

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნანა ოღლიშვილი

სპილენძი კახეთის მევენახეობის ზონის ნიადაგებში

ფიზიკური და ანალიზური ქიმია

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია ქიმიის მაგისტრის

აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი - ასისტ. პროფესორი ნინო თაყაიშვილი

ქიმიის დოქტორი ნუნუ ლაზარტყავა

კონსულტანტი - ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი გ. სუპატაშვილი

თბილისი

2019

ანოტაცია

ბუნებრივ ობიექტებში სპილენძის შემცველობისა და მისი გავრცელების კანონზომიერების დადგენა ანალიზური ქიმიის, გეოქიმიის და ეკოქიმიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა. ამ საკითხის აქტუალობა განსაკუთრებით გაიზარდა ბოლო წლებში გარემოს სპილენძით დაბინძურებასთან დაკავშირებით.

საქართველოს მევენახეობის რაიონების ნიადაგებში სპილენძის მნიშვნელოვანი წყაროა ბორდოს სითხე, რომელიც გამოიყენება ვაზის შესაწამლად.

ჩვენს მიზანს შეადგენდა კახეთის მევენახეობის რაიონების ნიადაგებში სპილენძის საერთო შემცველობისა და წყალში ხსნადი ფორმების განსაზღვრა, მათი განაწილების კანონზომიერების დადგენა და გარემოს ეკოქიმიური შეფასება.

Summary

One of the important tasks of analytical chemistry, geochemistry and ecochemistry is to determine the regularity of copper content and its spread in natural objects. The importance of this issue has been especially high in the past years regarding the pollution of the environment.

The main source of copper in the viticulture regions of Georgia is liquid bordo, which is used for the poisoning of vine.

Our purpose was to define the total copper in the soils of Kakheti viticulture regions and soluble forms in water, determination of their regularity distribution and ecochemical assessment of the environment.

სარჩევი

I. შესავალი -----	5
II. ლიტერატურის მიმოხილვა	
2.1. სპილენძი გარემოში, მისი ანთროპოგენური წყაროები -----	6
2.2. სპილენძის განაწილება ნიადაგებში -----	7
2.3. ნიადაგში სპილენძის განსაზღვრის მეთოდები-----	9
III. ექსპერიმენტული ნაწილი	
3.1. გამოყენებული რეაქტივები, ხსნარები, ნიადაგის სინჯები და მეთოდები	
3.1.1. გამოყენებული აპარატურა -----	10
3.1.2. გამოყენებული ხსნარები -----	11
3.1.3. ნიადაგის ნიმუშები, მათი აღება და წინასწარი დამუშავება -----	12
3.1.4. ცალკეული განსაზღვრებისთვის გამოყენებული მეთოდები -----	14
IV. მიღებული შედეგები და მათი განსჯა	
4.1. სავენახე და მათი მიმდებარე ნაკვეთების ყამირი ნიადაგების მჟავიანობა -----	20
4.2. სულფატები სავენახე და მათი მიმდებარე ყამირი ნაკვეთების ნიადაგებში -----	23
4.3. რკინის შემცველობა სავენახე და მათი მიმდებარე ყამირი ნაკვეთების ნიადაგებში-----	25
4.4. საერთო სპილენძი კახეთის ზონის სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში -----	27
4.5. წყალში ხსნადი სპილენძი კახეთის ზონის სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში -----	29
4.6. სპილენძის ფონური შემცველობა საქართველოს ნიადაგებში -----	30
4.7. სავენახე ნაკვეთებში ბორდოს სითხის გამოყენების ეკოლოგიური შეფასება-----	31
V. დასკვნები -----	32
VI. ლიტერატურა -----	33

შესავალი

ბუნებრივ ობიექტებში მიკროელემენტების შემცველობის განსაზღვრა და მათი განაწილების კანონზომიერების დადგენა ანალიზური ქიმიის, გეოქიმიის და ეკოქიმიის აქტუალური საკითხია.

სპილენძი ბიოლოგიურად უმნიშვნელოვანესი მიკროელემენტების რიცხვს მიეკუთვნება. გარემოსა და ნიადაგებში სპილენძის შემცველობა აღმოჩნდა მრავალი ორგანიზმის განვითარების განმსაზღვრელი ფაქტორი.

დადგენილია, რომ ქანებში, ნიადაგებში, წყალსა და საკვებ პროდუქტებში სპილენძის ნაკლებობა ან სიჭარბე იწვევს მცენარეების, ცხოველებისა და ადამიანების დაავადებას.

ტექნიკურ პროგრესთან ერთად გაიზარდა აღნიშნულ ობიექტებში სპილენძის შემცველობაზე ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა. კერძოდ, ნიადაგებში სპილენძის მნიშვნელოვანი წყაროებია სპილენძის შემცველი ინსექტოფუნგიციდები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეაქვთ სოფლის მეურნეობის რაიონებში. ამიტომ ნიადაგში სპილენძის შემცველობის შესწავლა ქიმიური ეკოლოგიის ინტერესის საგანსაც წარმოადგენს.

საქართველოს მევენახეობის რაიონების ნიადაგებში სპილენძის მნიშვნელოვანი წყაროა ბორდოს სითხე, რომელიც გამოიყენება ვაზის შესაწამლად.

ჩვენს მიზანს შეადგენდა კახეთის მევენახეობის რაიონების ნიადაგებში სპილენძის შემცველობის განსაზღვრა და მისი განაწილების კანონზომიერების დადგენა.

II. ლიტერატურის მიმოხილვა

2.1. სპილენძი გარემოში. მისი ანთროპოგენური წყაროები

მიკროელემენტებს შორის ბუნებაში გავრცელების მიხედვით სპილენძს შუალედური ადგილი უკავია. ქანებში მისი საშუალო წილი (კლარკი) 0,0047%-ია, ნიადაგებში კი 0,002% (ანუ 47 და 20 მგ/კგ) [1]. ადგილმდებარეობისა და ნიადაგის ტიპის მიხედვით სპილენძის შემცველობა ფართო ზღვრებში (5-320 მგ/კგ, საშუალოები 6-35 მგ/კგ) იცვლება [2]. ზედაპირული წყლები საშუალოდ 1,6-7,5 მკგ/ლ სპილენძს შეიცავენ [10]. ფერადი მეტალურგიის ჩამდინარე წყლებით დაბინძურებულ მდინარეებში მისი კონცენტრაცია რამდენიმე მგ/ლ აღწევს [9, 10]. საქართველოში მოქმედი ნორმატივებით სასმელ წყლებში დასაშვებია 1მკგ/ლ-მდე სპილენძის არსებობა [11].

გარემოს სპილენძით დაბინძურების ძირითადი წყაროებია: ფერადი მეტალურგია და სოფლის მეურნეობა, სადაც გამოყენებულია სპილენძშემცველი შხამქიმიკატები (ბორდოს სითხე, პარიზის მწვანე და სხვა) [6]. დაბინძურებულ ნიადაგებში სპილენძის შემცველობა 2გ/კგ აღემატება [2]. კახეთში, მევენახეობის ზონის ნიადაგებში ნაპოვნია 500-700 მგ/კგ სპილენძი [6]. სპილენძის მაღალი შემცველობით გამორჩეულია ბოლნისის რაიონის ნიადაგები, სადაც წლების მანძილზე ფუნქციონირებს სპილენძის სულფიდური მადნების ფართომასშტაბიანი მოპოვება და გამდიდრება [6, 9]. ბოლნისის რაიონის ნიადაგის ზედა ფენებში სპილენძის შემცველობა 500-600 მგ/კგ-ია. ნიადაგის ქვედა ფენებში ეს სიდიდე 150-50 მგ/კგ-მდე მცირდება. ნიადაგში სპილენძის ფიტოტოქსიკურობის ქვედა და ზედა ზღვრები 5 და 100 მგ/კგ შეადგენს [2]. ნიადაგში სპილენძის მოძრავი ფორმის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 3 მგ/კგ-ს [11].

მცენარეებში 0,2-35 მგ/კგ სპილენძია ნაპოვნი [2, 6]. ამავე ზღვრებშია მისი შემცველობა საკვებ პროდუქტებში (ექსტრემუმი 0,6-10,3; საშუალო 3,2-6,7 მგ/კგ მშრალ მასაზე) [2, 14]. ბოსტნეული 0,2-2,3 მგ/კგ სპილენძს შეიცავს ნედლ მასაზე გადათვლით. ჰაერზე მშრალ ბოსტნეულის სინჯებში ნაპოვნია 4 მგ/კგ - მდე სპილენძი [14]. საქართველოს ნორმატივებით მარცვლეულში, ბოსტნეულსა და ხილში სპილენძის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია 10 მგ/კგ შეადგენს [11].

