



# ხართყევი ჯარ ზოგორხსოჲოთმეჯო

“ეკოლოგიური ცნობიერების  
აგაღაჲა და ნარჩენების მართჲა”

# ნარჩენები და ბიოტრანსფორმაცია

თბილისი 2018

**ავტორი: ნინო ზაქარიაშვილი**

ბიოლოგიის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის, სერგი დურმიშიძის ბიოქიმიისა

და ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი

## სარჩევი

1. შესავალი .....	4
2. სოფლის მეურნეობის ნარჩენები .....	9
3. სოფლის მეურნეობის ნარჩენები და ბიოენერგეტიკა .....	15
4. სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების გადამუშავება უჟანგბადო (ანაერობულ) პირობებში.....	16
5. ბიომასის მეთანური დუღილი.....	18
6. ბიოგაზის დანადგარები .....	19
7. მეთანოგენეზის მნიშვნელობა.....	24
8. სოფლის მეურნეობის ნარჩენების აერობული კონვერსია.....	25
9. მყარი ალტერნატიული საწვავი - ბიობრიკეტები .....	28
10. საკვები ცილის დეფიციტის შევსება სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბიოკონვერსიის საფუძველზე.....	30
11. ცილით მდიდარი საკვები დანამატების წარმოების ტექნოლოგიები.....	33
12. საჭმელი სოკოების კულტივირება სოფლის მეურნეობის ნარჩენებზე.....	35
13. სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბიოგადამუშავება და ბიოჰუმუსი .....	42
14. გამოყენებული ლიტერატურა.....	46

## შესავალი

ცივილიზაციისთვის დამახასიათებელმა ბიოსფეროს დაბინძურებამ იმდენად მწვავე ხასიათი მიიღო, რომ დღეს უკვე დაბინძურებულია სიცოცხლის სამივე საარსებო გარემო - ნიადაგი, წყალი და ატმოსფერო. ანთროპოგენული წარმოშობის ტოქსიკანტების ყოველწლიურად მზარდი ნაკადი პირდაპირ მიუთითებს იმაზე, რომ **კაცობრიობამ უნდა შეცვალოს განვითარების გზები და ისწავლოს ნარჩენების მართვა.**

წინამდებარე პუბლიკაცია ნარჩენთა ერთ-ერთ კატეგორიას - სოფლის მეურნეობის ნარჩენებს და მათი ბიოლოგიური მართვის თანამედროვე ტექნოლოგიებს ეხება.

უახლოეს წარსულში სახელმწიფოთა უმრავლესობის ეკონომიკას, ძირითადად, სოფლის მეურნეობა განსაზღვრავდა. სოფლის მეურნეობა დღესაც განიხილება, როგორც - ინდუსტრიალიზაციის წინაპირობა და ეკონომიკის ერთ-ერთი მძლავრი ბერკეტი, რომელიც მნიშვნელოვნად ამცირებს ქვეყნის დამოკიდებულებას იმპორტზე.

საქართველო ისტორიულად აგრარული ქვეყანაა და სოფლის მეურნეობა აქ, ალბათ, დიდხანს დარჩება წამყვან სამეურნეო საქმიანობად. ქართველ მეცნიერებსა და საზოგადო მოღვაწეებს ერთი აზრი გააჩნიათ იმის თაობაზე, რომ აგრარული სექტორის განვითარება ქვეყნისთვის სტრატეგიული მნიშვნელობის საკითხია; რომ სოფლის მეურნეობას და სურსათის წარმოებას არ შეიძლება მეორეხარისხოვანი როლი დაეკისროს; საქართველოში სიღარიბის დაძლევა ამ დარგის განვითარების გარეშე შეუძლებელია, ამიტომ სოფლის მეურნეობის განვითარების სტრატეგიის შემუშავებისას, აუცილებელია ყველა იმ ასპექტის გათვალისწინება, რომელიც ხელს შეუწყობს ქვეყნის აგრარული პოტენციალის მაქსიმალურ რეალიზაციას. გონივრული იქნება, თუ ამ პოტენციალს სოფლის მეურნეობისა და გადამამუშავებელი მრეწველობის ნარჩენებსაც მივაკუთვნებთ.

