

## მინერალური მარილების გავლენა აქტინომიცეტების ანტიმიკრობულ აქტივობაზე

დავითაშვილი მაგდა

ზუროშვილი ლამარა

მარგალიტაშვილი დარეჯან

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი  
<https://doi.org/10.52340/idw.2025.05>

**აბსტრაქტი.** მოცემული კვლევა მიზნად ისახავს სხვადასხვა კონცენტრაციის (1–დან 5%-მდე) მინერალური მარილების ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ) გავლენის შესწავლას აქტინომიცეტების შტამების (25, 57 და 124) ანტიმიკრობულ აქტივობაზე *CPI*-გლუკოზის საკვებ არეებში. ანტაგონისტური აქტივობის შესაფასებლად გამოყენებულ იქნა შვიდი ფიტოპათოგენური ბაქტერია აგარის დისკ-დიფუზიური მეთოდით და შეფასდა სტერილური ზონის დიამეტრი მილიმეტრებში. შედეგებმა აჩვენა, რომ მარილოვანი შემადგენლობა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს აქტინომიცეტების ანტიმიკრობულ თვისებებს. განსაკუთრებით შტამი 57 გამოირჩეოდა მაღალი აქტივობით  $\text{MgSO}_4$ -ის ოპტიმალური კონცენტრაციის პირობებში, ხოლო  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  და  $\text{NaCl}$ -ის მომატებული დონეებში მისი ბიოაქტივობა მნიშვნელოვნად შემცირდა.  $\text{CaCO}_3$ -ის შემთხვევაში აქტივობის მნიშვნელოვანი ცვლილებები არ დაფიქსირდა, ხოლო სხვა შტამებისთვის (25 და 124) მხოლოდ მცირედი განსხვავებები აღინიშნებოდა. კვლევა ხაზს უსვამს იმ გარემოს ქიმიური მახასიათებლების მნიშვნელობას, რომლებიც პირდაპირ ზემოქმედებს ანტიმიკრობული აგენტების ეფექტიანობაზე და მიუთითებს აქტინომიცეტების ბიოლოგიური პოტენციალის ბიოტექნოლოგიურ რეალიზაციაზე სოფლის მეურნეობაში.

**საკვანძო სიტყვები:** აქტინომიცეტები, მინერალური მარილები, ანტიმიკრობული აქტივობა, ფიტოპათოგენური ბაქტერიები, ბიოტექნოლოგია.

### შესავალი

აქტინომიცეტები (*Actinomycetes*) - გრამდადებითი, მაღალი GC შემცველობის მქონე ფილამენტური ბაქტერიები - ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი წყაროა ანტიმიკრობული ნივთიერებების ბიოსინთეზისთვის, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ფარმაცევტულ, აგრობიოტექნოლოგიურ და კვების ინდუსტრიაში (Rani et al., 2021; de Souza Rodrigues et al., 2024). მათი უნარი წარმოქმნან მრავალფეროვანი ბიოაქტიური ნაერთები განსაზღვრავს მათ სტრატეგიულ როლს, როგორც ბუნებრივ ბიოკონტროლის აგენტების და ეკოლოგიურად მდგრადი ბიოპროდუქტების პოტენციური მწარმოებლებისა (Subramani & Sipkema, 2019).

თანამედროვე ბიოტექნოლოგიაში აქტინომიცეტების გამოყენება განიხილება როგორც ეკოლოგიური ალტერნატივა აგროქიმიკატებისადმი. მათში წარმოებული ანტიბიოტიკები და ენზიმები ეფექტურად ზემოქმედებენ სხვადასხვა ფიტოპათოგენურ მიკროორგანიზმზე, რაც მათ პერსპექტიულს ხდის აგრარული ბიოუსაფრთხოების კონტექსტში (Barka et al., 2016; Oyedoh et al., 2023). ამ მიკროორგანიზმთა ბიოლოგიური აქტივობის გამოვლენა კი მჭიდროდ არის დამოკიდებული გარემო ფაქტორებზე - მათ შორის საკვები არეების ქიმიურ შემადგენლობაზე და განსაკუთრებით მინერალური მარილების კონცენტრაციაზე.