მცენარეებში მცირე რაოდენობა სპილენძი, სხვა მინერალურ ნივთიერებებთან ერთად, ხვდება ნიადაგის ხსნარებიდან. მათი დაბინძურების მთვარი წყარო არის ბორდოს სითხე, კალციუმის ტუტით განეიტრალებული სპილენძის სულფატის ხსნარი. ამის მაჩვენებელია ბორდოს სითხით დამუშავებული ხილის (ვაშლი, მსხალი) ანალიზის შედეგები. მათ კანში 15-20 ჯერ მეტი სპილენძი აღმოჩნდა, ვიდრე გულში [14].

სპილენძით დაბინძურებულ ნიადაგებზე (ბოლნისის რაიონი) მოყვანილი მცენარეული საკვები პროდუქტები მისი შემცველობით ლიტერატურაში არსებული მონაცემებიდან დიდად არ განსხვავდებიან: მარცვლეულში მისი შემცველობა 1,5-6,0 მგ/კგ-ია, კარტოფილში 3,0 მგ/კგ, ხილში 1,3-2,3 მგ/კგ [14].

2.2. სპილენძის განაწილება ნიადაგებში

ნიადაგებში სპილენძის შემცველობას განაპირობებს, ერთის მხრივ ქანი, საიდანაც წარმოიქმნება ნიადაგი, ხოლო მეორეს მხრივ, ნიადაგწარმომქმნელი ფაქტორების (ქიმიური, ფიზიკური, კლიმატური, ბიოლოგიური და სხვა) ინტენსივობა [3].

ნიადაგებში სპილენძის შემცველობა მერყეობს $1 \cdot 10^{-4}$ - $8 \cdot 10^{-2}$ % ზღვრებში. სპილენძის საბადოებზე განვითარებულ ნიადაგებში სპილენძის შემცველობა აღწევს 0.1%, ხოლო ზოგჯერ აღემატება მას.

ეწერ ნიადაგებში სპილენძის საშუალო შემცველობა $2 \cdot 10^{-3}$ %-ია. უფრო მეტია ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ფუძოვან ნიადაგებში (შავმიწა ნიადაგები).

წითელი და ყვითელმიწა ნიადაგები წარმოქმნილია სპილენძის შემცველი ფუძე ქანებიდან, ამიტომ მათში სპილენძის შემცველობა კიდევ უფრო მაღალია. ტორფიან-ჭაობიან ნიადაგებში სპილენძის შემცველობა საკმაოდ მაღალია. მაგრამ ის ძირითადად გვხვდება

ორგანულ ნივთიერებებთან კომპლექსების სახით, რომელიც წყლით არ გამოირეცხება. ამიტომ ასეთ ნიადაგებზე მცენარეები სპილენძის უკმარისობის გამო ავადდებიან [5, 17].

ნიადაგებში სპილენძი გვხვდება როგორც ხსნადი, ისე უხსნადი ნაერთების სახით. სპილენძის ხსნადი ფორმებია: მარტივი კათიონი, კომპლექსური კათიონი, სორბირებული ფორმა. უხსნად ფორმას მიეკუთვნება სილიკატები, ნაწილობრივ სულფიდები [4].

ქიმიური, ფიზიკური, კლიმატური, ბიოლოგიური და სხვა ფაქტორების ზემოქმედება განაპირობებს ნიადაგში სპილენძის ხსნადი და უხსნადი ფორმების თანაფარდობას.

სპილენძის წყალში ხსნადი ფორმა $< 1 \cdot 10^{-5} \%$. ე.ი. ნიადაგში არსებული სპილენძის 1% [4]. ზაფხულში დრენაჟის გამო ნიადაგიდან გაიტანება უფრო მეტი სპილენძი, ვიდრე შემოდგომაზე. წყალხსნარებიდან დანაკარგზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა: რაც უფრო მაღალია ნიადაგის ტემპერატურა, მით უფრო მეტი სპილენძი იკარგება. ნიადაგის ხსნარებსა და მდინარეებში სპილენძის შემცველობა დაახლოებით $n \cdot 10^{-6} \%$ -ს შეადგენს. განსაკუთრებით მცირე რაოდენობითაა წყალში ხსნადი ფორმა მჟავა ნიადაგებში, რადგან $\text{pH} \approx 4.5$ -ზე ის ადვილად გადადის ხსნარში და ირეცხება ნიადაგიდან. $\text{pH} > 4.5$ შეიძლება წარმოიქმნას $\text{Cu}(\text{OH})_2$, ასევე სპილენძის ნეიტრალური მარილები, რომლებიც ამ პირობებში მცირედ მოძრავია და სპილენძი ფიქსირდება ნიადაგში [4]. გაცილებით მაღალია ნიადაგებში მჟავაში ხსნადი ფორმების შემცველობა. ზომიერად მჟავა ხსნარებით გამოიწვლილება აგრეთვე ნიადაგებზე სორბირებული სპილენძიც.

ტორფიან ნიადაგებში სპილენძის საერთო შემცველობის დაახლოებით 50% შედის ჰუმუსის მჟავების ფრაქციაში. ამ მჟავების სპილენძთან ურთიერთქმედებისას კომპონენტის თანაფარდობის და pH დამოკიდებულებით წარმოიქმნება ხსნადი და უხსნადი შიგაკომპლექსური ნაერთები [5, 17] .

2.3. ნიადაგში სპილენძის განსაზღვრის მეთოდები

ნიადაგებში სპილენძის განსაზღვრისთვის გამოყენებულია ატომურ-აბსორბციული, ფოტომეტრული, პოლაროგრაფიული და სხვა მეთოდები [12, 13, 15]. საერთაშორისო სტანდარტები უპირატესობას ანიჭებენ ანალიზის ატომურ-აბსორბციულ მეთოდს [7].

ნიადაგებში სპილენძის განსაზღვრა გაძნელებულია იმით, რომ მისი ძირითადი მასა შეკავშირებულია ჰუმუსის მჟავებთან და ფულვომჟავებთან. დამუშავებულია ნიადაგიდან ულტრაბგერის გამოყენებით სპილენძის გამოწვლილვის უნივერსალური მეთოდი [16]. სპილენძი შემდგომ ისაზღვრება ატომურ-ემისიური ან ატომურ-აბსორბციული მეთოდით.

სპილენძის ფოტომეტრული განსაზღვრისათვის მოწოდებულ რეაგენტებს შორის მგრძნობიარობით და სპეციფიურობით გამორჩეულია ნატრიუმის და ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატები [12, 13]. სპილენძის დიეთილდითიოკარბამატის შთანთქმის მოლური კოეფიციენტი $1,4 \cdot 10^4$ -ის ტოლია [12], რაც 1 მკგ-ზე ნაკლები რაოდენობა სპილენძის განსაზღვრის შესაძლებლობას იძლევა. ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატით სპილენძის ექსტრაქციულ-ფოტომეტრულ განსაზღვრას პრაქტიკულად ხელს უშლის მხოლოდ სამვალენტანი რკინა, რომელსაც ბოჭავენ ამონიუმის ციტრატით, ნატრიუმის პიროფოსფატით ან კომპლექსონ III-ით [12, 13]. ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატთან შედარებით, მაღალი სპეციფიურობით გამორჩეულია ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატი. ამ შემთხვევაში სპილენძის განსაზღვრას ხელს უშლიან მხოლოდ ბისმუტი და თალიუმი [12], რომელთა თანაობა ნიადაგში გამორიცხებულია.

დიეთილდითიოკარბამატების, როგორც ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული რეაგენტების, დადებითი მხარეა ასევე ხსნარების pH ფართო სამუშაო დიაპაზონი, ლიტერატურაში არსებული ინფორმაციის მიხედვით, მიკრო რაოდენობა სპილენძის ექსტრაქცია და შემდგომი ფოტომეტრული განსაზღვრა შესაძლებელია 4-11 pH მქონე ხსნარებიდან [6, 12, 13].

III. ექსპერიმენტული ნაწილი

3.1. გამოყენებული რეაქტივები, ხსნარები, ნიადაგის სინჯები და მეთოდები

3.1.1. გამოყენებული აპარატურა

ნიადაგში სპილენძის განსაზღვრისთვის გამოვიყენეთ nov AA 300 მარკის ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრი (ასს).

