

სასუქების წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიების პერსპექტივები საქართველოს სოფლის მეურნეობისათვის

¹ავთანდილ ცინცქილაძე; ²რაული გოცირიძე

¹ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტი. ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი

²ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტი. ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი

აბსტრაქტი

სტატია მიმოხილვითი ხასიათისაა. მასში განხილულია სოფლის მეურნეობის ინტენსიური განვითარების მნიშვნელობა, განვითარების შემაფერხებელი ფაქტორები. წარმოდგენილია საქართველოს სოფლის მეურნეობის სტრუქტურა, ნიადაგობრივი და კლიმატური მდგომარეობა, სტატისტიკური მონაცემები, გავითარების სტრატეგია და ხარვეზები. განხილულია ნიადაგების მდგომარეობა და ნაყოფიერების მაჩვენებლები. განხილულია ნაყოფიერების გაუმჯობესებისა და სტაბილურობის შენარჩუნების ტექნოლოგიები. განხილულია თანამედროვე მაღალეფექტური სასუქების წარმოების ხერხები და რეცეპტურები. წარმოდგენილია მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელი და პროლონგირებადი სასუქების წარმოების მეთოდები. გაკეთებულია დასკვნები.

საკვანძო სიტყვები: სასუქები, სორბენტები, სორბცია

შესავალი

მსოფლიოში მოსახლეობის ზრდა აიძულებს თანამედროვე სოფლის მეურნეობას გადავიდეს განვითარების ახალ საფეხურებზე, რათა დააკმაყოფილოს მოსახლეობის მზარდი მოთხოვნები საკვებ პროდუქტებზე. მიუხედავად სოფლის მეურნეობის დარგის მეცნიერებისა და პრაქტიკოსების მცდელობისა გაზარდონ წარმოების მოცულობები, მაინც მაღალია შიმშილიანობის მაჩვენებლები, რასაც ადასტურებს უამრავი სამეცნიერო, თუ სტატისტიკური ინფორმაცია. აქედან გამომდინარე სახელმწიფოებმა შიგა და გარე მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიზნით მაქსიმალურად უნდა გამოიყენონ სამეცნიერო, სამრეწველო და ბუნებრივი რესურსები სოფლის მეურნეობის ინტესიფიცირების უზრუნველსაყოფად.

სოფლის მეურნეობის ინტესიფიკაცია ეს არის პროცესი, რომელიც გულისხმობს ძველი ტრადიციული არარენტაბელური ტექნოლოგიების შეცვლას ახალი ინტენსიური ტექნოლოგიებით, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი რენტაბელობით, ეკოლოგიურობით, მაღალი სოციალური ეფექტიანობით. დღეისათვის მსოფლიო მიღწევები ტექნოლოგიების დარგში იმ დონეზეა განვითარებული, რომ არავითარი შიმშილიანობის პრობლემა არ უნდა იყოს, თუმცა მსოფლიო სტატისტიკა სულ სხვა რამეზე მიგვითითებს. ეს ყველაფერი გამოწვეულია ქვეყნების არათანაბარი ტექნიკური და ტექნოლოგიური განვითარებით, პროდუქტების არათანაბარი გადანაწილებით. თანამედროვე ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მაღალი ფასების გამო ბევრი ქვეყნისათვის ხელმიუწვდომელია ეს საშუალებები. პრობლემების დაძლევა შესაძლებელია შიგა სამეცნიერო, ბუნებრივი, ტექნიკური და ტექნოლოგიური რესურსების ეფექტური გამოყენებით.

თემის მიმოხილვა

საქართველოც მიეკუთვნება იმ ქვეყნების რიცხვს, რომლებიც ვერ ახერხებენ სწრაფ განვითარებას სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა მიმართულებით. საქართველოს სასოფლო სამეურნეო წარმოებისათვის გააჩნია 3 მილიონ ჰექტარზე ოდნავ მეტი (ქვეყნის ტერიტორიის 43,4%) სასოფლო სამეურნეო მიწები, ამაში შედის საძოვრები და მდელოებიც. დანარჩენი 43% უკავია ტყეებს და 13,6% უკავია წყალსაცავებს, ქალაქებსა, დასახლებულ პუნქტებს და გზების საფარს. 13% ვაკე ადგილია, 33% მთისწინეთი, 54% მთები /8/.

კლიმატური ზონების გათვალისწინებით საქართველოს გააჩნია 12 განსხვავებული ზონა და 49 ნიადაგის ტიპი. მდიდარია საირიგაციო და სასმელი წყლის რესურსებით. სახნავ-სათესი მიწების 39% განლაგებულია ზღვის დონიდან 500მ-დე სიმაღლეზე, 29% - 500-1000მ სიმაღლეზე, 21% - 1000-1500მ სიმაღლეზე, 11% - 1500მ ზემოთ /7, 18/.