მინერალური მარილები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ აქტინომიცეტების მორფო-

ფიზიოლოგიურ განვითარებასა და მეტაბოლურ აქტივობაში. კვლევები აჩვენებს, რომ კონკრეტული მარილები, როგორცაა NaCl, MgSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> და KNO<sub>3</sub>, არა მხოლოდ გავლენას ახდენენ აქტინომიცეტების ზრდაზე, არამედ ცვლიან მათი ანტიმიკრობული თვისებების ინტენსივობასა და სპექტრს (Jakubiec-Krzesniak, Rajniesz-Mateusiak, Guspziel, Ziemska, & Solecka, 2018; Selim, Abdelhamid, & Mohamed, 2021). მიუხედავად არსებული პროგრესისა, ნაკლებად არის შესწავლილი თუ როგორ მოქმედებს ეს მარილები ინდივიდუალურად ან სტრუქტურულად კონკრეტულ შტამებზე და როგორ განაპირობებენ განსხვავებული ანტაგონისტური რეაქციების გამოვლინებას ფიტოპათოგენების მიმართ.

წინამდებარე კვლევა მიზნად ისახავს აქტინომიცეტების კონკრეტული შტამების (25, 57, 124) ანტიმიკრობული აქტივობის შეფასებას მინერალური მარილების (NaCl, MgSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> და KNO<sub>3</sub>) სხვადასხვაგვარ კონცენტრაციაში, CPI გლუკოზის არეზე ზრდის პირობებში, რათა გაირკვეს მარილთა ზეგავლენის სპეციფიკა და პოტენციური გამოყენების მიმართულეები ბიოტექნოლოგიური მიზნებისთვის.

დასახული მიზნის განსახორციელებლად დაისახა შემდეგი ამოცანები:

1. აქტინომიცეტების შტამების იზოლაცია და იდენტიფიცირება საკვლევი მასალიდან.
2. მინერალური მარილების სხვადასხვა კონცენტრაციის განსაზღვრა და მათი დამატება საკვები არეებისთვის.
3. აქტინომიცეტების ანტიმიკრობული აქტივობის შეფასება აგარის დისკ-დიფუზიური მეთოდით ფიტოპათოგენური ტესტ-ორგანიზმების წინააღმდეგ.
4. მინერალური მარილების გავლენის შედარებითი ანალიზი თითოეული შტამის ანტიმიკრობული აქტივობის ცვლილებაზე.

#### **კვლევის მეთოდოლოგია**

##### **აქტინომიცეტების იზოლაცია**

კვლევისათვის გამოყენებული აქტინომიცეტების შტამები (№25, №57 და №124) იზოლირებულ იქნა ნიადაგის ნიმუშებიდან სტანდარტული მიკრობიოლოგიური მეთოდების გამოყენებით. პირველადი იზოლაცია განხორციელდა სტერილური ნიადაგის განზავების მეთოდით და დასათესად გამოყენებულ იქნა სახამებლ-კაზეინიანი გამდნარი საკვები არე (Williams & Davies, 1965). შტამების შერჩევა განხორციელდა მათი კოლონიების მორფოლოგიისა და ანტიმიკრობული აქტივობის წინასწარი ტესტირების საფუძველზე. თითოეული შტამი ინახებოდა 4°C-ზე სპორების ფორმაში.

##### **საკვები არეები და მარილების კონცენტრაცია**

აქტინომიცეტების ზრდისა და ანტიმიკრობული აქტივობის შესაფასებლად გამოყენებულ იქნა CPI (კაზეინი-პეპტონი-რკინა) გლუკოზის საკვები არე. კვლევაში ყოველ მარილზე გამოყენებულ იქნა 1–დან 5%-მდე კონცენტრაცია. მარილები ემატებოდა სტერილიზაციამდე, სტერილური პირობების დაცვით. არეებზე ინოკულირება ხდებოდა სტანდარტული ტექნიკით ლამინარულ ბოქსში. საკონტროლო პირობად განიხილებოდა ძირითადი არე, რომელშიც მარილები წარმოდგენილი იყო სტანდარტულ, დაბალ დონეზე.

##### **ტესტ-ორგანიზმები და ანტაგონისტური აქტივობის შეფასება**

ანტაგონისტური აქტივობის დადგენა განხორციელდა აგარის დისკ-დიფუზიური მეთოდით (Balouiri, Sadiki, & Ibsouda, 2016), რომლის ფარგლებშიც აქტინომიცეტებით ინოკულირებული დისკები (დაახლოებით 6 მმ დიამეტრის) მოთავსდა ტესტ-ორგანიზმების დაპასუხებულ ზედაპირზე და ინკუბირდებოდა 48 საათის განმავლობაში. ანტიმიკრობული ეფექტი შეფასდა სტერილური ზონის დიამეტრის (მმ) საფუძველზე.