სპილენძის (II) დიეთილდითიოკარბამატის ოპტიკურ სიმკვრივე გავზომეთ 10 მმ ფენის სისქის მქონე კიუვეტებში, 400 ნმ სიგრძის ტალღაზე, KΦK-2M მარკის ფოტომეტრის გამოყენებით.

ნიადაგში SO_4^{2-} ტურბიდომეტრული განსაზღვრა მოვახდინეთ ბარიუმის სულფატის სუსპენზიის სახით, რომლის ოპტიკურ სიმკვრივე გავზომეთ 20 მმ ფენის სისქის მქონე კიუვეტებში, 400 ნმ სიგრძის ტალღაზე, KΦK-2M მარკის ფოტომეტრის გამოყენებით.

წყალბადიონების კონცენტრაციას ვაკონტროლებდით პოტენციომეტრული მეთოდით pH-673.M მარკის pH მეტრით. ხელსაწყოს ჩვენებას ვამოწმებდით სათანადო ბუფერული ხსნარებით.

ნიადაგის სინჯების მშრალი ნაშთის გამოწვა მოვახდინეთ თერმოლეგულატორით აღჭურვილ ელექტროღუმელში.

3.1.2. გამოყენებული ხსნარები

ორჯერ გამოხდილი წყალი. წყლის გამოსახდელი კუბიდან მიღებული დისტილატი მეორეჯერ გამოვხადეთ პირექსის მინისგან დამზადებულ კოლბაში. მიღებული ბიდისტილატი შევამოწმეთ სპილენძის იონის შემცველობაზე.

ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატის ხსნარი. ანალიზურ სასწორზე ავწონეთ 0.1 გ ტყვიის აცეტატი, გავხსენით 50 მლ ბიდისტილატში, შემდეგ დავამატეთ კვლავ სასწორზე აწონილი 0.1 გ Na-ის დიეთილდითიოკარბამატი. წარმოიქმნა ნალექი. იგი გადავიტანეთ გამყოფ ძაბრში, დავუმატეთ 250 მლ ქლოროფორმი (CHCl_3) და ვანჯდრიეთ. ნალექი გაიხსნა, ორგანული ფენა გავფილტრეთ და შევავსეთ CHCl_3 -ით 500 მლ-იან საზომ კოლბაში.

Cu-ის სტანდარტული ხსნარი. ძირითადი სტანდარტიდან, რომლის ტიტრიც 1 მგ/მლ Cu-ია დავამზადეთ 10 მკგ/მლ Cu.

თეზაფი. 3 მოცულობა კონცენტრირებული HCl-ის და 1 მოცულობა კონცენტრირებული HNO_3 -ის შერევით დავამზადეთ სამეფო წყალი.

დამლექავი რეაგენტი SO_4^{2-} განსაზღვრისათვის. ერთმანეთს შევურიეთ 5%-იანი BaCl_2 , ეთანოლი და ეთილენგლიკოლი მოცულობითი თანაფარდობით 1:3:3. ნარევის pH განზავებული მარილმჟავით მივიყვანეთ 2,5 – 3-მდე.

სულფატ იონის სტანდარტული ხსნარი. 1.8140 გ გადაკრისტალებული და თერმოსტატში გამომშრალი K_2SO_4 გავხსენით 100 – 150 მლ გამოხდილ წყალში და შევავსეთ 1,0 ლ-მდე. ძირითადი სტანდარტის ათჯერადი განზავებით დავამზადეთ სამუშაო სტანდარტული ხსნარი (ტიტრი 0,1 მგ/მლ).

1 M KCl. pH-ის პოტენციომეტრული განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ 1 M KCl. 74.5 გ ქიმიურად სუფთა KCl გავხსენით გამოხდილ წყალში და შევავსეთ 1,0 ლ-მდე.

3.1.3. ნიადაგის ნიმუშები, მათი აღება და წინასწარი დამუშავება

ნიადაგის ნიმუშები აღებული იყო კახეთის სხვადასხვა რაიონის (ველისციხე, წინანდალი და რუისპირი) სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან, ძირითადად მევენახეობის ზონის რაიონებში სხვადასხვა ჰორიზონტზე (0-10, 10-20, 20-30 სმ), სათანადო წესების დაცვით. ნიადაგის სინჯები აღნიშნული ვენახის ნაკვეთებში აღებულია 2019 წლის იანვარ-მარტში.

საანალიზოდ აღებულ ნიადაგის სინჯებს წინასწარ ვაცილებდით კენჭებს და მცენარეების ფესვებს, ვაშრობდით ჰაერზე ან თერმოსტატში 40 °C-ზე, ვაფხვიერებდით ფაიფურის როდინში, ვყრიდით რაიმე სუფთა ზედაპირზე, ვაძლევდით წრიულ ფორმას, ვყოფდით ოთხ ნაწილად, საიდანაც ვიღებდით ორ მოპირდაპირე სექტორს. დაქუცმაცება-შემცირების პროცესს ვაგრძელებდით რამდენიმე ათეული გრამი 0,1 მმ ზომის ნაწილაკების მიღებამდე [8, 18]. საშუალო სინჯის ნაწილს ვიყენებდით საანალიზოდ, ნაწილს სათანადო ეტიკეტის გაკეთების შემდეგ, ვინახავდით საკონტროლოდ.

შემდგომი კვლევებისთვის გამოყენებული ნიადაგის ნიმუშები (სულ 16 სინჯი) მოტანილია 1 და 2 ცხრილებში. აღნიშნული ვენახის ნაკვეთები ბიოდინამიკურია, ანუ მაქსიმალურად არის შემცირებული შხამქიმიკატების გამოყენება, თუმცა მცირე რაოდენობით მაინც იყენებენ ბორდოს (შაბიამანი) ხსნარს. 100 ლიტრ წყალში იხსნება 150 გრამი შაბიამანი პირველ შეწამვლაზე, შემდეგ ნელნელა იზრდება კონცენტრაცია და ბოლოს 100 ლიტრში 500 გრამამდე შაბიამანი იხსნება. წლიურად 7 კგ შაბიამანი იხარჯება 1 ჰა-ზე ანუ 100 ლიტრი ბორდოს ხსნარი 0.35 ჰა-ზე.

აღნიშნული ნაკვეთების შესაწამლად ძირითადად გამოყენებულია კოსაიდი, ასევე “თიოვიტ ჯეტა”, რომელიც გოგირდშემცველი პრეპარატია და იცავს ვენახს ბაქტერიებისგან. შეწამვლა ხდება საშუალოდ 10-12 ჯერ. ეს დამოკიდებულია ამინდზე. თუ შეწამვლის შემდეგ იწვიმა, მაშინ საჭირო ხდება ხელახალი შეწამვლა. ვენახის ბოლო შეწამვლა ხდება აგვისტოს დასაწყისში, მაქსიმუმ 10 რიცხვამდე.

ნიადაგის სინჯების აღების ადგილები (ვენახის ნაკვეთები)

სინჯი №	აღების ადგილი	პუნქტი	ფენა, სმ
1	ველისციხე, „მცირე მარანი“	არხის ქვემოთ	0-10
2	ველისციხე, „მცირე მარანი“	არხის ქვემოთ	10-20
3	ველისციხე, „მცირე მარანი“	არხის ქვემოთ	20-30
4	ველისციხე, „მცირე მარანი“	არხის ზემოთ	0-10
5	ველისციხე, „მცირე მარანი“	არხის ზემოთ	10-20
6	ველისციხე, „მცირე მარანი“	არხის ზემოთ	20-30
7	წინანდალი, „შუმი“	გზის პირი	0-10
8	წინანდალი, „შუმი“	გზის პირი	10-20
9	წინანდალი, „შუმი“	გზის პირი	20-30
10	რუისპირი, ა. სიდამონიძის ნაკვეთი	ცენტრი	0-10
11	რუისპირი, ა. სიდამონიძის ნაკვეთი	ცენტრი	10-20
12	რუისპირი, ა. სიდამონიძის ნაკვეთი	ცენტრი	20-30

ნიადაგის შესადარებელი სინჯების აღების ადგილები

(ნიადაგები ვენახის გარეთ, ყამირი)

სინჯი №	აღების ადგილი	ფენა, სმ
1	ველისციხე, არხის ქვემოთ	0-10
2	ველისციხე, არხის ზემოთ	0-10
3	წინანდალი	0-10
4	რუისპირი	0-10

3.1.4. ცალკეული განსაზღვრებისთვის გამოყენებული მეთოდები

pH პოტენციომეტრული მეთოდით განსაზღვრა. ნიადაგის წყალგამონატუტებში pH-ის განსაზღვრისათვის ანალიზურ სასწორზე ავწონეთ 5 გრამი ნიადაგი, დავუმატეთ 25 მლ გამოხდილი წყალი, დავაყოვნეთ 24 საათის განმავლობაში, გავფილტრეთ და ფილტრატში პოტენციომეტრული მეთოდით pH-673.M მარკის პოტენციომეტრზე გავზომეთ pH. ხელსაწყოს ჩვენება შევამოწმეთ სათანადო ბუფერული ხსნარებით.

