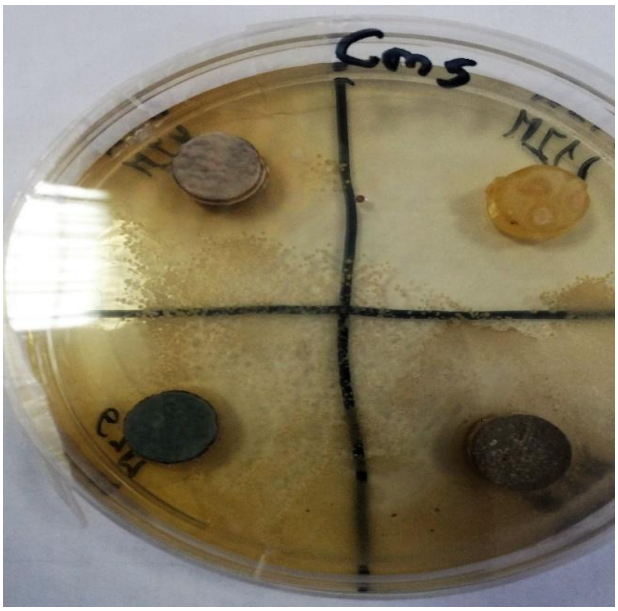
ზოგიერთი აქტინომიცეტის ანტაგონისტური თვისებები

		ტესტ-კულტურები (ზონის დიამეტრი, მმ)		
#	აქტინომიცეტების შტამები	*Ralstonia solanacearum*	*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*	*Dickeya solani*
1	*Streptomyces* sp. 1	10	-	-
2	*Streptomyces* sp. 3	3	-	-
3	*Streptomyces* sp. 4	12	10	-
4	*Streptomyces* sp. 5	11	10	-
5	*Streptomyces* sp. 6	22	6	-
6	*Streptomyces* sp. 8	25	-	-
7	*Streptomyces* sp. 34	10	-	-
8	*Streptomyces* sp. 48	3	-	-
9	*Streptomyces* sp. 49	3	-	-
10	*Streptomyces* sp. 52	-	14	-
11	*Streptomyces* sp. 55	5	-	-
12	*Streptomyces* sp. 60	17	-	8
13	*Streptomyces* sp. 64	4	-	-
14	*Nocardia* sp. 2	5	-	-
15	*Nocardia* sp. 32	10	10	-
16	*Streptosporangium* sp. 7	13	-	-
17	*Streptosporangium* sp.11	15	18	-
18	*Streptosporangium* sp. 44	10	-	-

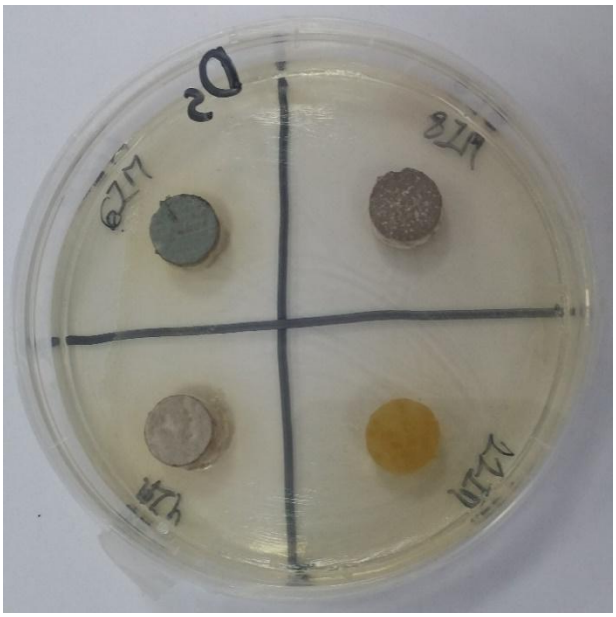
შენიშვნა: ციფრებით აღნიშნულია ზრდის დათრგუნვის ზონის დიამეტრი, ბლოკის დიამეტრი 12 მმ.

სურ. 2.5. *Ralstonia solanacearum*-ის დათრგუნვის ზონები *Streptomyces* sp. 4, *Streptomyces* sp. 6, *Streptomyces* sp. 8, *Streptomyces* sp. 11 შტამების მიერ აგარ დიფუზიის მეთოდით.

სურ. 2.6. *Rs*-ის დათრგუნვის ზონა *Streptosporangium* sp.11 შტამის მიერ



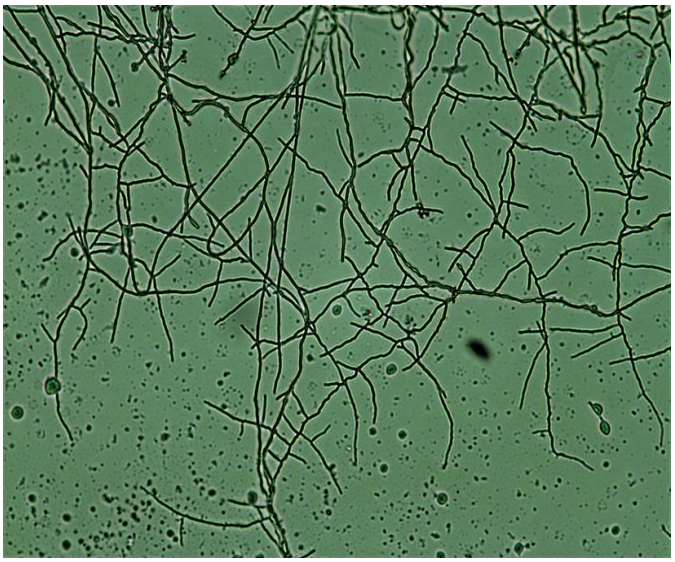
სურ. 2.7. Cms-ის დათრგუნვის ზონა *Streptosporangium* sp.11 შტამის მიერ.