სოფლის მოსახლეობის რიცხოვნება გამოირჩევა კლებადი ტენდენციით: 2017 წელს მოსახლეობა შეადგენდა მთელი მოსახლეობის 42% (1564,5 ათ.კაცი), ხოლო 2021 წელს შეადგენს 40,6% (1512,9 ათ.კაცი). მთლიანი შიდა პროდუქციის სტრუქტურაში სოფლის მეურნეობა

გამოირჩევა მზარდი ტენდენციით: 2017 წელს შეადგენდა 7,2%-ს მთლიან შიდა პროდუქტში, 2020 წელს შეადგინა 8,4% მთლიან შიდა პროდუქტში. საშუალო თვიური შემოსავალი ერთ შინამეურნეობაზე შეადგინა 54 ლარი. 2020 წლის მონაცემებით საქართველოში არსებული სასოფლო სამეურნეო მეურნეობები პროდუქციას ძირითადად აწარმოებენ საკუთარი მოხმარებისათვის (მეურნეობების 64%). მათ გაყიდეს მხოლოდ 10% პროდუქციის. ძალიან მცირეა ისეთი მეურნეობების რიცხვი, რომლებიც ორიენტირებული არიან მთლიან გაყიდვებზე (4,2%). მაღალია ოჯახური მეურნეობების წილი მთლიან სასოფლო სამეურნეო წარმოებაში (90–100%-ის ფარგლებში) /8/. ეს მიუთითებს, რომ სასოფლო სამეურნეო წარმოების მთელი სიმძიმე მოდის წვრილ მეურნეობებზე, რომლებიც ობიექტური, თუ სუბიექტური მიზეზების გამო ვერ უზრუნველყოფენ თავიანთ მეურნეობებს ინტენსიური ტექნოლოგიებით და განვითარებით. ეს ლოგიკურად არის, რადგან მათი შემოსავლები ელემენტარულ სოციალურ მოთხოვნებსაც ვერ აკმაყოფილებს, არათუ განვითარებას. სახელმწიფოს მცდელობები შექმნას მსხვილი გაერთიანებები (კოოპერაციები), რათა მოხდეს სწრაფი განვითარება ჯერჯერობით უშედეგოა. ეს ყველაფერი პირდაპირ აისახება მოსახლეობის სოციალურ მდგომარეობაზე, რომელიც საკმაოდ დაბალია.

საქართველოს მთავრობამ ჯერ კიდევ 2011 წელს ჩამოაყალიბა და დაამტკიცა სოფლის მეურნეობის განვითარების სტრატეგია /6/. ამ სტრატეგიაში მნიშვნელოვანი როლი ეკისრებოდა მუნიციპალიტეტების დონეზე ჩამოყალიბებულ სოფლის მეურნეობის განვითარების სამსახურებს, რომლებიც უნდა დახმარებოდნენ ოჯახურ მეურნეობებს განვითარებაში, თუმცა ამ ფუნქციებს ისინი დაბალი პროფესიონალიზმის გამო ვერ ასრულებენ. ვერ ჩამოყალიბდა სწავლული აგრონომის ინსტიტუტი მუნიციპალიტეტებში, ძალიან სუსტია ფერმერული, ოჯახური მეურნეობებისა და საგანმანათლებლო სტრუქტურების (კოლეჯები, უნივერსიტეტები, სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებები) თანამშრომლობის ხარისხი. ცუდად მუშაობს შუალედური რგოლები, რომლებიც დააკავშირებს პროფესიონალ მეცნიერებსა და პრაქტიკოსებს ფერმერულ და ოჯახურ მეურნეობებთან. ექსტენციებს ხშირად ატარებენ დაბალკომპეტენტური სპეციალისტები. უნივერსიტეტების რესურსები ამ სისტემაში ფაქტიურად გამოუყენებელია. დაბალია უცხოელი ინვესტორების დაინტერესება. მოსაგვარებელია მიწების ფერმერულ მეურნეობებზე რეგისტრაციისა და გადაცემის საკითხი. კვლავ მაღალია სახელმწიფოს საკუთრებაში არსებული მიწების წილი, რომელიც ფაქტიურად გამოუყენებელია.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე მნიშვნელოვანი ხდება უნივერსიტეტებისა და სამეცნიერო ჯგუფების ჩართულობა სოფლის მეურნეობის წარმოების სექტორში, რათა საქართველოს ფერმერულ და ოჯახურ მეურნეობებს მიეწოდოს ღრმა სამეცნიერო კვლევების საფუძველზე შექმნილი ახალი და რენტაბელური ტექნოლოგიები, აგრეთვე მიეწოდოს უცხოეთის წამყვანი მეცნიერებისა და კომპანიების მიერ შემოთავაზებული ტექნოლოგიები. ტექნოლოგიების სპექტრი და არჩევანი ძალიან დიდია. ფერმერული და ოჯახური მეურნეობების მოთხოვნების შესაბამისად უნდა შეირჩეს მეცნიერულად და ეკონომიკურად დასაბუთებული ტექნოლოგიები გამოყენებისათვის.

ჩვენი უნივერსიტეტი და სამეცნიერო ჯგუფი მუშაობს ფერმერული და ოჯახური მეურნეობების ახალი მომგებიანი ტექნოლოგიებით უზრუნველყოფის თემატიკებზე. კვლევები აჩვენებს, რომ საქართველო ერთეულ ფართობზე სასოფლო სამეურნეო წარმოების მოცულობით მნიშვნელოვნად ჩამორჩება განვითარებული ქვეყნების მაჩვენებლებს. ეს გამოწვეულია ნიადაგების არაეფექტურ გამოყენებასთან, ასევე სასათბურე ტექნოლოგიების, აეროპონური, ჰიდროპონური, აკვაპონური ტექნოლოგიების გამოყენების დაბალი დონით. აღსანიშნავია ისიც, რომ დამამუშავებელი ტექნოლოგიებიც (შენახვის, სასაქონლო დამუშავების, გადამამუშავების) სათანადოდ არ არის განვითარებული.