ნიადაგის ნიმუშებში pH-ის განსაზღვრისათვის გამოვიყენეთ აგრეთვე ISO სტანდარტული მეთოდი, რომლის მიხედვით 5 გრამ ნიადაგს დავუმატეთ 25 მლ 1M KCl ხსნარი და შემდგომ მსვლელობა გავაგრძელებთ ისე, როგორც აღწერილია წყალგამონატუტის შემთხვევაში.

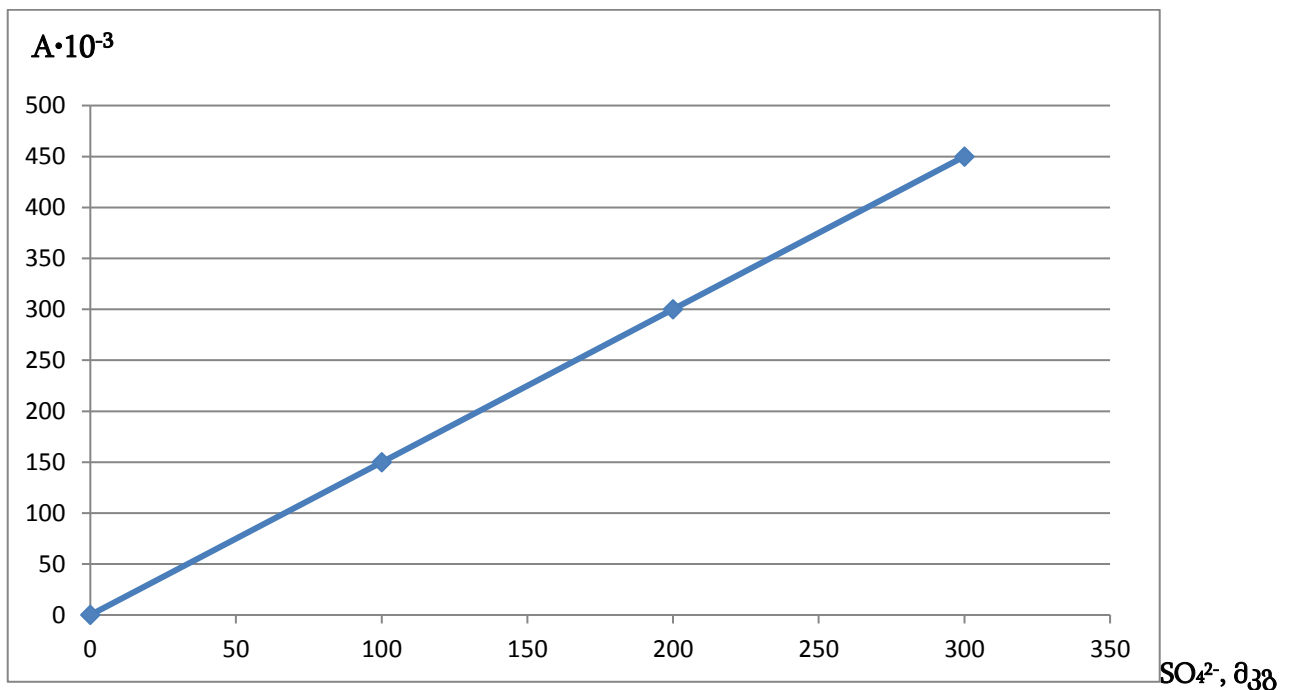
SO₄²⁻ ტურბიდიმეტრული მეთოდით განსაზღვრა. ნიადაგში წყალში ხსნადი სულფატების განსაზღვრისათვის 10 გრამ ნიადაგს დავუმატეთ 100 მლ ბიდისტილატი, გავაცხელებთ, დავაყოვნეთ 24 საათი და გავფილტრეთ ლურჯხოლიან ფილტრის ქაღალდში. ფილტრატი შევავსეთ 100 მლ-მდე. სულფატების შემდგომი განსაზღვრა მოვახდინეთ ტურბიდიმეტრული მეთოდით.

სულფატების ტურბიდიმეტრული განსაზღვრისათვის 15 მლ-იან სინჯარაში გადაგვქონდა 5.0 მლ ფილტრატი (ან ნაკლები მოცულობა შევსებული გამოხდილი წყლით 5.0 მლ-მდე). საანალიზო ხსნარს ვუმატებდით 5.0 მლ დამლექავ რეაგენტს და ვურივდით ბურთულიანი წკირით, 3-5 წუთის შემდეგ ფოტო-ელექტრო-კოლორიმეტრზე ვზომავდით სუსპენზიის ოპტიკური სიმკვრივეს (ტალღის სიგრძე 400-410 ნმ, $l=2$ სმ). სულფატების კონცენტრაციას ვითვლიდით წინასწარ აგებულ საკალიბრო გრაფიკზე. საკალიბრო გრაფიკი იგება 10-300 მკგ სულფატ იონის დიაპაზონში (ცხრილი 3, ნახ.1).

ცხრილი 3

მონაცემები საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად

SO ₄ ²⁻ , მკგ	ოპტიკური სიმკვრივე	SO ₄ ²⁻ , მკგ	ოპტიკური სიმკვრივე
0	0, 0	200	0, 30
100	0, 15	300	0, 45



ნახაზი 1. საკალიბრო გრაფიკი სულფატების ტურბიდიმეტრული განსაზღვრისათვის

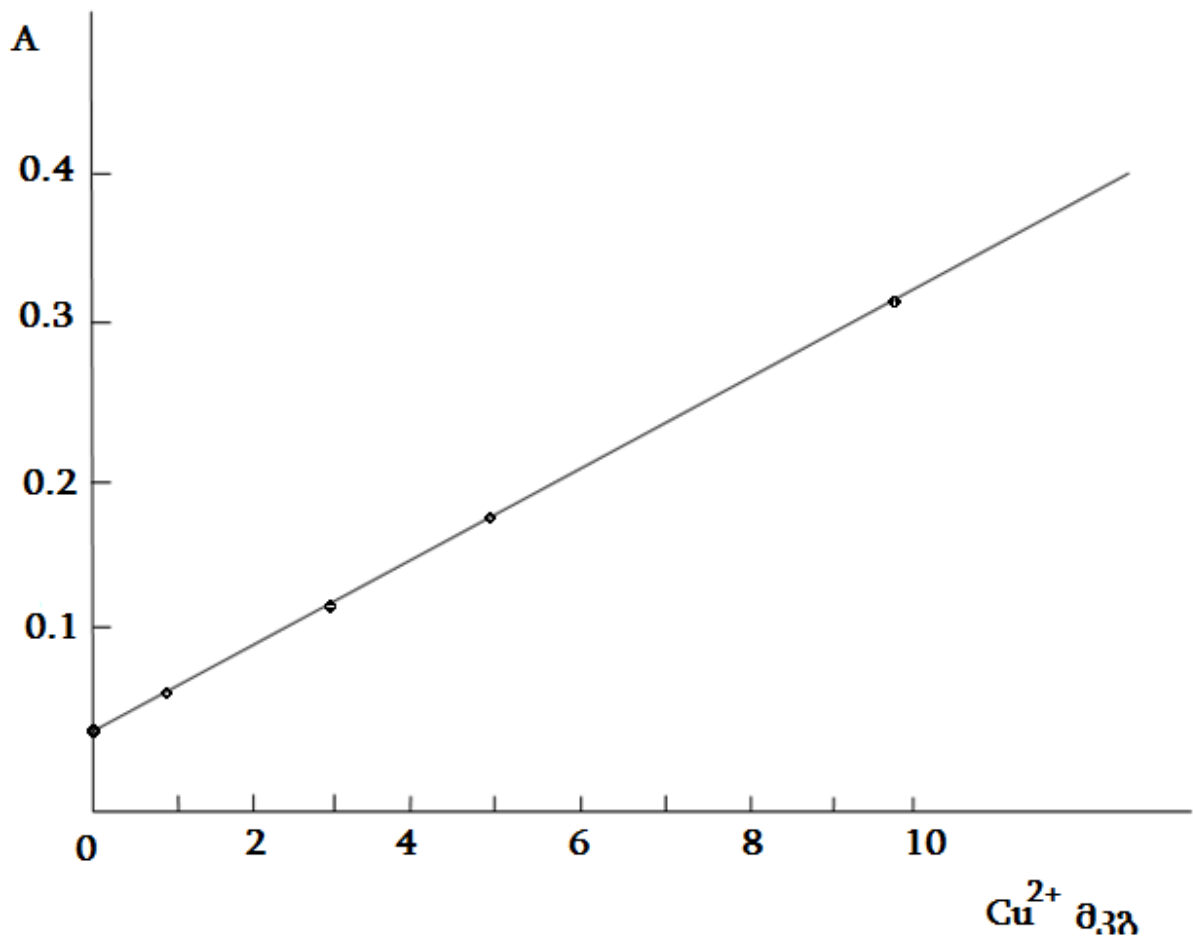
სპილენძის ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით განსაზღვრა ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატის გამოყენებით. ნიადაგის მჟავა გამონატუტებში საერთო სპილენძის განსაზღვრისთვის ანალიზურ სასწორზე ავწონეთ 1 გ ნიადაგის ნიმუში, გადავიტანეთ ტიგელში და გამოვწვიეთ ლუმელში 600 °C-ზე 1 საათის განმავლობაში. გამომწვარი ნიადაგი გადავიტანეთ ჭიქაში, დავამატეთ 20 მლ სამეფო წყალი (3 მოცულობითი წილი HCl + 1 მოცულობითი წილი HNO₃) და დავაშრეთ ელექტროქურაზე. პროცედურა გავიმეორეთ ორჯერ. მიღებულ მშრალ ნაშთს დავუმატეთ 5 მლ 1:1 განზავებული HCl, დავაყოვნეთ 24 საათი, გავფილტრეთ და ფილტრატი შევავსეთ ბიდისტილატით 100 მლ-მდე. სპილენძის შემდგომი განსაზღვრისთვის გამყოფ ძაბრში მოვათავსეთ 5 მლ ალიქვოტი, შევამჟავეთ მარილმჟავით pH 1.5-2, დავამატეთ 6 მლ ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატის ხსნარი და ვანჯღრიეთ 3 წთ. ქლოროფორმიანი ფენის ოპტიკურ სიმკვრივე გავზომეთ ფოტო-ელექტრო-კოლორიმეტრზე l=1სმ ზომის კიუვეტაში, λ=400 ნმ ტალღის სიგრძეზე. ნიადაგის მჟავა გამონატუტებში სპილენძის განსაზღვრის შედეგები გავითვალეთ წინასწარ აგებული საკალიბრო გრაფიკის საშუალებით (ნახ. 2).