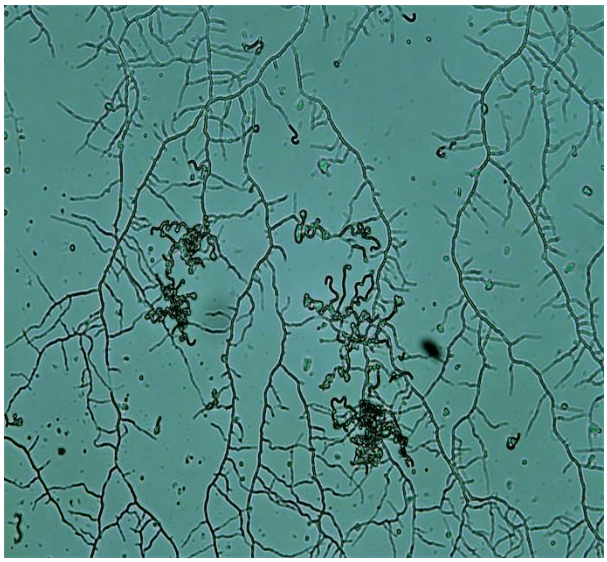
სურ. 2.8. *Dickeya* solani-ის დათრგუნვის ზონა *Streptomyces* sp. 60 შტამის მიერ.

II.2.4. აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების ბიოლოგიის შესწავლა

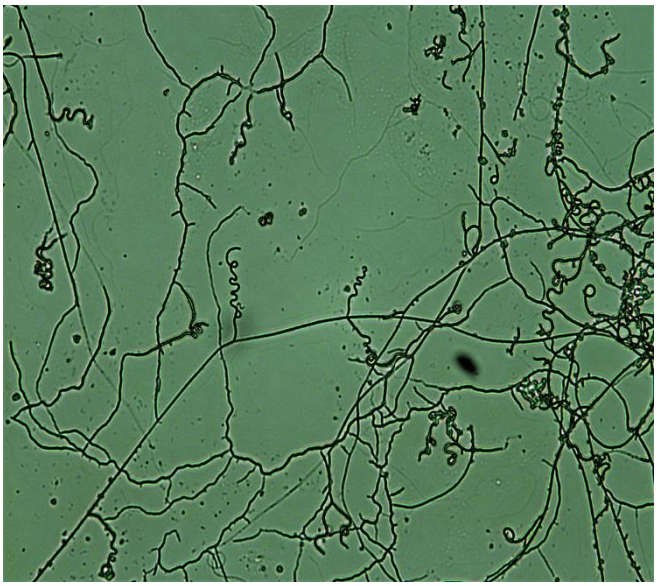
შემდგომი კვლევისათვის აქტინომიცეტების 65 იზოლატიდან შერჩეულ იქნა ფიტოპათოგენური ბაქტერიების მიმართ ანტაგონისტური 18 იზოლატი. მორფოლოგიურ-კულტურალური თვისებების შესწავლის საფუძველზე ისინი მივაკუთვნეთ *Actinomycetales* რიგის შემდეგ გვარებს: *Streptomyces, Nocardia, Steptosporangium.* მორფოლოგიურ-კულტურალურ, ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური და ანტაგონისტურ თვისებებს ვსწავლობდით იმ მეთოდებით, რომლებიც აღწერილია ნ. კრასილნიკოვისა და ნ. ეგოროვის შრომებში [3, 4]. შესწავლილი კულტურები კარგად იზრდებიან სინთეზურ და ორგანულ საკვებ არეებზე. *Streptomyces*-ის გვარის წარმომადგენლებს ახასიათებთ სწორხაზოვანი სპორიანი ჰიფები, *Nocardia*-ს გვარის წარმომადგენლებს კი მოკლე, ფრაგმენტირებული ჰიფები. *Streptosporangium*-ის გვარის წარმომადგენლები ხასიათდებიან სპორანგიუმიანი ჰიფებით და ჰიფებზე განლაგებული ყუნწიანი სპორებით (ცხრილი 2.6, სურ: 2.9 – 2.14).