საქართველოს ნიადაგების კარტოსქემები /7, 18/ გვიჩვენებს, რომ ძირითად ელემენტებზე (კალიუმი, ფოსფორი, აზოტი) და ჰუმუსზე ნიადაგების უმეტესობა განიცდის დეფიციტს. ამიტომ მეურნეობები გამოიყენებენ სხვადასხვა სახის სასუქებს. მოხმარების წლიური მაჩვენებელი 2020 წლისათვის შეადგენდა 55 ათას ტონას /8/. აქედან ძირითადად მოიხმარება აზოტოვანი სასუქი 44 ათ.ტონა, დანარჩენი სხვა სასუქებია. როგორც ჩანს ნიადაგების დამუშავების, სასუქების, მცენარეთა დაცვის საშუალებების არაეფექტური გამოყენება იწვევს ერთეულ ფართობზე მოსავლიანობის და ხარისხის დაბალ დონეს. დაბალია კომპლექსური სასუქის (NPK) მოხმარება, რომ არაფერი ვთქვათ კალციუმის, მაგნიუმის, რკინის, გოგირდის, თუთიის შემცველ სასუქებზე. კარგად არის ცნობილი, რომ კომპლექსური სასუქების გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის მოსავლიანობასა და ხარისხს.

პრობლემას ქმნის არა მარტო მინერალების (სასუქების სახით) საჭირო რაოდენობების მიუწოდებლობა, არამედ მათი სტაბილურობა ნიადაგებში. ცნობილია, რომ წვიმებისა და სხვა ფაქტორების გავლენით ნიადაგები იფიტება და საჭიროებს მინერალიზაციის მუდმივ აღდგენას. ნიადაგების მინერალიზაციის სტაბილურობისათვის კარგი საშუალებაა ბუნებრივი ადსორბენტების გამოყენება. როგორც ლიტერატურული წყაროები გვიჩვენებს /1,2,3,4,9,10,13,15,17/ ეს არის უნიკალური საშუალება, რადგან ამცირებს ნიადაგებიდან სასუქების გამორეცხვას 4-5-ჯერ, მინერალური სასუქების პარალელურად არის დამატებითი მიკროელემენტების (Mn, Mg, Fe, B, Co) წყარო, ამცირებს ნიტრატებს 7-38%-ით, მოსავლიანობას ზრდის 60%-მდე, აჩქარებს ნაყოფების დამწიფების პერიოდს, გააჩნია მაღალი წყალშეკავების უნარი, მინერალების (N, P, K და სხვა) ადსორბციის უნარი და ა.შ. ადსორბენტების სამრეწველო საბადოები არის აშშ, იაპონიაში, რუსეთში, ბულგარეთში, იტალიაში, უნგრეთში, ახალ ზელანდიაში. საქართველოც ამ მხრივ მდიდარია. აქ გვხვდება ცეოლიტების ფართო სპექტრი, როგორებიცაა კლინოპტილოლიტი (ძეგვი), ჰეილანდიტი (თემამი), მორდენიტი (ბოლნისი), ანალციმი (ქუთაისის მახლობლად), ლომანტიტი (თბილისის მახლობლად), ფილიფსიტი (გურიასა და სამხრეთ საქართველოში). 95% კლინოფტილოლიტის შემცველობით გამოირჩევა ძეგვის სამრეწველო საბადო. ეს პოტენციური შესაძლებელია მაქსიმალურად გამოყენებული იქნას სოფლის მეურნეობაში. ქართველი მეცნიერების მიერ 1976-2005 წლის პერიოდში გამოკვლეული იქნა ცეოლიტშემცველი სამთო მინერალების გამოყენება სოფლის მეურნეობაში,

კომპლექსში ორგანულ სასუქებთან. ნიადაგში მათი შეტანა აუმჯობესებს ფიზიკო-ქიმიურ და აგროქიმიურ თვისებებს, აუმჯობესებს მოსავლიანობას /30/.

შესწავლილი იქნა სასუქების წარმოებასთან დაკავშირებული ლიტერატურული წყაროები /19, 20, 21, 22/. დღეისათვის ტრადიციულად წარმოებული სასუქები (აზოტოვანი, ფოსფორის, კალიუმის) დაბალი კვების ეფექტურობით გამოირჩევიან. ფოსფორის შემთხვევაში მცენარე ითვისებს საწყისი რაოდენობის 18-20%, კალიუმის შემთხვევაში 35-40%, აზოტის შემთხვევაში 30-35%. ფოსფორი შედის რეაქციაში Ca^{2+} -თან, რის გამოც მცენარე ვერ ითვისებს /23/. აზოტის უმეტესი ნაწილი იკარგება მიკროორგანიზმების სწრაფი ზემოქმედებით, აგრეთვე ფიზიკური და ქიმიური ზემოქმედებით, როგორცაა ჩარეცხვა (გაჟონვა) და აორთქლება. ჩარეცხილი აზოტი აბინძურებს მიწისქვეშა წყლებს, ტბებსა და მდინარეებს. ეს გამოწვეულია აზოტოვანი სასუქის მაღალი ხსნადობით /24/.

აღნიშნული პრობლემის მოგვარება შესაძლებელია სორბენტების (ცეოლიტებისა და ბენტონიტების) გამოყენებით. როგორც ცნობილია სორბენტები გამოირჩევიან იონცვლითი პროცესებით. მათ შეუძლიათ გაცვალონ K^+ , Na^+ , NH_4^+ , რითაც შეუძლიათ დააფიქსირონ ეს ელემენტები /25, 26/. ცეოლიტების უმეტესობას გააჩნია ძალიან მცირე ფორები ($4-5\text{\AA}$). მათში ადსორბირებული აზოტი მიუწვდომელია ნიტრიფიცირებული ბაქტერიებისათვის და წყლისათვის, თუმცა მისაწვდომია მცენარისათვის /25/.