საკალიბრო გრაფიკი. საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად ავიღეთ Cu-ის სტანდარტული ხსნარი (ტიტრი 10 მკგ/მლ) 0, 1, 3, 5, 10 მკგ-ის ოდენობით, შევამჟავეთ ბიდისტილატზე დამზადებული HCl-ით, დავამატეთ 6 მლ ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატის ხსნარი, ვანჯღრიეთ 3 წთ და მოვახდინეთ ფოტომეტრირება. მონაცემები საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად მოცემულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

მონაცემები საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად (სტანდარტი 10 მკგ/მლ Cu²⁺)

Cu ²⁺ , მკგ	A	Cu ²⁺ , მკგ	A
0,0	0,05	5.0	0,175
1.0	0,075	10.0	0,290
3.0	0,125		



ნახ. 2. საკალიბრო გრაფიკი სპილენძის ექსტრაქციულ-ფოტომეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის

რკინის (III) ფოტომეტრული განსაზღვრა თიოციანატ (როდანიდ) იონით. რკინა (III) თიოციანატ იონთან წარმოქმნის წითლად შეფერილ ნაერთებს (შუქშთანთქმის მოლური კოეფიციენტი $1,4 \cdot 10^3$, $\lambda_{\text{მაქს}}$ 450-530 ნმ). პირობების მიხედვით (pH, რეაგენტის კონცენტრაცია, ტემპერატურა) წარმოქმნილი კომპლექსები ცვლადი შედგენილობისაა ($\text{Fe}(\text{SCN})_{n^{3-n}}$) და რამდენადმე განსხვავებული ელფერი აქვთ. ამიტომ სტაბილური შედგენილობის ფოტომეტრული ფორმის მისაღებად აუცილებელია მეთოდიკით რეკომენდებული პირობების ზუსტი დაცვა.

გამოყენებული რეაგენტები

1. KSCN, ან NH₄SCN-ის 10 % ხსნარი
2. 1:1 განზავებული HNO₃-ის ხსნარი

3. რკინის (III) სტანდარტული ხსნარი (ტიტრი 100 მკგ/მლ). 0,4317 გ ექსიკატორში გამომშრალ რკინა-ამონიუმის შაბს NH₄Fe(SO₄)₂ ქიმიურ ჭიქაში ხსნიან 2 მლ კონც. H₂SO₄-ით შემჟავებულ 200-300 მლ გამოხდილ წყალში და ჭიქის ნარეცხი წყლით საზომ კოლბაში ავსებენ 0,5 ლიტრამდე. მიღებული ხსნარის ათჯერადი განზავებით ღებულობენ სამუშაო სტანდარტულ ხსნარს (ტიტრი 10 მკგ/მლ).

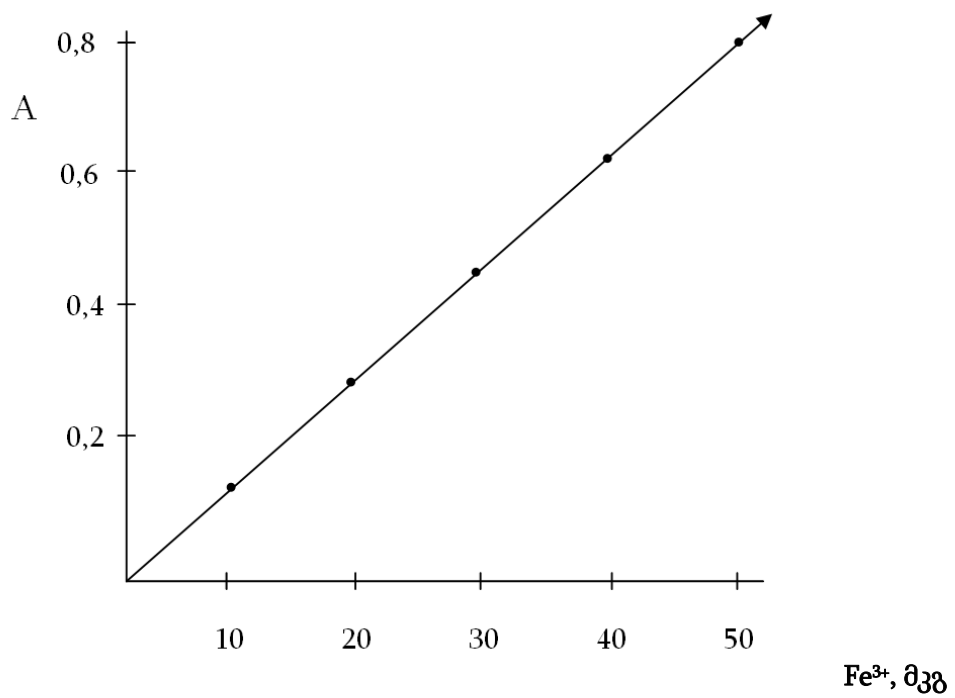
ანალიზის მსვლელობა. ნიადაგის მჟავა გამონატუტებში რკინის საერთო შემცველობის განსაზღვრისთვის 100 მლ ნიმუშიდან, რომელიც სპილენძის განსაზღვრისთვის იყო დამუშავებული და აღწერილია ზემოთ, ავიღეთ 0.1 მლ ალიქვოტი. დავუმატეთ 2 წვეთი 1:1 განზავებული HNO₃, 5.0 მლ 15% NH₄SCN-ის ხსნარი, შევავსეთ 25 მლ-მდე და 2-3 წუთის შემდეგ გავზომეთ ოპტიკური სიმკვრივე (მწვანე შუქფილტრი, λ = 490 ნმ, კიუვეტის l = 20 მმ). საანალიზო ხსნარში რკინის რაოდენობა ავითვალეთ საკალიბრო გრაფიკზე.