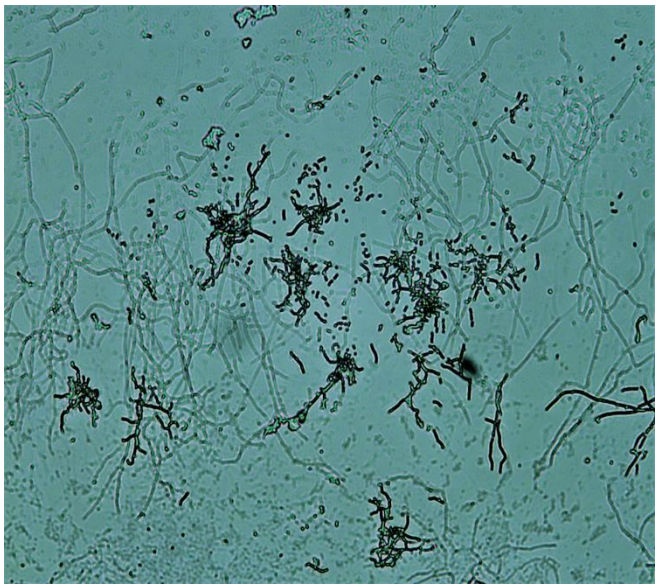
სურ.2.9. *Streptomyces* sp.4 შტამის გრძელი, სწორხაზოვანი დატოტვილი ჰიფები



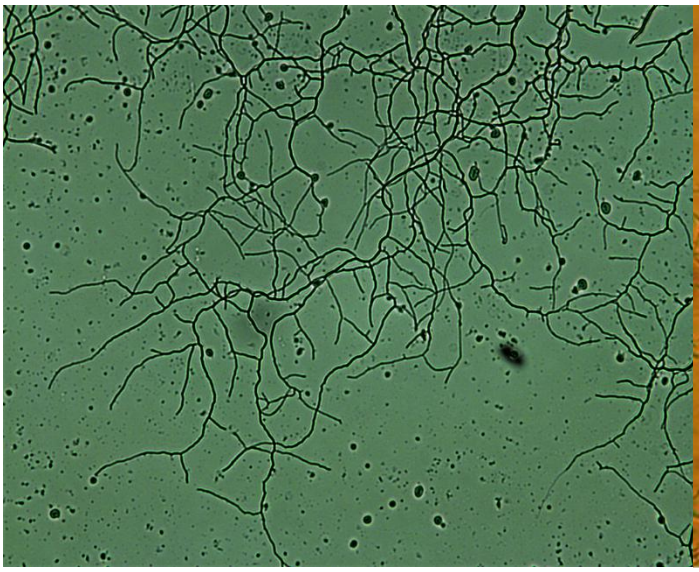
სურ.2.10. *Streptomyces* sp. 8 შტამის დატოტვილი ჰიფები, მარყუჟებით.



სურ.2.11. *Streptomyces* sp.8 შტამის სპირალური ჰიფები



სურ.2.12. *Nocardia* sp.32 შტამის ფრაგმენტირებული ჰიფები



სურ.2.13. *Streptosporangium* sp.11 შტამის გრძელი, დატოტვილი ჰიფები სპორანგიუმებით.

სურ.2.14. *Streptosporangium* sp.44 შტამის დატოტვილი ჰიფები, ყუნწიანი სპორებით

ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური თვისებები შევისწავლეთ II.1.5. და II.1.6. თავებში აღწერილი მეთოდების მიხედვით.

ნახშირბადის წყაროებიდან უმეტესი კულტურები კარგად ითვისებენ: გლუკოზას, გალაქტოზას, საქაროზას, მალტოზას, მანიტს, ქსილოზას და სახამებელს. ვერცერთი შტამი ვერ

ითვისებს ფრუქტოზას. *Nocardia*-ს გვარის შტამები: *Nocardia* sp. 2 და *Nocardia* sp. 32 C-ის წყაროებიდან ძალიან სუსტად ან არ ითვისებენ ცელულოზას. *Streptomyces* გვარის შტამები თითქმის ყველა ნახშირბადის წყაროს სხვადასხვა ინტენსივობით ითვისებენ. ცელულოზის შემცველ არეზე საშუალო ზრდა ახასიათებთ შტამებს: *Streptomyces* sp. 1, *Streptomyces* sp. 3, *Streptomyces* sp. 49, *Streptomyces* sp. 52, *Streptomyces* sp. 64, *Streptosporangium* sp. 7, *Streptosporangium* sp. 44; დანარჩენი შტამები თითქმის არ იზრდებიან (ცხრილი 2.4).

შესწავლილი კულტურები აზოტს ყველაზე კარგად ითვისებენ არაორგანული წყაროებიდან - KNO_3, ორგანულიდან – პეპტონი, ამინომჟავებიდან – ლეიცინი და ლიზინი. *Streptomyces* sp. 4 აზოტს მხოლოდ პეპტონიდან და არაორგანული წყაროდან ითვისებს. *Nocardia*-ს გვარის აქტინომიცეტები ვერ ითვისებენ აზოტს β-ალანინიდან და L-ასპარაგინიდან. აღსანიშნავია, რომ შტამი *Streptosporangium* sp.11 კარგად ითვისებს აზოტს როგორც არაორგანული წყაროდან, ასევე ამინომჟავებიდან: არგინინი, L-ასპარაგინი, გლიცინი, ლეიცინი, ლიზინი (ცხრილი 2.5).

აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური თავისებურებებიდან აღსანიშნავია მელანოიდის პიგმენტის წარმოქმნის უნარი მხოლოდ 2შტამში: *Streptomyces sp.* 34 და *Streptomyces sp.* 55. შტამების უმეტესობა ავლენენ კატალაზურ და ნიტრატრედუქტაზულ აქტივობებს, ახდენენ სახამებლის ჰიდროლიზს. ყველა შტამი, რომლებიც ახდენენ ჟელატინის გათხევადებას, ამავე დროს ახდენენ რძის პეპტონიზაციას. რაც შეეხება რძის კოაგულაციას, მხოლოდ 2 შტამს: *Streptomyces* sp. 1, *Nocardia* sp. 2, გააჩნია აღნიშნული უნარი. H_2S-ის წარმოქმნის უნარი არცერთ შტამს არ ახასიათებს.

ცხრილი 2.4.

აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების მიერ C-ის სხვადასხვა წყაროს შეთვისების უნარი

№	შტამები	გლუკოზა	ფრუქტოზ	გალაქტოზა	ლაქტოზა	საქარიზა	მალტოზა	მანიტი	ქსილოზა	სახამებელ	ცელულოზ
1	*Streptomyces* sp. 1	5	0	4	4	5	5	5	4	5	3
2	*Streptomyces* sp. 3	5	0	5	3	5	5	5	4	5	3
3	*Streptomyces* sp. 4	5	0	5	4	5	5	5	4	5	2
4	*Streptomyces* sp. 5	5	0	4	4	4	5	5	5	5	2
5	*Streptomyces* sp. 6	5	0	5	3	4	5	5	5	5	2
6	*Streptomyces* sp. 8	5	0	5	4	5	5	5	5	5	-
7	*Streptomyces* sp. 34	5	0	5	4	5	5	5	5	5	1
8	*Streptomyces* sp. 48	5	0	5	4	5	5	4	5	5	2
9	*Streptomyces* sp. 49	5	0	5	4	5	5	4	5	5	3
10	*Streptomyces* sp. 52	5	0	5	4	5	5	5	5	5	3
11	*Streptomyces* sp. 55	5	0	5	4	5	5	5	4	5	2
12	*Streptomyces* sp.60	5	0	5	4	4	5	4	4	5	-
13	*Streptomyces* sp. 64	5	0	5	4	4	5	5	5	5	3
14	*Nocardia* sp. 2	5	0	5	3	4	5	4	5	5	-
15	*Nocardia* sp. 32	5	0	4	4	5	5	5	5	5	1
16	*Streptosporangium* sp.7	5	0	5	4	5	5	5	5	5	3
17	*Streptosporangium* sp.11	5	0	4	4	5	5	5	5	5	1
18	*Streptosporangium* sp. 44	5	0	5	4	5	5	5	4	5	3

შენიშვნა: - არ არის გამოკვლეული, 0- ზრდის არარსებობა, 1, 2- სუსტი ზრდა,

3 - საშუალო ზრდა, 4, 5- კარგი ზრდა.

ცხრილი 2.5.

საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგებიდან გამოყოფილი აქტინომიცეტების აზოტის სხვადასხვა წყაროს შეთვისების უნარი

№	შტამები	KNO_3	$(NH_4)_2SO_4$	პეპტონი	β-ალანინი	არგინინი	L-ასპარაგინი	გლიცინი	ლეიცინი	ლიზინი
1	*Streptomyces* sp. 1	4	3	5	1	4	4	4	3	3
2	*Streptomyces* sp. 3	4	2	5	0	5	1	4	5	5
3	*Streptomyces* sp. 4	4	0	2	0	0	0	0	0	0
4	*Streptomyces* sp. 5	5	1	5	2	1	4	4	3	3
5	*Streptomyces* sp. 6	4	1	5	0	0	2	4	3	3
6	*Streptomyces* sp. 8	5	2	5	1	4	3	4	4	4
7	*Streptomyces* sp. 34	5	3	5	1	4	3	4	4	4
8	*Streptomyces* sp. 48	5	2	4	0	3	0	3	3	4
9	*Streptomyces* sp. 49	4	2	4	0	2	0	1	3	3
10	*Streptomyces* sp. 52	4	4	5	0	4	4	4	4	4
11	*Streptomyces* sp. 55	5	3	4	1	3	3	3	4	4
12	*Streptomyces* sp.60	3	0	4	0	2	1	1	0	0
13	*Streptomyces* sp. 64	4	2	5	0	4	4	4	4	4
14	*Nocardia* sp. 2	4	2	4	0	2	0	3	3	2
15	*Nocardia* sp. 32	4	1	3	0	2	0	3	3	2
16	*Streptosporangium* sp.7	5	3	3	1	3	0	4	3	4
17	*Streptosporangium* sp.11	4	0	5	1	5	5	4	4	4
18	*Streptosporangium* sp. 44	5	2	3	1	4	2	4	4	4

შენიშვნა: 0 - ზრდის არარსებობა, 1,2- სუსტი ზრდა,

3 - საშუალო ზრდა, 4,5 - კარგი ზრდა.

ცხრილი 2.6.

აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების მორფოლოგიურ-კულტურალური თავისებურებები

N	აქტინომიცეტების შტამები	სპორიანი ჰიფები	შეფერილობა		
			საჰაერო მიცელიუმი	სუბსტრატული მიცელიუმი	საკვები არე
1	*Streptomyces* sp. 1	სწორხაზოვანი ჰიფები, მორიგეობით დატოტვილი.	მოთეთრო-ნაცრისფერი	კრემისფერი	უფერო
2	*Streptomyces* sp. 3	გრძელი, დატოტვილი ჰიფები, ტალღისებური, ბოლოში მარყუჟებით, სპირალურად დახვეული.	მოთეთრო-რუხი	რუხი	ჩალისფერი
3	*Streptomyces* sp. 4	გრძელი, სწორხაზოვანი ჰიფები, მორიგეობით დატოტვილი.	მოთეთრო-ნაცრისფერი	ყავისფერი	ჩაისფერი
4	*Streptomyces* sp. 5	სპირალური ჰიფები.	რუხი	ღია ყავისფერი	ჩაისფერი
5	*Streptomyces* sp. 6	დატოტვილი, ოდნავ ტალღისებული ჰიფები.	მოთეთრო-ნაცრისფერი	მოყვითალო ყავისფერი	უფერო
6	*Streptomyces* sp. 8	გრძელი, დატოტვილი ჰიფები, ზოგიერთი ჰიფებზე შეიმჩნევა სპირალი.	მოთეთრო-ნაცრისფერი	მურა ნაცრისფერი	უფერო
7	*Streptomyces* sp. 34	გრძელი, სწორხაზოვანი ჰიფები, მარყუჟებით	მოთეთრო-კრემისფერი	მუქი ყავისფერი	ყავისფერი
8	*Streptomyces* sp. 48	გრძელი, სწორხაზოვანი ჰიფები	მოთეთრო-ვარდისფერი	იასამნისფერი	ღია ვარდისფერი
9	*Streptomyces* sp. 49	დატოტვილი, ოდნავ ტალღისებული	კრემისფერი	ჩალისფერი	უფერო

		ჰიფები.			
10	*Streptomyces* sp. 52	სწორხაზოვანი, მოკლე ძაფები	თეთრი	კრემისფერი	უფერო
11	*Streptomyces* sp. 55	გრძელი, სწორხაზოვანი ჰიფები	რძისფერი	მუქი ყავისფერი	ყავისფერი
12	*Streptomyces* sp. 60	გრძელი, სწორხაზოვანი ჰიფები	მოთეთრო-იასამნისფერი	მუქი იასამნისფერი	მუქი იასამნისფერი
13	*Streptomyces* sp. 64	სწორხაზოვანი, მოკლე ძაფები	კრემისფერი	კრემისფერი	უფერო
14	*Nocardia* sp. 2	მოკლე ჰიფები, ფრაგმენტირებული	ლიმონისფერი	ლიმონისფერი	უფერო
15	*Nocardia* sp. 32	მოკლე, ფრაგმენტირებული ჰიფები	თეთრი	ჩალისფერი	ღია ყავისფერი
16	*Streptosporangium* sp. 7	სწორხაზოვანი, დატოტვილი, სპორანგიუმიანი ჰიფები, ყუნწიანი სპორა.	მოთეთრო-ყავისფერი	მუქი ყავისფერი	პიგმენტი მურა
17	*Streptosporangium* sp. 11	სწორხაზოვანი, დატოტვილი ჰიფები, სპორანგიუმიანი ჰიფები, ყუნწიანი სპორები.	მოვარდისფრო-თეთრი	ღია ჩაისფერი	უფერო
18	*Streptosporangium* sp. 44	სწორხაზოვანი, მოკლე ძაფები, სპორანგიუმიანი ჰიფები	მოთეთრო-იასამნისფერი	იასამნისფერი	იასამნისფერი

ცხრილი 2.7.

აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური თავისებურებები

N	აქტინომიცეტების გვარების ტიპიური წარმომადგენლები	მელან. პიგმენტ წარმომ.	სახამებლის ჰიდროლიზი	ჟელატინის გათხევად.	რძის		H_2S-ის წარმოქმნა	კატალაზა	ნიტრატ რედუქ-ტაზა
					პეპტონ იზაცია	კოაგულ აცია			
1	*Streptomyces sp. 1*	-	+	-	+	+	-	-	+
2	*Streptomyces sp. 3*	-	+	+	+	-	-	+	+
3	*Streptomyces sp. 4*	-	-	+	+	-	-	-	+
4	*Streptomyces sp. 5*	-	+	+	+	-	-	+	+
5	*Streptomyces sp. 6*	-	-	+	+	-	-	+	+
6	*Streptomyces sp. 8*	-	+	-	-	-	-	+	-
7	*Streptomyces sp.* 34	+	+	+	+	-	-	+	-
8	*Streptomyces sp.* 48	-	-	+	+	-	-	+	-
9	*Streptomyces sp.* 49	-	+	+	+	-	-	-	+
10	*Streptomyces sp.* 52	-	+	+	+	-	-	+	-
11	*Streptomyces sp.* 55	+	+	+	+	-		+	-
12	*Streptomyces sp.* 60	-	-	+	+	-		+	+
13	*Streptomyces sp.* 64	-	+	-	-	-		+	+
14	*Nocardia sp. 2*	-	+	+	+	+	-	-	+
15	*Nocardia spp.32*	-	+	-	-	-	-	+	+
16	*Streptosporangium sp.* 7	-	+	+	+	-	-	+	+
17	*Streptosporangium sp.* 11	-	+	+	+	-	-	+	+
18	*Streptosporangium sp.* 44	-	+	+	+	-	-	-	+