რენტგენოგრაფიისა და თერმოგრაფიის ანალიზის მეთოდებით შესწავლილი იქნა საქართველოს ბუნებრივი ცეოლიტების შემადგენლობა და სტრუქტურა. გამოკვლეული იქნა ცეოლიტებისა და თანმდევი მინერალების შემადგენლობა და რენტგენოდიფრაქტომეტრიული მაჩვენებლები. ცეოლიტების შემცველობა შემდეგია: ანალციმი - 70-80%, ლომანტიტი - 60%, მოდერნიტი - 65-70%, კლინოპტილოლიტი - 70-80%, გურის ფილიფსიტი - 65-90%, ახალციხის ფილიფსიტი - 70-75%. აგრეთვე შედის მინერალური მადანი, პლაგიოკლაზი, ქლორიტი, მონტმორილონიტი, კალციუმი, კვარცი, ანდეზიტი, ბიოტიტი და სხვა. ტენიანობის შემცველობები შემდეგია: ანალციმი 9,4%, ლომონტიტი 10,7%, მორდენიტი 9,5%, კლინოპტილოლიტი 13,5%, ფილიფსიტი 15,9-17,4% /27/. შესწავლილია ცეოლიტების დეჰიდრატაციის პროცესები, რადგან ამ პროცესში ვლინდება მათი კატალიტური და სორბციული თვისებები. დეჰიდრატაციის ოპტიმალური ტემპერატურა 300°C ის ფარგლებშია. ტენიანობის და მასის დაკარგვა მიმდინარეობს დიდ დიაპაზონში $50-500^{\circ}\text{C}$.

ჩვენს მიერ განხორციელდა შედარება ქართულ და უცხოურ კლინოპტილოლიტებს შორის, მონაცემები შემდეგია:

საწყისი კლინოპტილოლიტის ქიმიური შემადგენლობა % /13,25, 27/

ელემენტები	სლოვაკური	რუსული	ქართული
	შემცველობა, %	შემცველობა, %	შემცველობა, %
Al ₂ O ₃	13.14	11,4-14,0 %	12.01
CaO	3.25	1,7-3,3 %	4.01
MgO	0.80	0,4-1,7 %	0.20
MnO	0.04	0,02-0,05	-
P ₂ O ₅	0.03	-	-
SiO ₂	73.51	69,0-74,0 %	67.94
Fe ₂ O ₃	13.44	0,60-1,8 %	0.93
TiO ₂	0.17	0,08-0,16 %	-
Na ₂ O	0.57	0,4-0,9 %	1.08
K ₂ O	3.36	4,0-5,5 %	3.30
H ₂ O	-	10	10.60
Hg	<0.000001	-	-
Co	<0.001	-	-
Cd	<0.0001	-	-
As	<0.0020	-	-

აგრეთვე გამოკვლეულია კლინოპტილოლიტი სელექციურობა იონებთან მიმართებაში. ეს მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით: Cs⁺ > Rb⁺ > K⁺ > NH₄⁺ > Ba²⁺ > Sr²⁺ > Na⁺ > Ca²⁺ > Fe³⁺ > Al³⁺ > Li⁺ /28/.

საინტერესოა სტატია /30/, რომელშიც აღწერილია უახლესი სორბციული ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ წყალში კარგად ხსნადი, უქლორო მინერალების

წარმოება, რაც ცნობილია ფერტიგატორების სახით. ეს არის თანამედროვე NPK ბალანსირებული კომპლექსი, რომელიც კარგად იხსნება წყალში და არ ჰქდავს წვეთობრივი მორწყვის სისტემებს. აგრეთვე მასში NPK კომპლექსის გარდა დაბალანსებულია მონოკალიუმფოსფატი, კალიუმის სულფატი, კალიუმის ნიტრატი, მონოამონიუმფოსფატი, მაგნიუმის სულფატი და სხვა.

ფერტიგატორების წარმოების მსოფლიო ბაზარზე წარმოდგენილია ოლიგოპოლური კომპანიები: NU3 (ბელგია), VALAGRO (იტალია), CHEMIRA (ფინლანდია), ХАЙФА ХЕМИКАЛС ЛТД (ისრაელი) და სხვა. ფერტიგატორები 2-3-ჯერ ძვირია ვიდრე ჩვეულებრივი სასუქები. ფერტიგატორების სიძვირეს იწვევს იონცვლითი, მრავალჯერადი კრისტალიზაციის პროცესები /30/.

ნედლეულად გამოიყენება იაფფასიანი და გავრცელებული ქიმიკატები (კალიუმის ქლორიდი, კალცინირებული სოდა, ამიაკის სილიტრა, ექსტრაქციული ფოსფორმჟავა, გოგირდმჟავა, სერპანტინიტი). ყველა პროცესი მიმდინარეობს დაბალ ტემპერატურაზე, დაბალ წნევაზე, გამოყენებულია სორბციული, იონცვლითი, შრობის, გაცივების, ვაკუუმ კრისტალიზაციის, შეფუთვის პროცესები /30/.

წარმოდგენილია აზოტ-კალიუმის სასუქის წარმოების ხერი /31/. ინგრედიენტების შერევა ხდება pH 6,5-7,5 პირობებში. ურევენ ამიაკის სელიტრას 15-7,5% ტენიანობით და 17-78მას% რაოდენობით, კალიუმის ქლორიდს 10-47მას% ოდენობით, დამატებით აწვდიან ამიაკს 0,8-18მას%, ცეოლიტს 2-6მას% ოდენობით, მაგნიუმის ფოსფატს 1-3მას% და ამონიუმის სულფატს 1-2,8მას% ან მაგნიუმის სულფატი 1-4მას% და ამონიუმის სულფატს 1-2მას%. გრანულირებას ახორციელებენ დოლურ გრანულატორში. მიღებული სასუქი შეიცავს შემდეგ საკვებ ელემენტებს: N 15-30; K₂O – 11-30; მიიღება კონდიციური პროდუქტი 95% გამოსავლიანობით, რომელიც შენახვისას არ კარგავს მაღალ სიმკრივეს და სიფხვიერეს 100%-ით.