ტესტ-ორგანიზმებად არჩეული იქნა შემდეგი ფიტოპათოგენური ბაქტერიები: *Pseudomonas syringae*, *P. tumefaciens*, *Xanthomonas vesicatoria*, *X. campestris*, *Pectobacterium phytophthorum*, *P. aroideae* და *P. carotovorum*, რომლებიც ცნობილია მცენარეთა დაავადებების გამოწვევით და ხშირად გამოიყენება ანტიმიკრობული აგენტების ტესტირებაში (Weinberg, 2020; Torres-Rodriguez, Reyes-Pérez, Quiñones-Aguilar, & Hernandez-Montiel, 2022).

შედეგები დამუშავდა მიკრობიოლოგიური გამოთვლების საშუალებით, ძირითადი ყურადღება გამახვილდა თითოეული მარილის ზემოქმედებაზე შტამების ზრდასა და

ანტიმიკრობულ აქტივობაზე.

**კვლევის შედეგები და მათი განხილვა**

ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ საკვებ არეზე, სადაც იცვლება  $K_2HPO_4$  კონცენტრაცია მატებისაკენ, სუსტად ვითარდება შტამი 57, იგი იძლევა კონტროლისაგან განსხვავებულ შიშველ, ერთეულ კოლონიებს.

ყველა საცდელი კულტურა კარგად ვითარდება საკვებ არეზე, რომლის შემადგენლობაში ცვალებადობს  $KNO_3$  1-დან 3%-მდე კონცენტრაციით. ამ მარილის კონცენტრაციის გადიდებასთან ერთად მნიშვნელოვნად სუსტდება შტამი 57-ის ზრდა. იგი შიშველი კოლონიების სახითაა, კარგავს ნაყოფიერების უნარს, აქტინომიცეტის 2 სხვა კულტურა კი ასეთ პირობებში კარგად ვითარდება.

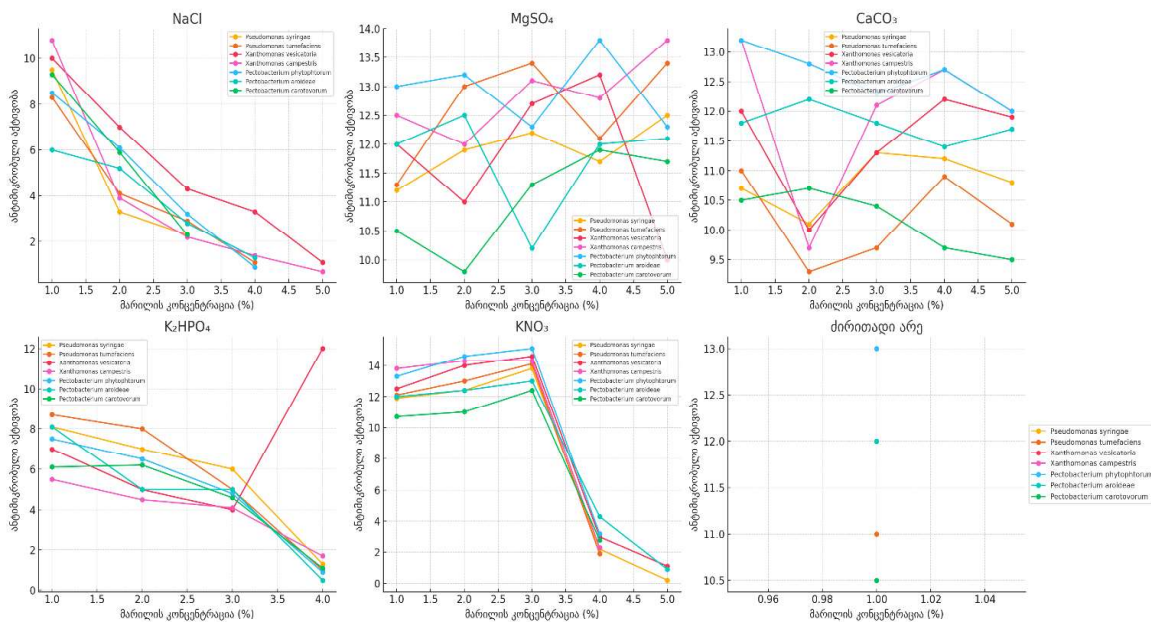
ჩვენი გამოკვლევებით  $NaCl$  კონცენტრაციის ცვლილებისას სუსტად ვითარდება მხოლოდ შტამი 57. იგი თვალსაჩინოდ განსხვავდება კონტროლისაგან.