დასკვნები

1. საქართველოს სხვადასხვა გეოგრაფიული და კლიმატური რეგიონის ნიადაგებიდან გამოყოფილ იქნა ახალი, გარკვეულ ეკოლოგიურ გარემოს შეგუებული აქტინომიცეტის 65 იზოლატი.
2. აქტინომიცეტებს შორის გამოვლენილ იქნა კარტოფილის ბაქტერიული დაავადებების გამომწვევების (*Ralstonia solanacearum, Clavibacter michiganes* ssp.*sepedonicus*, *Dickeya solani*) მიმართ ანტაგონისტური 18 შტამი, რომლებიც წარმოადგენენ საფუძველს ბიოპესტიციდის მისაღებად, კარტოფილის დაავადებების წინააღმდეგ ბრძოლის მიზნით.
3. შესწავლილ იქნა აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების მორფოლოგიურ-კულტურალური, ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური თვისებები.
4. მორფოლოგიურ-კულტურალური თვისებების საფუძველზე, გამოყოფილი აქტინომიცეტები მიეკუთვნებიან *Streptomyces*-ის გვარის შემდეგ ჯგუფებს: *Griseus, Chromogenes, Globisporus, Fradiae, Violaceus, Olivaceus* და გვარებს: *Nocardia, Streptosporangium.*

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გურიელიძე მ. „აქტინომიცეტ-ანტაგონისტების გამოყენება ფიტოპათოგენური სოკოებით გამოწვეული დაავადებების წინააღმდეგ“, დისერტაცია, თბილისი, (2001), 120 გვ.
2. პატარაია დ. „საქართველოს ნიადაგების აქტინომიცეტები, მათი პროტეოლიზური, ლიზისური და ნიტროგენაზული აქტივობა“, დისერტაცია, თბილისი, 1997.
3. Егоров Н. С. Микробы антагонисты и биологические методы определерия антибиотической активности, из-во ″Высшая школа″, М. (1965), 212 ст.
4. Красильников Н.А. "Лучистые грибки", М. "Наука", (1970), 536 ст.
5. Цинцадзе Н.М. Актиномицеты почв Грузии и возможность их исползования в растениеводстве. Автореф.дис.на соиск.учен.степени канд.биол.наук, Тбилиси, 1971.
6. Allgaier M. and Hans-Peter Grossart, “Diversity and Seasonal Dynamics of *Actinobacteria* Populations in Four Lakes in Northeastern Germany”, *Appl. Environ. Microbiol.* (2006), v. 72, №5, 3489-3497, http://aem.asm.org/content/72/5/3489.short
7. Awad H.M., EL-Shahed K.Y.I., Sarmidi M.R., EL-Enshasy H.A. Antibiotics as microbial secondary metabolites: production and application, *Jurnal Teknology (Sciences and Engineering),* (2012), 59(1):101-111.
8. Broadbent D. Antibiotics Produced by Fungi, Journal Pest Articles & News Summaries. Section B. Plant Disease Control, (1968). 14(2), 120-141, Published online: 01 Sep 2009. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/05331846809432291?journalCode=ttpmb20
9. Carrillo L., M. R. Benitez, M. J. Maldonado. “Alkalithermophilic actinomycetes in a subtropical area of Jujuy, Argentina”, Revista Argentina de Microbiología, 41: 112-116. 2009. http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v41n2/v41n2a10.pdf
10. Coombs Justin T. and Ch. M. Franco, “Isolation and Identification of Actinobacteria from Surface-Sterilized Wheat Roots”, Appl. Environ. Microbiol. vol. 69 no. 9 5603-5608. 2003. http://aem.asm.org/content/69/9/5603.full
11. Courvalin P. Envasion of antibiotic action by bacteria, J. Antimicrob. Chemother. 37, 855-869, 1996.
12. Cowan M.M. Plant Products as Antimicrobial Agents, *Clin Microbiol Rev.* 12(4): 564–582, 1999.

13. Crawford D.L., Development of recombinant *Streptomyces* fot biotechnological and environmental uses. Adv.Biotechnol.6:183-206, 1988.

14. Damam M., Moinuddin M. K., Kausar R., Isolation and scrining of plant growth promoting actinomycetes from rhizosphere of some forest medicinal plants. *International Journal of ChemTech Research,* 9(5):521-528, 2016.

15. Damiano V.B., R. Ward, E. Gomes, H.F. Alves-Prado, R. Da Silva, "Purification and characterization of two xylanases from alkalophilic and thermophilic Bacillus licheniformis 77-2", Twenty-Seventh Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals ABAB Symposium, pp. 289-302, 2006.