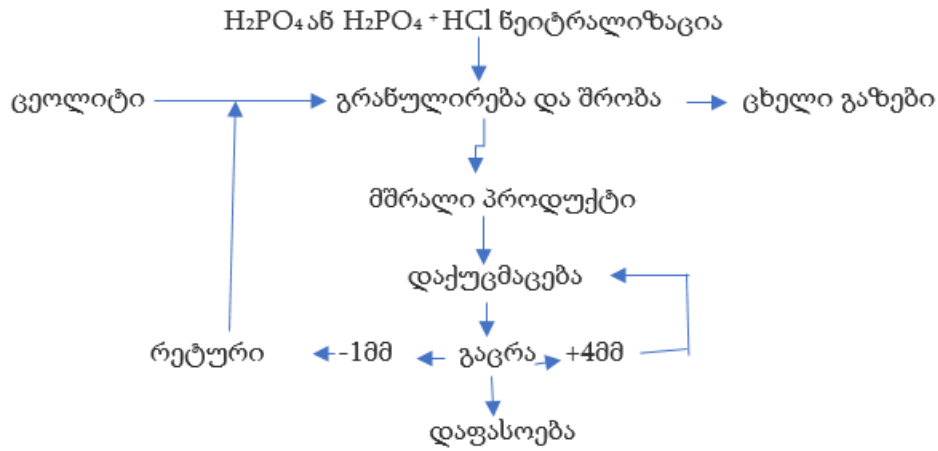
საინტერესოა სტატია /32/, რომელშიც განხილულია ექსპერიმენტების შედეგები, რომელიც ეხება ორგანო-მინერალურ სასუქებს ბუნებრივი სორბენტის დამატებით, კერძოდ ტორფს. ტორფს გააჩნია მაღალი შთანთქმის უნარი 85-90%, მასში სასუქები იმყოფებიან ხსნად მდგომარეობაში, რაც უარყოფითია, რადგან მნიშვნელოვნად იკარგება საკვები ელემენტები და დაბალია პროლონგირების ხარისხი. პრობლემის მოსაგვარებლად დამზადებული იქნა შემდეგი შემადგენლობის ნარევი: 1) აბსოლუტურად მშრალი ტორფი 60%, 26% NPK სასუქი, 14% ცეოლიტი. 2) 45% მშრალი ტორფი, 38% NPK სასუქი და 17% ცეოლიტი. სასუქები გამოირჩევიან მაღალი პროლონგირების ხარისხით. ტორფისა და ცეოლიტნარევიანი სასუქების შესახებ მოცემულია სხვა ნაშრომებშიც /33, 34/.

შესწავლილი იქნა კვლევები /35/, სადაც წარმოდგენილია მაღალი ხარისხის პროლონგირებადი სასუქების რეცეპტურები. გამოკვლეული იყო მიკროფორებიანი და ნანოფორებიანი ბუნებრივი ცეოლიტები. მიკროფორული ცეოლიტის ფორის ზომა შეადგენდა 794,8 ნმ. ახდენდნენ ცეოლიტების კომპოზიციების (მიკროფოროვანი/ნანოფორული) შერევას 1:1 დან 1:10 მდე. ამ ნარევებს ალბობდნენ შარდოვანას ხსნარში. კარგი შედეგები იქნა 1:1 შეფარდებისას. აზოტის ადსორბციამ შეადგინა 18,5-28,0%. გამოკვლეული იქნა აზოტის გამოთავისუფლების სიჩქარე კომპოზიციამ 1:1 (მიკროფორული/ნანოფორული) ნარევი.

გამოთავისუფლების სიჩქარე შეადგინა 48 დღე. მიკროფორულ ცეოლიტზე დაჯენილი აზოტის გამოთავისუფლება ხდებოდა 32 დღეში, ხოლო შარდოვანას (ცეოლიტის გარეშე) გამოთავისუფლება ხდებოდა 4 დღეში. გამოკვლეული იქნა ნანოფორული ცეოლიტები რომლებსაც გააჩნიათ 30-40% არხები, რომელთა დიამეტრიც მერყეობს 0,4-15მ ფარგლებში. ეს ფორები შეიძლება გამოყენებული იქნას კალიუმისა და აზოტის სორბციისათვის. მინერალების დაჯენის პროცესები ხორციელდებოდა ჰიდროთერმულ გარემოში, სხვადასხვა ტემპერატურული ზემოქმედებით.

აგრეთვე საინტერესოა ნელი გამოთავისუფლების მემბრანებში კაფსულირებული შარდოვანა სასუქი. მას გააჩნია სუპერშთამნთქმელი და ტენიანობის შენარჩუნების ეფექტი. გარსი მზადდება სახამებლის (პირველი ფენა), აკრილის მჟავის (AA) და აკრილამიდის (მეორე ფენა; AM). შედის ამიაკის, ბორაქსის, შარდოვანა და ასე შემდეგ. პროდუქტის წყლის შთანთქმა 80-ჯერ აღემატებოდა მის წონას, თუ მას 80 წუთის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე ონკანის წყალში ასველებდნენ. ელემენტარული ანალიზის შედეგებმა აჩვენა, რომ პროდუქტი შეიცავდა 26,74% აზოტს. ასევე გამოკვლეული იყო პროდუქტის წყლის შეკავების თვისება და პროდუქტში აზოტის ნელი გამოყოფა. შედეგებმა აჩვენა, რომ პროდუქტს არა მხოლოდ გააჩნდა კარგი პროლონგირების თვისება, არამედ წყლის შესანარჩუნებლად შესანიშნავი უნარიც. ეს ეფექტურად გააუმჯობესებს სასუქის და წყლის რესურსების ერთდროულად გამოყენებას /36/.