საკალიბრო გრაფიკი. 25.0 მლ მოცულობის საზომ კოლბებში შევიტანეთ მზარდი რაოდენობა რკინის (III) სტანდარტული ხსნარი (0, 0.5, 1.0, 3.0 და 5.0 მლ) დავუმატეთ 2 წვეთი 1:1 განზავებული HNO₃, 5.0 მლ 15% NH₄SCN-ის ხსნარი, შევავსეთ 25 მლ-მდე და მორევის შემდეგ განსაზღვრა გავაგრძელებთ ანალიზის მსვლელობაში აღწერილი მეთოდის მიხედვით.

ცხრილი 5

მონაცემები საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად (სტანდარტი 10 მკგ/მლ Fe³⁺)

სტანდარტი, მლ	Fe ³⁺ , მკგ	A	სტანდარტი, მლ	Fe ³⁺ , მკგ	A
0,0	0,0	<0.01	3,0	30	0,43
0,5	5,0	0,08	4,0	40	0,61
1,0	10	0,15	5,0	50	0,76



ნახ. 3. საკალიბრო გრაფიკი Fe³⁺-ის ფოტომეტრული განსაზღვრისათვის

IV. მიღებული შედეგები და მათი განსჯა

4.1. სავენახე და მათი მიმდებარე ნაკვეთების ყამირი ნიადაგების მჟავიანობა

ნიადაგის წყალბადის მაჩვენებელი (pH) ფართო ზღვრებში იცვლება და დამოკიდებულია ნიადაგში ჰუმუსის მჟავებისა და ფუძე ბუნების კარბონატული ქანების თანაფარდობაზე.

წყალბადიონთა მაჩვენებელი ნიადაგის მნიშვნელოვანი აგროქიმიური და ეკოქიმიური მახასიათებელია. pH-ზეა დამოკიდებული ნიადაგებში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური, ბიოქიმიური და სხვა პროცესების მიმართულება და ინტენსიობა, ბიოგენური და ნორმირებულ ნივთიერებების (მათ შორის მძიმე ლოთონების) ფორმები, მათი ნაყოფიერება და ტოქსიკურობა [6].

საკვლევი ნიადაგის სინჯებში პოტენციომეტრული მეთოდით განსაზღვრული იყო წყალბადიონების თავისუფალი და ჯამური მახასიათებლები (ექსტრაგენტები წყალი და 0,1 M KCl-ის ხსნარი). მიღებული შედეგებით საკონტროლო სინჯები მიეკუთვნება ნეიტრალურ-სუსტ ფუძე ნიადაგებს (ცხრილები 6 და 7). მათი pH საკმაოდ სტაბილურია და 7.5-7.9 ზღვრებში მერყეობს. პრაქტიკულად თანმთხვევადია თავისუფალი და თავისუფალი + სორბირებული წყალბადიონების მახასიათებლებიც. თექვსმეტი სინჯიდან მხოლოდ ხუთში დაფიქსირდა წყალბადიონების სორბირებული ფორმის არსებობა. მაქსიმალური სხვაობა ორი მეთოდით განსაზღვრულ შედეგებს შორის 0,2 pH-ია.

ცხრილი 6

pH სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში

სინჯი №	pH	
	წყალგამონატუტი	1M KCl
1	7.6	7.6
2	7.6	7.6
3	7.7	7.6
4	7.6	7.6

5	7.6	7.5
6	7.6	7.5
7	7.5	7.5
8	7.5	7.5
9	7.5	7.5
10	7.5	7.5
11	7.5	7.5
12	7.6	7.6

ცხრილი 7

pH სავენახე ნაკვეთების მიმდებარე ნიადაგებში

სინჯი №	pH	
	წყალგამონატუტი	1M KCl
1	7.9	7.7
2	7.7	7.7
3	7.7	7.7
4	7.8	7.7

სტაბილურია ნიადაგის pH-ის სივრცითი და ვერტიკალური განაწილებაც (ცხრილები 6-9). ყამირ ნიადაგებთან შედარებით ვენახის ნაკვეთების ნიადაგების ზედა ფენის pH საშუალოდ 0,2 ერთეულით დაბალია (ცხრილები 6 და 7), რაც მჟავა ბუნების მინერალური სასუქების გამოყენებით უნდა ავხსნათ.

როგორც იყო აღნიშნული pH განსაზღვრავს მძიმე ლითონების, მათ შორის სპილენძის, არსებობის ფორმებს და აქედან გამომდინარე მათ ტოქსიკურობას. დადგენილი რომ, ნეიტრალურ და სუსტ ფუძე გარემოში სპილენძი წარმოქმნის მდგრად, პრაქტიკულად უძრავ ჰიდროქსოკომპლექსებს [17].

pH -ის ვერტიკალური განაწილება სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში (n = 12)

ფენა, სმ	არე - წყალი			არე - 0,1 M KCl		
	მინ.	მაქს.	საშუალო	მინ.	მაქს.	საშუალო
0-10	7,5	7,6	7,55	7,5	7,6	7,55
10-20	7,5	7,6	7,55	7,5	7,6	7,55
20-30	7,5	7,7	7,60	7,5	7,6	7,55

სავენახე ნაკვეთების მიმდებარე ნიადაგების pH (n = 4)

ფენა, სმ	არე - წყალი			არე - 0,1 M KCl		
	მინ.	მაქს.	საშუალო	მინ.	მაქს.	საშუალო
0 -10	7,70	7,95	7,75	7,70	7,70	7,70

დასკვნა

კახეთის მევენახეობის ზონის ნიადაგებს აქვთ ნეიტრალური-სუსტი ფუძე რეაქცია (pH 7,5-7,9). ასეთ არეში სპილენძის იონები წარმოქმნიან მდგრად, უძრავ ჰიდროქსოკომპლქსებს და ფიქსირდებიან ნიადაგში.

4.2. სულფატები სავენახე და მათი მიმდებარე ყამირი ნაკვეთების ნიადაგებში

ნიადაგებში სულფატების შემცველობა ანალიზურ ნულსა (ჭაობიანი ნიადაგები) და რამდენიმე ათეულ გ/კგ შორის (გაჯიანი ნიადაგები) მერყეობს. მათი საშუალო შემცველობა რამდენიმე გ/კგ-ია, რაც შეესაბამება გოგირდის კლარკს ნიადაგებში (0,05 % [5, 6]).

ნიადაგის სულფატების წყარო სულფატშემცველი ქანების გამოფიტვის პროდუქტები, ჩამდინარე წყლები და ატმოსფერული ნალექებია [6]. კონკრეტულ შემთხვევაში ანთროპოგენური სულფატების წყარო შეიძლება გახდეს სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული ბორდოს სითხე. ნიადაგში სულფატების შემცველობაზე ბორდოს სითხის გავლენის დადგენის მიზნით შესწავლილი იყო სულფატების განაწილება სავენახე და მათ მიმდებარე ყამირ ნიადაგებში.

მიღებული შედეგებით სავენახე ნიადაგებში სულფატების შემცველობა 120-186 მგ/კგ ფარგლებში მერყეობს და საშუალოდ 152 მგ/კგ შეადგენს, რაც 30-40 გ/მ² შეესაბამება (ცხრილი 10). ყამირი ნიადაგის ზედა ფენაში სულფატების შემცველობა 80-120 მგ/კგ-ია (ცხრილი 11).

ცხრილი 10

სულფატები სავენახე ნაკვეთების ნიადაგში

სინჯი, N	SO ₄ ²⁻ , მგ/კგ	სინჯი, N	SO ₄ ²⁻ , მგ/კგ
1	186	7	160
2	170	8	134
3	160	9	120
4	186	10	135
5	170	11	120
6	160	12	120

სულფატები სავენახე ნაკვეთების მიმდებარე ყამირი ნიადაგის ზედა ფენაში (მგ/კვ)

სინჯი, N	SO ₄ ²⁻ . მგ/კვ	სინჯი, N	SO ₄ ²⁻ . მგ/კვ
1	80	3	100
2	80	4	120

კახეთის სავენახე ზონაში ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობა 700-800 მმ-ია, სულფატების კონცენტრაცია კი 2,8-4,5 მგ/ლ [10]. ამ მონაცემებიდან გათვლილი სულფატების წლიური ეოლური მონატანი 4 – 5 გ/მ² სულფატიონია.

ბორდოს სითხე (Ca(OH)₂-ით განეიტრალებული CuSO₄·5H₂O-ს 1%-იანი ხსნარი) წარმატებით გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში მე-19 საუკუნის 90-იანაი წლებიდან. მევენახეობაში მისი წლიური ხარჯი 6 - 7 კგ CuSO₄·5H₂O შეადგენს ერთ ჰექტარზე. შესაბამისად ამ გზით ნიადაგში წლიურად ხვდება 240-280 მგ/მ² სულფატიონი.