16. Dunca S., S. Marius, C. Tanasei, A. Cojocariu, G. Ioanid, D. Rusu, "The Identification of Microbiota with Deteriorative Action on Some Historical Silk Materials", Analele Ştiinţifice ale Universităţii „Alexandru Ioan Cuza", Secţiunea Genetică şi Biologie Moleculară, TOM IX, 2008. http://gbm.bio.uaic.ro/index.php/gbm/article/viewFile/575/557

17. Dhanasekaran D. and Yi Jiang (edit.), Actinobacteria - Basics and Biotechnological Applications, 398 p. *Publisher: In Tech,* 2016.

18. Errakhi R., Lebrihi A., Barakate M., In vitro and in vivo antagonism of actinomycetes isolated from Moroccan rhizospherical soils against Sclerotium rolfsii: a causal agent of root rot on sugar beet (Beta vulgaris L.), Journal of Applied Microbiology, v.107:(2), 2009.

19. Franco-Correa M. and Chavarro-Anzola V. Actinobacteria as plant growth-promoting Rhizobacteria, INTECH, open science, chapter 10, 249-270. https://www.intechopen.com/books/actinobacteria-basics-and-biotechnological-applications/actinobacteria-as-plant-growth-promoting-rhizobacteria

20. Gerday Ch. and N. Glansdorff, (Edit.), "Physiology and Biochemistry of Extremophiles". pp. 13-104, 2007.

21. Godimho A., S. Bhosle, "Carotenes produced by alkaliphilic orange-pigmented strain of Micobacterium arborescens – AGSB isolated from coastal sand dunes". Indian Journal of Marine Sciences, vol.37, no 3, pp.307-312, 2008. http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/2053/1/IJMS%2037%283%29%20307-312.pdf

22. Goodfellow M., Hans-Peter Fiedler, "A guide to successful bioprospecting: informed by actinobacterial systematics", vol. 98, Issue 2, pp.119-142, 2010. http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10482-010-9460-2?LI=true#

23. Gousterova A., Paskaleva D. and Vasileva-Tonkova E., "Characterization of Culturable Thermophilic Actinobacteria from Livingston Island, Antarctica", International Research Journal of Biological Sciences, Vol. 3(3), 30-36, 2014. http://www.isca.in/IJBS/Archive/v3/i3/6.ISCA-IRJBS-2013-261.pdf

24. Gurielidze M., Berishvili T., Cholokava N., Pataraya D., Nutsubidze N. "Screening of extremophilic actinomycetes – destructors of hydrocarbons and pecticide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid". Proc. Georgian Acad. Sci., Biol. Ser. B.6, 3-4, 53-57, 2008.

25. Gurielidze M., T. Berishvili, N. Cholokava, D. Pataraya, N. Nutsubidze. Oil Destructing Extremophilic Actinomycetes, Isolated from Various Types of Soil of Georgia. Georgian Natinal Academy of Sciences. Bulletin, v. 3, N3, 118-121, 2009.

26. Haggblom M.M., Bossert I.D. (Editors) "Dehalogenation: Microbial Processes and Environmental Applications", Kluwer Academic Publishers, Boston, 2003.

27. Harir M., Bendif H., Bellahcence M., Fortas Z. and Pogni R. Streptomyces secondary metabolites, *Open acces peer-reviewed chapter.* Chapter 6, 2018.

28. Hashmi M. Z., Strezov V., Varma A. Antibiotics and Antibiotics Resistance Genes in Soils, Springer, 2017. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-66260-2#editorsandaffiliations

29. Horikoshi K. "Past, present and future of extremophiles", Extremophiles.; vol.12, no. 1–2, 2008.

30. Jacques F., Acar MD, Antibiotic synergy and antagonism, Medical Clinics of North America, v.84:(6), 1391-1406, 2000.

31. Kauta H., H. Shoun, Y. Ueda and A. Nakamura, "Planifilum fimeticola gen. nov., sp. nov. and Planifilum fulgidum sp. nov., novel members of the family 'Thermoactinomycetaceae' isolated from compost", International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 55, 2101–2104, 2005. http://ijs.sgmjournals.org/content/55/5/2101.full.pdf

32. Kotorashvili A., Meparishvili G., Gogoladze G., Kotaria N., Muradashvili M., Zarandia M., Tsaguria D. Three Draft Genome Sequences of theBacterial Plant Pathogen Ralstonia solanacearum, Isolated in Georgia. *Genome Announcements,* Jun; 5(23): e00480-17. doi:10.1128/genomeA.00480-17; 2017, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5465622/.

33. Kurapovaa A. I., G. M. Zenovaa, 1, I. I. Studnitsyna, A. K. Kizilovab, N. A. Manucharovaa, Zh. Norovsurenc, and D. G. Zvyagintseva, "Thermotolerant and Thermophilic Actinomycetes from Soils of Mongolia Desert Steppe Zone", Microbiology, vol. 81, no. 1, pp. 98–108, 2012. http://istina.imec.msu.ru/media/publications/articles/3de/2a5/721105/Statya_v_Mikrobiol._2012.pdf

34. Makut M. D., Owolewa O. A., "Antibiotic-roducing Fungy Present in the Soil Environment of Keffi Metropolis, Nasarawa State, Nigeria", Trakia Journal of Sciences, 9(2):33-39, 2011.