ყურადსაღებია პატენტები /37, 38, 39/. პირველი ეხება იონცვლითი პროცესების გამოყენებით ზღვის წყალში არსებული კალიუმის იონების სორბციას ქართულ კლინოპტილოლიტზე. კალიუმი შედის შავი ზღვის წყალში 240მგ/ლ. რომელსაც 15°C-ზე ატარებენ ქართულ ცეოლიტიან (კლინოპტილოლიტი 85-90%) სვეტში. ასე მიღებული ცეოლიტკალიუმიანი სასუქი გამოირჩევა მაღალი პროლონგირების უნარით. მეორე და მესამე შემთხვევებში წარმოდგენილია პროლონგიური სასუქები. პატენტი /38/ ითვალისწინებს ამოფოსის, სულფომოფოსის და დიამოფოსის წარმოებას ცეოლიტთან ერთად, რომელიც პროლონგირებადი თვისებებით გამოირჩევა. გრანულირებული სასუქის წარმოება დამყარებულია ფოსფომჟავას ან ფოსფორმჟავა და გოგირდმჟავას ნარევის ამიაკით ნეიტრალიზაციაზე. ცეოლიტის გრანულირება და შრობა ხორციელდება ერთ აპარატში სადაც მიაწოდებენ ფაფას. ცეოლიტი (0,1-3მმ) წინასწარი გაცხელების გარეშე მიეწოდება რეტურის სისტემაში (ცირკულაციური სისტემა, სადაც მიეწოდება გრანულატორიდან დაკალიბრებული ფრაქცია) ცეოლიტი:ფაფა (0,1-1):1. პროცესი მოითხოვს ნაკლებ აპარატურას სქემაში, ნაკლებია ცეოლიტის ხარჯი, დაბალ ენერგოტევადია და ეკონომიური. გამოირჩევა იმითაც, რომ შესაძლებელია ცეოლიტის შედარებით წვრილი ფრაქციის მოხმარებაც. წარმოების სქენა ასეთია:



ჩვენი ინსტიტუტის მეცნიერები აქტიურად მონაწილეობდნენ ზღვის წყლიდან კალიუმის იონების გამოყოფის, ელექტრო დიალიზით კონცენტრირების და ცეოლიტებზე სორბციის პროცესების სამეცნიერო კვლევებში /40, 41, 42, 43, 44/. დადგენილია ზღვის წყლიდან კალიუმის გამოყოფის და კონცენტრირების ოპტიმალური რეჟიმები. დადგენილია კლინოპტილოლიტზე კალიუმის სორბციის რეჟიმები სასუქების წარმოებისათვის.

დასკვნა: საქართველოს გააჩნია უზარმაზარი სასოფლო სამეურნეო საცარგულები (3 მლნ. ჰექტარზე მეტი), რომლებიც დაბალი ეფექტურობით გამოიყენება. ნიადაგების უმეტესობა დაბალნაყოფიერია და საჭიროებს სასუქოვან კვებას. სოფლის მეურნეობის წარმოებაში გამოყენებული სასუქები დაბალეფექტიანია. დაბალია ინტესიური ტექნოლოგიების გამოყენების და თანამედროვე სასუქების მოხმარების ხარისხი. აღნიშნული იწვევს წარმოების მოცულობების დაბალ დონეს და მაღალ იმპორტოდამოკიდებულებას.

განვითარებული ქვეყნები სოფლის მეურნეობის წარმოების პროცესებში იყენებენ წყალში კარგად ხსნად უქლორო კომპლექსურ სასუქებს, რომლებიც ცნობილია ფერტიგატორების სახით. ისინი მაღალი ეკოლოგიურობით გამოირჩევიან და რამდენჯერმე ზრდიან მოსავლიანობას. აგრეთვე პრაქტიკაში შემოვიდა მაღალი პროლონგირების (ხანგძლივი მოქმედების) კომპლექსური სასუქების მოხმარება.

მიზანშეწონილია საქართველოში ადგილობრივი სორბენტების (ცეოლიტების, ტორფისა და სხვა) ბაზაზე შემუშავდეს ფერტიგატორებისა და მაღალპროლონგირებადი სასუქების წარმოების ტექნოლოგიები. აღნიშნული გაზრდის სოფლის მეურნეობის წარმოების ინტესიურობას და ეფექტიანობას.