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ სავენახე ნაკვეთებში ბორდოს სითხის სახით ნიადაგში 15-20-ჯერ ნაკლები სულფატიონი ხვდება, ვიდრე ატმოსფერული ნალექებიდან. ამასთან, სულფატების დაგროვება ნიადაგში მოსალოდნელი არ არის, რადგან მძიმე ლითონებისაგან განსხვავებით სულფატები ნიადაგში შემავალი კომპონენტებით არ სორბირდება, რჩება მოძრავ ფორმაში და ირეცხება ატმოსფერული ნალექებით.

ამრიგად, მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბორდოს სითხის გამოყენება სოფლის მეურნეობაში ნიადაგში სულფატების შემცველობაზე პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს.

დასკვნა

ნიადაგში ბორდოს სითხის სახით შეტანილი სულფატების რაოდენობა (წლიურად 240-280 მგ/მ²) უმნიშვნელოა ფონთან შედარებით, 15-20-ჯერ ნაკლებია ატმოსფერული ნალექების მონატანზე და ეკოქიმიური თვალთახედვით უვნებელია.

4.3. რკინის შემცველობა სავენახე და მათი მიმდებარე ყამირი ნაკვეთების ნიადაგებში

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ნიადაგებში საერთო რკინის შემცველობა იცვლება 0.02%-დან 3.8%-მდე [1]. რკინა ნიადაგებში გვხვდება სილიკატური და არასილიკატური (მომრავი) ფორმის სახით.

ჩვენს მიერ მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში საერთო რკინის შემცველობა 2.7-3.4 % ზღვრებში იცვლება, ხოლო ყამირ ნიადაგებში 2.6-3.1%-ია (ცხრილი 12, 13).

ცხრილი 12

საერთო რკინა სავენახე ნაკვეთების ნიადაგში

სინჯი, N	Fe მგ/გ	Fe %
1	32	3.2
2	28	2.8
3	27	2.7
4	34	3.4

ცხრილი 13

საერთო რკინა სავენახე ნაკვეთების მიმდებარე ყამირი ნიადაგის ზედა ფენაში

სინჯი, N	Fe მგ/გ	Fe %
1	28	2.8
2	26	2.6
3	26	2.6
4	31	3.1

სავენახე და მისი მიმდებარე ყამირი ნაკვეთების ნიადაგებში განსაზღვრული იქნა წყალში ხსნადი რკინის შემცველობა (ცხრილი 14, 15). მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ მოძრავი რკინის შემცველობა 0.001-0.015 მგ/გ ფარგლებში მერყეობს.

ცხრილი 14

წყალში ხსნადი რკინა სავენახე ნაკვეთების ნიადაგში

სინჯი, N	Fe მგ/გ	სინჯი, N	Fe მგ/გ
1	0.001	5	0.003
2	0.001	6	0.008
3	0.001	7	0.001
4	0.008	8	0.004

ცხრილი 15

წყალში ხსნადი რკინა სავენახე ნაკვეთების მიმდებარე ყამირი ნიადაგის ზედა ფენაში

სინჯი, N	Fe მგ/გ	სინჯი, N	Fe მგ/გ
1	0.001	3	0.001
2	0.008	4	0.015

4.4. საერთო სპილენძი კახეთის ზონის

სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში

ნიადაგის სინჯების თეზაფით თერმული დამუშავების შემდეგ საერთო სპილენძი განსაზღვრული იყო ფოტომეტრული (რეაგენტი ტყვიის დიეთილდითიოკარბამატი) და ატომურ-აბსორბციული მეთოდებით [7, 12, 13]. ფოტომეტრული მეთოდით რამდენადმე გადიდებული შედეგებია მიღებული (ცხრილი 14), რაც რკინის (III) გავლენით აიხსნება. ამიტომ შემდეგი გაანგარიშებები ჩატარებულია ატომურ-აბსორბციული მეთოდით მიღებული შედეგების საფუძველზე.

ჩვენს მიერ მიღებული შედეგებით, საერთო სპილენძის შემცველობა კახეთის მევენახეობის ზონის ნიადაგებში 35-დან 193 მგ/კგ ფარგლებში იცვლება (ცხრილი 16) და საშუალოდ 104 მგ/კგ შეადგენს. მიღებული სიდიდე რამდენჯერმე აღემატება მის კლარკს ნიადაგში (20 მგ/კგ [1, 2]) და ფონურ შემცველობას საკვლევ რეგიონში (30-35 მგ/კგ).

ნიადაგის სპილენძით გამდიდრების რეალური წყარო სოფლის მეურნეობაში ფართოდ გამოყენებული ბორდოს სითხეა, რომლის წლიური ხარჯი 6-7 კგ/ჰა შეადგენს. ამ გზით ნიადაგში ყოველწლიურად ხვდება 1.6-1.9 კგ სპილენძი (ანუ დაახლოებით 150 მგ/მ²). ეს სიდიდე აღემატება ნიადაგში ატმოსფერული ნალექებით შეტანილ სპილენძს (1.2-1.6 მგ/მ²; ნალექების წლიური ჩამონადენი 600-700 მმ. 1.6-2.0 მგ/ლ სპილენძი [10]) და ნიადაგში მის ფონურ შემცველობაზე (30 მგ/კგ, ანუ დაახლოებით 5-6 გ/მ²). ნიადაგში სპილენძის შემცველობაზე ამ ფაქტორის რაოდენობრივი შეფასებისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ნიადაგში მოხვედრილი სპილენძი გადადის უძრავ ფორმაში და სოფლის მეურნეობაში ბორდოს სითხის გამოყენება დაიწყო მე-19 საუკუნის ბოლოდან.

სპილენძის ფენობრივი განაწილება კანონზომიერულია. მისი მაქსიმალური რაოდენობა ფიქსირდება ნიადაგის ზედა ფენაში (ცხრილი 17). გამონაკლისია NN 10-12 სინჯები, რაც ნაკვეთში სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებით შეიძლება იყოს გამოწვეული. ნიადაგის ზედა ფენის სპილენძით გამდიდრების ძირითადი მიზეზი ბორდოს სითხის გამოყენებაა. გარდა ამისა, ჩვეულებრივ, სპილენძით გამდიდრებულია ნიადაგის ჰუმუსით მდიდარი ფენა [2, 3].

სავენახე ნიადაგებში სპილენძის ფოტომეტრული და ატომურ-აბსორბციული მეთოდებით
განსაზღვრის შედეგები (მგ/კგ)

სინჯი, N	ფოტომეტრია	ატ. აბსორბცია	სხვაობა
1	140	130	10
2	90	79	11
3	65	56	9
4	205	193	12
5	190	179	11
6	154	148	6
7	50	42	8
8	45	35	10
9	35	35	0
10	95	85	10
11	100	89	11
12	185	174	11

სპილენძის ვერტიკალური განაწილება სავენახე ნიადაგებში (მგ/კგ)

ფენა, სმ	მინ.	მაქს.	საშუალო
0-10	52	193	113
10-20	35	179	96
20-30	35	148	103

4.5. წყალში ხსნადი სპილენძი კახეთის ზონის

სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში

საერთო სპილენძთან ერთად კახეთის ზონის სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში განსაზღვრული იყო სპილენძის წყალში ხსნადი ფორმები. ამისთვის, 5 გრამ ნიადაგს ვუმატებდით 25 მლ ბიდისტილატს, დროდადრო ვანჯღრევდით, ვაყოვნებდით 24 საათი, ვფილტრავდით ლურჯზოლიან ფილტრში, შემდეგ მემბრანულ ფილტრში, ვამჟავებდით კონც. აზოტმჟავით, 25 მლ-მდე ვავსებდით ბიდისტილატით და ატომურ-აბსორბციომეტრზე ვსაზღვრავდით სპილენძს.

მიღებული შედეგებით, წყალში ხსნადი სპილენძის შემცველობა (ცხრილი 18) ვენახის ნაკვეთებში მცირეა, 0.8-1.4 მგ/კგ ზღვრებში მერყეობს და ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე (3 მგ/კგ, [6, 11]). სპილენძის მოძრავი ფორმის შემცველობა ნიადაგის სიღრმის ზრდასთან ერთად მცირდება, თუმცა საერთო სპილენძთან შედარებით ნაკლებად მკვეთრად არის გამოსახული, საშუალოდ 1.2 მგ/კგ-დან 1.0 მგ/კგ-მდე იცვლება (ცხრილი 19).