35. Margesin R., Ch. Moertelmaier, J. Mair, "Low-temperature biodegradation of petroleum hydrocarbons (n-alkanes, phenol, anthracene, pyrene) by four actinobacterial strains", International Biodeterioration & Biodegradation, Available online 4, June 2012, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830512001047.

36. Mehrasbi M.R., B. Haghighi, M. Shariat, S. Naseri, K. Naddafi, "Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons in Soil". Iranian J Publ Health, vol. 32, no. 3, pp.28-32, 2003.

37. Mokni-Tlill S., Jedidi N. & Hassen A., Antagonistic interactions among cultivable actinomycetes isolated from agricultural soil amended with organic residues, AJMR, 7(26), 3304-3320, 2013.

38. Muradashvili M., M. Metreveli, J. Jakeli, G. Meparishvili, F. Tchaidze, D. Kamadadze. Screening of Adjara seaside's Dendron plant extraction in-vitro growth to of *Ralstonia solanacearum*. *International Journal of Current Research,* 8(1):24894-24896, 2016. http://www.gmferd.com/journalcra.com/sites/default/files/12337.pdf

39. Pataraya D., M. Gurielidze, T. Berishvili, N. Cholokava, R. Ckvedelidze, T. Urushadze, E. Kvesitadze. Unusual Actinomycetes from Various Types of Soil in Georgia. J. Biological Physics and Chemistry, vol. 6(8), 2006.

40. Pataraya D., M. Guirielidze, "Thermophilic actinomycetes from soils of Georgia" Journal of Biological Physics and Chemistry, 2011.

41. Petrova, D. & Vlahov, S. "Taxonomic characterization of the thermophilic actinomycete strain 21E – producer of thermostable collagenase", Journal of Culture Collections 5, 3-9, 2006-2007.

42. Procópio R.E., Silva I.R., Martins M.K., Azevedo J., L, Araújo J.M. Antibiotics produced by Streptomyces, Braz J Infect Dis. 16(5):466-71, 2012.

43. Rasocha V., Hausvater E., Dolezal P., (edit.) Harmful Agents of Potato, *Potato research Insitute,* Cz, 2008.

44. Rosenbeg E., DeLond E. F., Lory S., Stackebrandt E., Thompson F. (editors), The prokaryotes, Applied Bacteriology and Biotechnology, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 394, 2013.

45. Sasson A. Biotechnologies: challenges and promises. 2nd edition. Unesco Taschenbuch. Sextant 2. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris 1985.

46. Segawa T., Miyamoto K., Ushida K., Agata K., Okada N., and Kohshima S. Seasonal Change in Bacterial Flora and Biomass in Mountain Snow from the Tateyama Mountains, Japan, Analyzed by 16S rRNA Gene Sequencing and Real-Time PCR, Appl. Environ Microbiol. 71(1): 123–130, 2005.
47. Sethi S., Kumar R. and Gupta S., Antibiotic production by Microbes Isolated from Soil, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research,* 2013. http://ijpsr.com/bft-article/antibiotic-production-by-microbes-isolated-from-soil/?view=fulltext
48. Shahaby Ahmad F., "Assessment Mixed Culture of Actinomyces and Sacchromyces for biodegradation of Complex Mineral Oil hydrocarbon", Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci, 3(4): 401-414, 2014. http://www.ijcmas.com
49. Stevenson I. L. Antibiotic Activity of Actinomycetes in Soil and their Controlling Effects on Root-rot of Wheat, *J. gen. Microbiol.* 14, 440-498, 1956.
50. Subramaniam G., Arumugam S., Rajendran V., (eds.), Plant Growth Promoting Actinobacteria, Springer, 2016. pp.295.
51. Sujatha T., Isolation of antagonistic actinomycetes species from rhizosphere of cotton crop, *Journal of Innovations in Pharmaceutical and Biological Sciences (JIPBS)*, Vol 5 (1), 74-80, 2018.
52. Toth I.K., Van der Wolf J. M., Sadler G. at all, *Diceya* species: an emerging problem for potato production in Europe, *Plant Pathology,* (2011), 60, 385-399.
53. Trujillo Martha E. *"Actinobacteria". Published Online: 15 JUL 2008.*
54. Wieschalka S., Blombach B., Bott M., Eikmanns B.J., Bio-based production of organic acids with *Corynebacterium glutamicum*, *Microbial Biotechnology,* (2013), 6(2):87-102.
55. Xu P. P. Schumann, Yu-Qin Zhang, Rüdiger Pukall, Li-Hua Xu, Erko Stackebrandt and Cheng-Lin Jiang. Wen-Jun Li, "Georgenia ruanii sp. nov., a novel actinobacterium isolated from forest soil in Yunnan (China), and emended description of the genus Georgenia", *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, (IJSEM),* (2007), 57(7):1424-1428. http://ijsb.sgmjournals.org/content/57/7/1424.short
56. Yadav N., Yadav A.N., Actinobacteria for sustainable agriculture, *Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering,* (2019), 6(1):38-41.
57. Zhao K., Li J., Zhang X., at all, Actinobacteria associated with *Glycyrrhiza inflate* Bat. are diverse and have plant growth promoting and antimicrobial activity, *Scietific Reports,* (2018), 8.