1. Wunsch, K. G. (n.d.). Zeolites, a really special mineral group. Retrieved February 23, 2022, from <http://www.mineralien-verkauf.de/zeogallery/zeolithee.html>
2. *ЦЕОЛИТ*. Применение цеолита в медицине. (n.d.). Retrieved February 23, 2022, from <https://web.archive.org/web/20120109070035/http://www.ceolit.smila.com/med.htm>
3. *ЦЕОЛИТЫ: СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ*. : (n.d.). Retrieved February 23, 2022, from http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=3764
4. *Эффективность применения природного цеолита*. ООО "ЦЕОЛИТ-ТРЕЙД". (n.d.). Retrieved February 23, 2022, from <http://www.zeolite.spb.ru/usage.htm>
5. *Цеолит*. Цеолит - stonemarket.com.ua. (n.d.). Retrieved February 23, 2022, from <http://www.stonemarket.com.ua/219>
6. საქართველოს სოფლის მეურნეობის განვითარების 2012-2022 წლების სტრატეგიის დამტკიცების შესახებ. სსიპ "საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე". (n.d.). Retrieved February 23, 2022, from <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2280820?publication=0>
7. საქართველოს ნიადაგები. აგროკავკასია. (2022, January 22). Retrieved February 23, 2022, from <https://agrokavkaz.ge/pdf/saqarthvelos-niadagebi.html>
8. საქართველოს სოფლის მეურნეობა 2020 | საქსტატი. (2021). საქართველოს სოფლის მეურნეობა. *soflis_meurneoba_2020.pdf*. Retrieved February 23, 2022, from https://www.geostat.ge/media/38833/soflis_meurneoba_2020.pdf
9. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г., Чивадзе Г.О. Природные цеолиты и проблемы окружающей среды. Тбилиси: Мецниереба, 1995. 192 с.
10. Андроникашвили Т.Г., Урушадзе Т.Ф. Применение цеолитсодержащих горных пород в растениеводстве//Агрохимия. 2008. № 12. С. 63-69.
11. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. М.: Мир, 1976. 782 с.
12. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник/Сост. Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В. и др. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.
13. ნ.სხირტლაძე, საქართველოს ცეოლიტების გენეტიკური ჯგუფები, მათი მთავარი საბადოები და გამოვლინებები. თსუ, თბილისი 1997
14. Сендеров Э. Э., Хитаров Н. И., Цеолиты, их синтез и условия образования в природе, М., 1970
15. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г, Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. М.: Недра, 1987. 176 с.
16. მდინიშვილი О.М. Кристаллические основы регулирования свойств природных сорбентов. Тбилиси: Мецниереба, 1983. 150 с.
17. Труды конференции по вопросам геологии, физико-химических свойств и применения природных цеолитов. Тбилиси: Мецниереба, 1985. 381с.
18. თ. ურუშაძე, ა. თხელიძე, გ. ლამბაშიძე. საქართველოს ნიადაგები თბილისი. მეცნიერება. 2015წ. 48 გვ.

19. Mihok, F., Macko, J., Oriňak, A., Oriňaková, R., Kovaľ, K., Sisáková, K., Kostecká, Z. (2020). Controlled nitrogen release fertilizer based on zeolite clinoptilolite: Study of preparation process and release properties using molecular dynamics. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 3, 100030. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2020.100030>
20. Lateef, A., Nazir, R., Jamil, N., Alam, S., Shah, R., Khan, M. N., & Saleem, M. (2016). Synthesis and characterization of zeolite based nano-composite: An environment friendly slow release fertilizer. *Microporous and Mesoporous Materials*, 232, 174-183. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2016.06.020>
21. Manto, M. J., Xie, P., Keller, M. A., Liano, W. E., Pu, T., & Wang, C. (2018). Recovery of ammonium from aqueous solutions using ZSM-5. *Chemosphere*, 198, 501-509. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.126>
22. Mohd Ibrahim, K. R., Eghbali Babadi, F., & Yunus, R. (2014). Comparative performance of different urea coating materials for slow release. *Particuology*, 17, 165-172. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.partic.2014.03.009>
23. Mikhak, A., Sohrabi, A., Kassaei, M. Z., & Feizian, M. (2017). Synthetic nanozeolite/nanohydroxyapatite as a phosphorus fertilizer for German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops and Products*, 95, 444-452. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.054>
24. Espécie Bueno, S. C., Filho, M. B., de Almeida, P. S. G., Polidoro, J. C., Olivares, F. L., Stel, M. S., da Silva, M. G. (2015). Cuban zeolite as ammonium carrier in urea-based fertilizer pellets: Photoacoustic-based sensor for monitoring N-ammonia losses by volatilization in aqueous solutions. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 212, 35-40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.01.114>
25. Jha, V. K., & Hayashi, S. (2009). Modification on natural clinoptilolite zeolite for its NH₄⁺ retention capacity. *Journal of Hazardous Materials*, 169(1), 29-35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.052>
26. Malekian, R., Abedi-Koupai, J., Eslamian, S. S., Mousavi, S. F., Abbaspour, K. C., & Afyuni, M. (2011). Ion-exchange process for ammonium removal and release using natural Iranian zeolite. *Applied Clay Science*, 51(3), 323-329. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.12.020>
27. Кахидзе, Н. А. Самхарадзе, М. Г. Купаташвили, Н. Н. Махвиладзе, М. Г. Исследование состава и структуры природных цеолитов Грузии методами анализа рентгенографии и термографии // International Scientific and Practical Conference World science. – 2018. – Т. 4. – № 6(34). – С. 61-65. – DOI 10.31435/rsglobal_ws/12062018/5842.
28. Lin, L., Lei, Z., Wang, L., Liu, X., Zhang, Y., Wan, C., Tay, J. H. (2013). Adsorption mechanisms of high-levels of ammonium onto natural and NaCl-modified zeolites. *Separation and Purification Technology*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.10.005>