$CaCO_3$  სხვადასხვა კონცენტრაცია არ იწვევს საცდელი კულტურების რაიმე განსხვავებულ ზრდა-განვითარებას კონტროლისაგან. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ შტამი 124 შედარებით სუსტად ვითარდება ასეთ არეზე, ვიდრე ძირითადად.

ჩვენს მიერ გამოცდილ იქნა აგრეთვე,  $FeSO_4$  გავლენა აქტინომიცეტების ზრდა-განვითარებაზე, ჩვეულებრივ ეს ნივთიერება კვალის სახით შედის ძირითადი საკვები არის შემადგენლობაში და საკმარისია მისი მცირე ცვლილებებიც კი, რომ კულტურების ზრდა დაითრგუნოს. აქტინომიცეტების ანტიმიკრობულ აქტივობაზე მარილთა კონცენტრაციისა და მისი დინამიკის გავლენის შესწავლისას დადგინდა, რომ ეს ფაქტორი დიდ ზემოქმედებას ახდენს კულტურების ანტაგონისტურ თვისებებზე.

წარმოდგენილ №1 დიაგრამაში ასახულია შტამი 57-ის ანტიმიკრობული აქტივობის დინამიკა შვიდი ტესტ-ორგანიზმის მიმართ მინერალური მარილების ( $NaCl$ ,  $MgSO_4$ ,  $CaCO_3$ ,  $K_2HPO_4$ ,  $KNO_3$ ,  $FeSO_4$ ) ცვალებადი კონცენტრაციების პირობებში. შედეგები ცხადყოფს, რომ მინერალური მარილები განსხვავებულად მოქმედებენ აქტინომიცეტის ანტიბაქტერიულ პოტენციალზე.

როგორც №1 დიაგრამიდან ჩანს,  $K_2HPO_4$  კონცენტრაციის 1-4% ზრდისას მნიშვნელოვნად მცირდება შტამი 57 ანტიმიკრობული აქტივობა, 5% კონცენტრაციისას კი ეს თვისება სრულად აღარ ვლინდება.



დიაგრამა 1. მარილთა კონცენტრაციის გავლენა აქტინომიცეტის ანტიმიკრობულ აქტივობაზე (შტამი 57).

MgSO<sub>4</sub> კონცენტრაციის მატებასთან ერთად ძირითადად იზრდება შტამი 57 ანტიმიკრობული აქტივობა თითქმის ყველა აღებული ტესტ-ობიექტის მიმართ.

ჩვენი გამოკვლევებით NaCl დოზების გაზრდასთან ერთად მცირდება შტამი 57 ანტიმიკრობული აქტივობა და 4-5% დროს კი ეს თვისება აღარ ვლინდება მთელი რიგი ბაქტერიების მიმართ.

არსებითად თითქმის არ განსხვავდება CaCO<sub>3</sub> სხვადასხვა კონცენტრაციების შემცველ არეებზე გაზრდილი კულტურების ანტიმიკრობული აქტივობა - საკონტროლო კულტურასთან შედარებით.

რაც შეეხება შტამებს 25, 124 მათი ანტიმიკრობული აქტივობა საგრძნობლად მატულობს KNO<sub>3</sub> და MgSO<sub>4</sub> კონცენტრაციების ზრდასთან ერთად. K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> შემთხვევაში კი ეს თვისება ჯერ იზრდება და მაღალი დოზების (4-5%) დროს უმნიშვნელოდ მცირდება.

NaCl კონცენტრაციის მატების პირობებში შტამი 25-ისა და 124-ის ანტიმიკრობული აქტივობა არ განსხვავდება ან უმნიშვნელოდ კლებულობს კონტროლთან შედარებით. CaCO<sub>3</sub> დოზების მატება იწვევს შტამი 124-ის აქტივობის უმნიშვნელო დაქვეითებას, შტამი 25-ის აქტივობა კი ზოგ შემთხვევაში მატულობს, ზოგჯერ კლებულობს.

ჩვენი მონაცემებით, FeSO<sub>4</sub> კონცენტრაციის უმნიშვნელო გადიდებით ამ კულტურების აქტივობა იზრდება, შემდეგ კი მნიშვნელოვნად მცირდება.