ცხრილი 18

წყალში ხსნადი სპილენძი ვენახის ნაკვეთებში

N	Cu მგ/კგ	N	Cu მგ/კგ
1	1.1	7	1.2
2	1.1	8	0.8
3	1.1	9	0.8
4	1.4	10	0.9
5	1.1	11	0.9
6	1.1	12	0.9

წყალში ხსნადი სპილენძის ვერტიკალური განაწილება სავენახე ნიადაგებში (მგ/კგ)

ფენა, სმ	მინ.	მაქს.	საშუალო
0-10	0.9	1.4	1.2
10-20	0.8	1.1	1.0
20-30	0.8	1.1	1.0

4.6. სპილენძის ფონური შემცველობა საქართველოს ნიადაგებში

საქართველოს ნიადაგებში სპილენძის ფონური შემცველობის დადგენის მიზნით, ჩვენს მიერ მიღებული შედეგების გარდა, გამოვიყენეთ ლიტერატურაში არსებული ინფორმაციაც.

მ. უგულავას და ი. საბინგუსის მონაცემებით [19] აჭარის ნიადაგები, სპილენძის გამდიდრების ზონიდან (სოფ. მერისი) მოცილებულ ადგილებში შეიცავენ 26-33 მგ/კგ სპილენძს, რომლის 30-40 % მოძრავი ფორმითაა წარმოდგენილი.

ბოლნისის რაიონის გარემოს ობიექტებში სპილენძის განაწილება დეტალურად იყო შესწავლილი მ. ტაბატაძის მიერ [9]. მიღებული შედეგებით, ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენის ზონიდან მოცილებულ ნიადაგებში 30-35 მგ/კგ სპილენძია.

ალაზნის ველის ნიადაგებში, ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების ეკოქიმიური გავლენის შესწავლის გ.სუპატაშვილის მიერ შესწავლილი იყო ტყვიის შემცველობა [6]. შედარების მიზნით ნიადაგის ზედა ფენაში ისაზღვრებოდა სპილენძის შემცველობაც. მიღებული შედეგებით ნიადაგის ზედა ფენაში ნაპოვნი იყო 24-34 მგ/კგ სპილენძი (საშუალო 28 მგ/კგ, სინჯების რაოდენობა 7).

ამრიგად, კახეთის ზონის ნიადაგებში 30-35 მგ/კგ სპილენძი ფონურ შემცველობად უნდა ჩაითვალოს.

4.7. სავენახე ნაკვეთებში ბორდოს სითხის გამოყენების ეკოლოგიური შეფასება

როგორც მოსალოდნელი იყო, სავენახე ნაკვეთების ნიადაგებში, ბორდოს სითხის გამოყენების შედეგად სპილენძის კონცენტრაცია გაზრდილია და საშუალოდ ხუთჯერ აღემატება მის კლარკს (20 მგ/კგ, [1,2]). მიუხედავად ამისა, ნიადაგში სპილენძის შემცველობა ნაკლებია ფიტოტოქსიკურობის ზედა ზღვარზე [2] და მოძრავი ფორმის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე (3 მგ/კგ, [11]).

არსებული ვითარების ეკოქიმიური შეფასებისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მძიმე ლითონებს შორის სპილენძის იონები არ გამოირჩევა ტოქსიკურობით. სასმელ წყალში მისი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია 1 მგ/ლ შეადგენს [11] (შედარებისთვის ტყვიის ზღვ 0,01 მგ/ლ, ბერილიუმის 0,001 მგ/ლ და ა.შ.). გარდა ამისა, ცნობილი, რომ მცენარეებს გააჩნიათ თვითდაცვის უნარი და ნიადაგიდან ტოქსიკურ ნივთიერებებს შეზღუდული რაოდენობით ითვისებენ. ბოლნისის რაიონში ჩატარებულმა გამოკვლევამ აჩვენა, რომ ნიადაგში სპილენძის მაღალი შემცველობის (500-700 მგ/კგ) მიუხედავად მცენარეულ საკვებ პროდუქტებში, სხვა რაიონებთან შედარებით, მცირედაა გაზრდილი [9].

ყურძენში 10 მგ/კგ-მდე სპილენძი შეიძლება მოხვდეს მექანიკური გზით - მტევანზე დარჩენილი შაბიამნის ხსნარიდან [9, 14]. მაგრამ ყურძნის წვენი დაღვინების პროცესში სპილენძი პრაქტიკულად რაოდენობრივად გადადის წარმოქმნილ ორგანო-მინერალურ ნალექში [14] და ღვინოში მისი კონცენტრაცია ნაკლებია შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ სიდიდეზე (1 მგ/ლ [14, 20]).

დასკვნები

1. დადგენილია სპილენძის შემცველობა და მისი განაწილების კანონზომიერებები კახეთის მევენახეობის ზონის ნიადაგებში. შესწავლილია ნიადაგში ბორდოს სითხით გამოწვეული ეკოქიმიური ცვლილებები.
2. კახეთის მევენახეობის ზონის ნიადაგებს აქვთ ნეიტრალური-სუსტი ფუძე რეაქცია (pH 7.5-7.9). ასეთ არეში სპილენძის იონები წარმოქმნიან მდგრად, უძრავ ჰიდროქსოკომპლქსებს და ფიქსირდებიან ნიადაგში.
3. ნიადაგში ბორდოს სითხის სახით შეტანილი სულფატების რაოდენობა (წლიურად 240-280 მგ/მ²) უმნიშვნელოა ფონთან შედარებით, 15-20-ჯერ ნაკლებია ატმოსფერული ნალექების მონატანზე და ეკოქიმიური თვალთახედვით უვნებელია.
4. გამოკვლეულ სინჯებში საერთო სპილენძის შემცველობა 35-193 მგ/კგ ფარგლებში მერყეობს და საშუალოდ 104 მგ/კგ შეადგენს, რაც რამდენჯერმე აღემატება მის კლარკს (20 მგ/კგ) და ფონურ შემცველობას კახეთის ნიადაგებში.
5. დადგენილია, რომ წყალში ხსნადი სპილენძის შემცველობა გამოკვლეულ ნიადაგებში მცირეა, 0.8-1.4 მგ/კგ ზღვრებში მერყეობს, რაც ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე (3 მგ/კგ).
6. გათვლილია, რომ ბორდოს სითხის სახით სავენახე ნიადაგში ყოველწლიურად 150 მგ/მ² სპილენძი ხვდება, რაც 100-ჯერ მეტია ატმოსფერული ნალექებით მის ბუნებრივ მონატანზე.

VI. ლიტერატურა

1. Войткевич Г.Б. Краткий справочник по геохимии. М., Недра, 1987.
2. Кабата-Пендиас А. Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., Мир. 1989.
3. Виноградов А.Н. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М. 1957.
4. Возбуцкая А. Е. Химия почвы. М. 1968.
5. სარიშვილი ი., ბერიძე ა. აგროქიმიური სამსახურის საფუძვლები. „განათლება“, თბილისი, 1973.
6. სუპატაშვილი გ. გარემოს ქიმია (ეკოქიმია), თსუ, 2009.
7. Фомин Г.С. Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. М., 2001.
8. სუპატაშვილი გ. რაოდენობითი ანალიზი. თსუ 2011.
9. ტაბატაძე მ. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მათზე ანთროპოგენური დატვირთვის გათვალისწინებით. თბილისი, 2009.
10. Супаташвили Г.Д. Гидрохимия Грузии. ТБ. ТГУ. 2003
11. საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე, ნაწილი 3. №90, 2001.
12. Марченко З. Фотометрическое определение элементов М., Мир, 1964.
13. Сендел Е. Колориметрические методы определения следов металлов М., Мир, 1964.
14. Церевитинов Ф.В. Химия и товароведение свежих плодов и овощей. М., Пищтовериздат, 1949.
15. Контроль качества продукции физико-химическими методами. Ашاپкина В.В., М., Дели принт 2005.
16. Кузмина Д. Савинова Е. Шумская Т. ЖАХ, 1989.

17. მახარაძე გ. ბუნებრივი წყლებიდან გამოყოფილი ფულვომჟავების გამოკვლევა და მათი ნაერთები მძიმე ლითონებთან. დისერტაციის ავტორეფერატი ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი, 2002 .
18. სუპატაშვილი გ. რაოდენობითი ანალიზის პრაქტიკუმი. თბილისი 2018.
19. მ. უგულავა, ი. საბინგუსი. სპილენძის ხსნადი ფორმების განსაზღვრა აჭარის ასსრ ზოგიერთ ნიადაგში. თსუ შრომები, 1968, ტ.126, 79-81.
20. Сборник международных методов анализа и оценки вин и сула. М., Пищевая промышленность, 1993.