29. Т.Г. Андроникашвили, Т.Ф. УРУШАДЗЕ Применение цеолитсодержащих горных пород в растениеводстве //Агрохимия. – 2008. – №12. – С. 63–79. eLIBRARY ID: [11617666](#)
30. ООО «НьюКем Текнолоджи». (n.d.). *Новая Сорбционная Технология Производства Водорастворимых Минеральных Удобрений*. Retrieved February 23, 2022, from http://newchem.tech/f/tekhnologiya_rmu_red.pdf
31. Патент № 2535167 С1 Российская Федерация, МПК С05С 1/02. Способ получения гранулированного азотно-калийного удобрения : № 2013132122/13: заявл. 11.07.2013: опубл. 10.12.2014 / В. Я. Кайль, А. М. Новоселов, В. М. Овчинников [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество "Минерально-химическая компания "ЕвроХим".
32. Алексеева, Т.П. Перфильева, В.Д. Криницын, Г.Г. Комплексные органо минеральные удобрения пролонгированного действия на основе торфа. Химия растительного сырья. 1998. №4. С 53-58
33. Ринкевич, В. П. Анализ способов получения и рецептур гранулированных Композитов различного назначения на основе торфа. Вестник Белорусско-Российского университета. 2007. № 4 (17). С. 172-179
34. Гаркушева Наталья Михайловна. Физико-химические основы получения торфоцеолитовых и комплексных неодимсодержащих удобрений и агрохимическая оценка их эффективности: диссертация ... кандидата биологических наук : 06.01.04 / Гаркушева Наталья Михайловна; [Место защиты: Ин-т общ. и эксперим. биологии СО РАН].- Улан-Удэ, 2008.- 200 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-3/27
35. Manik, A. (2014). Fabrication and characterisation of nanoporous zeolite based N fertilizer. *African Journal of Agricultural Research*, 9, 276-284.
36. Guo, Liu, Zhan, & Wu, L. (2005). Preparation and Properties of a Slow-Release Membrane-Encapsulated Urea Fertilizer with Superabsorbent and Moisture Preservation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44(12), 4206-4211. <https://doi.org/10.1021/ie0489406>
37. Патент № 2096395 С1 Российская Федерация, МПК С05G 3/00. Способ получения азотно-фосфорных удобрений замедленного действия : № 96114594/25: заявл. 15.07.1996: опубл. 20.11.1997 / А. А. Чупахин, Т. В. Шарипов, Ф. Ф. Баязитов [и др.]; заявитель Акционерное общество открытого типа "Минудобрения".
38. ცირა ბერუაშვილი, რუსლან ხაზიმოვი, შოთა სიღამონიძე, რამინ ჯომიდავა, ნური ხვიჩია, ვასილ შველიძე, თამაზ კარდანახიშვილი, ელგუჯა სულავა. ხანგრძლივი მოქმედების მინერალური სასუქის მიღების ხერხი. პატენტის გამოყენების სფერო არის ქიმიური მრეწველობა და სოფლის მეურნეობა. პატენტი: საქპატენტი GE U 2001 802 U
39. Патент № 2165912 С1 Российская Федерация, МПК С05G 3/04, В01J 2/00, С05В 19/00. Способ получения гранулированного азотно-фосфорного удобрения : № 2000113426/12 : заявл. 19.05.2000 : опубл. 27.04.2001 / И. В. Иванов, В. Е. Сукманов, Т. И. Романовская [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Минерал-Трейддинг".

40. Nino Mkheidze, Raul Gotsiridze, Lamzira Kontselidze, Zurab Mikeladze, Nino Kharazi „Production of Potassium-Enriched Fertilizer Using the Complex Sorption and Membrane, Technology Ecological Engineering & Environmental Technology 2022, 23(2), 199–205, <https://doi.org/10.12912/27197050/144956>, ISSN 2719-7050, License CC-BY 4.0
41. Raul Gotsiridze, Nino Mkheidze, Cvetlana Mkheidze, Lamzira Kontselidze, Zurab Mikeladze, Guram Papunidze “Intensified Technology of the New Type Potassium Fertilizer Production”, Annals of Agrarian Science ISSN: 1512-1887, 2020.
42. Beruashvili Ts., Svanidze Z., Schulze N., Gotsiridze R. “New environment-friendly Type of potassium containing fertilizer” Erfurt, 03/04 June, 2009 p. 127-129.
43. R. Gotsiridze, N. Mkheidze, N. Lekishvili "Concentration of K ion from seawater by electroosmotic filtration method", Works of international scientific - Compounds and Materials With Specific Properties Based on Industrial Waste, Secondary and Natural Recourses. Tbilisi 2010 p.71-73.
44. Гоциридзе Р.С., Бериашвили Ц.А., Думбадзе Н.П., Испирян А.Г., Лория Л.И., Экологические аспекты обогащения природных цеолитов калием. IV Международный симпозиум „Экология человека и медико-биологическая безопасность населения". Испания, г. Бенидорм, 2-10 ноября, 2008г., стр. 46-50.

Perspectives of modern technologies of fertilizer production for Georgian agriculture

¹Avtandil Tsintskiladze; ²Rauli Gotsiridze

¹Batumi Shota Rustaveli State University, Institute of Agrarian and Membrane Technologies. Doctor of Technical Sciences

²Batumi Shota Rustaveli State University, Institute of Agrarian and Membrane Technologies. Doctor of Chemistry

Abstract

The article is of a review nature. It discusses the importance of intensive development of agriculture, factors hindering development. The structure of Georgia's agriculture, soil and climatic conditions, statistical data, development strategy and shortcomings are presented. Soil condition and fertility rates are discussed. Technologies for improving fertility and maintaining stability are discussed. Techniques and recipes for the production of modern highly effective fertilizers are discussed. Methods of production of easily assimilable and prolonged fertilizers for the plant are presented. Conclusions are currently being made.

Keywords: *Fertilizers, sorbents, sorption*