### დასკვნა

მოცემულ კვლევაში შესწავლილ იქნა სხვადასხვა მინერალური მარილების (NaCl, MgSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>) კონცენტრაციის გავლენა აქტინომიცეტების შტამების (25, 57, 124) ანტიმიკრობულ აქტივობაზე. შედეგებმა აჩვენა, რომ კონკრეტულ მარილებთან და მათ ოპტიმალურ კონცენტრაციებთან თანხვედრაში შესაძლებელია შტამების ანტაგონისტური მოქმედების მნიშვნელოვნად გაძლიერება. განსაკუთრებით ეფექტური აღმოჩნდა შტამი 57, რომლის ანტიმიკრობული აქტივობა ფიტოპათოგენური ტესტ-ორგანიზმების მიმართ მკაფიოდ გაუმჯობესდა გარკვეულ პირობებში. კვლევამ ხაზი გაუსვა მინერალური საკვები მარილების როლის მნიშვნელობას ბიოლოგიური აგენტების ბიოტექნოლოგიურ გამოყენებაში და მიუთითა პერსპექტივებზე აგრობიოტექნოლოგიური ანტიმიკრობული პრეპარატების შემუშავების მიმართულებით.

### ლიტერატურა:

- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2), 71-79.
- Barka, E. A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau-Vaillant, N., Jacquard, C., Klenk, H. P., ... & van Wezel, G. P. (2016). Taxonomy, physiology, and natural products of Actinobacteria. *Microbiology and molecular biology reviews*, 80(1), 1-43.
- de Souza Rodrigues, R., de Souza, A. Q. L., Feitoza, M. D. O., Alves, T. C. L., Barbosa, A. N., da Silva Santiago, S. R. S., & de Souza, A. D. L. (2024). Biotechnological potential of actinomycetes in the 21st century: a brief review. *Antonie van Leeuwenhoek*, 117(1), 82.
- Jakubiec-Krzyszniak, K., Rajnisz-Mateusiak, A., Guspil, A., Ziemska, J., & Solecka, J. (2018). Secondary metabolites of actinomycetes and their antibacterial, antifungal and antiviral properties. *Polish journal of microbiology*, 67(3), 259.
- Oyedoh, O. P., Yang, W., Dhanasekaran, D., Santoyo, G., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2023). Rare rhizo-Actinomycetes: A new source of agroactive metabolites. *Biotechnology advances*, 67, 108205.
- Rani, A., Saini, K. C., Bast, F., Mehariya, S., Bhatia, S. K., Lavecchia, R., & Zuorro, A. (2021). Microorganisms: a potential source of bioactive molecules for antioxidant applications. *Molecules*, 26(4), 1142.
- Selim, M. S. M., Abdelhamid, S. A., & Mohamed, S. S. (2021). Secondary metabolites and biodiversity of actinomycetes. *Journal of Genetic Engineering and biotechnology*, 19(1), 72.
- Subramani, R., & Sipkema, D. (2019). Marine rare actinomycetes: a promising source of structurally diverse and unique novel natural products. *Marine drugs*, 17(5), 249.
- Torres-Rodriguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Quiñones-Aguilar, E. E., & Hernandez-Montiel, L. G. (2022).

Actinomycete potential as biocontrol agent of phytopathogenic fungi: Mechanisms, source, and applications. *Plants*, 11(23), 3201.

Weinberg, E. D. (2020). Roles of micronutrients in secondary metabolism of actinomycetes. In *Regulation of secondary metabolism in actinomycetes* (pp. 239-261). CRC Press.

Williams, S. T., & Davies, F. L. (1965). Use of antibiotics for selective isolation and enumeration of actinomycetes in soil. *Microbiology*, 38(2), 251-261.

## **The Effect of Mineral Salts on the Antimicrobial Activity of Actinomycetes**

**Davitashvili Magda**

**Zuroshvili Lamara**

**Margalitashvili Darejan**

Iakob Gogebashvili State University, Telavi

### **Abstract**

This study aims to investigate the effect of different concentrations (from 1% to 5%) of mineral salts (NaCl, MgSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>) on the antimicrobial activity of actinomycete strains (25, 57, and 124) in CPI-glucose nutrient media. To assess antagonistic activity, seven phytopathogenic bacteria were used in the agar disk diffusion method, and the diameter of the inhibition (sterile) zone was measured in millimeters.

The results showed that salt composition significantly determines the antimicrobial properties of the actinomycetes. In particular, strain 57 exhibited high activity under optimal MgSO<sub>4</sub> concentration conditions, whereas its bioactivity was significantly reduced at elevated levels of K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> and NaCl. In the case of CaCO<sub>3</sub>, no significant changes in activity were observed, while for the other strains (25 and 124) only minor differences were noted. The study highlights the importance of the chemical characteristics of the environment that directly affect the efficacy of antimicrobial agents and suggests the biotechnological realization of the biological potential of actinomycetes in agriculture.

**Keywords:** *actinomycetes, mineral salts, antimicrobial activity, phytopathogenic bacteria, biotechnology.*