ექსპერტთა მონაცემებით, საქართველოში სოფლის მეურნეობის მცენარეული წარმოშობის ნარჩენების საერთო რაოდენობა წელიწადში ათასობით ტონას სცილდება. თუ ამას ასეულ ათასობით ტონა მეცხოველეობის ნარჩენსაც დავუმატებთ, ამ კატეგორიის სუბსტრატების საკმაოდ მაღალ რაოდენობას მივიღებთ. ეს ნარჩენები, გარდა იმისა, რომ იკავებს უზარმაზარ ფართობს, ხელს უწყობს პათოგენური მიკროორგანიზმების განვითარებას და ეკოლოგიური დისბალანსის მიზეზადაც შეიძლება იქცეს. ეს განსაკუთრებით ეხება მეცხოველეობის ფერმების ნარჩენებს, რომლებიც რაოდენობით მნიშვნელოვნად აჭარბებს თითქმის ყველა კატეგორიის ნარჩენს, მათ შორის - მუნიციპალურსაც. საქმე იმაშია, რომ ცხოველთა დაკვლა-გადამუშავების შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენები წყალსატევებსა და ნიადაგში მოხვედრისას არასასურველ ეკოლოგიურ

პროცესებს იწვევს: განვითარებას იწყებს არადამახასიათებელი ბაქტერიები და წყალმცენარეები, იზრდება გრუნტის წყლების ინფიცირების რისკი. ამიტომ მეცხოველეობის ნარჩენები სუბსტრატთა იმ ჯგუფს განეკუთვნება, რომელთა უტილიზაცია გადაუდებელი ეკოლოგიური ღონისძიებაა.

ბუნებრივია, ჩნდება კითხვა, თუ რა გზით უნდა მოხდეს ამ კატეგორიის ნარჩენების უსაფრთხო და რენტაბელური მართვა?

სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ლიკვიდაცია პირდაპირი წვის გზით, პრობლემის არარაციონალური და ეკოლოგიურად სახიფათო გადაჭრა იქნება, რადგან ამგვარი მიდგომა კიდევ უფრო დაამძიმებს ნახშირორჟანგით ატმოსფეროს დაბინძურების პრობლემას. მოწინავე ქვეყნების გამოცდილება ცხადყოფს, რომ ამ, ერთი შეხედვით, გამოუსადეგარი ნედლეულების ბიოლოგიური გადამუშავების საფუძველზე ძვირფასი მიზნობრივი პროდუქტების მიღება და ერთდროულად რამოდენიმე პრობლემის გადაჭრაა შესაძლებელი. კერძოდ:

1. საკვები ცილის დეფიციტის შევსება
2. აგრარული სექტორის ენერჯო- რესურსების შევსება
3. მაღალი ღირებულების ბიოსასუქის მიღება
4. ნარჩენების, როგორც პოტენციური ეკოლოგიური დამაბინძურებლის, უტილიზაცია.

ცნობილია, რომ ადამიანისთვის სასიცოცხლოდ აუცილებელი ერთ-ერთი კომპონენტის - ცილის მიღების ძირითადი წყარო - სასოფლო-სამეურნეო ცხოველები და მცენარეები - უკვე ვეღარ აკმაყოფილებს კაცობრიობის მზარდ კვებით მოთხოვნილებებს. ამის გარდა, მოსახლეობის თითქმის ერთი მესამედი განიცდის ისეთი საკვები კომპონენტების მწვავე უკმარისობას, როგორცაა: ცხიმები, ცილები, ნახშირწყლები, ვიტამინები, ფუნქციური ინგრედიენტები და ა.შ. **ბალანსირებული საკვების მიღების** ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საშუალებად, დღეს, მიჩნეულია ცილით და სხვა ფიზიოლოგიურად აქტიური ნაერთებით გამდიდრებული საკვები დანამატების წარმოება, მცენარეული წარმოშობის ნარჩენების მიკრობიოლოგიური კონვერსიის საფუძველზე.

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ წარმოებაზე თანაბარი დანახარჯების პირობებში, მიკრობული ცილა მთელ რიგ უპირატესობებს ფლობს მცენარეულთან შედარებით: ის გაცილებით სრულფასოვანია, ხასიათდება მონელებადობის მაღალი ხარისხით, გამოირჩევა ბიოაქტიური კომპონენტების, ვიტამინების, ცხიმების, მინერალების და სხვა სასიცოცხლო ნაერთების მაღალი შემცველობით. მიკრობული ცილის წარმოების უნარჩენო ტექნოლოგიები არ საჭიროებს სავარგულების დიდ ფართობებს, დამოკიდებული არაა კლიმატურ პირობებზე და ექვემდებარება დაგეგმვა- რეგულირებას. მცენარეული ნარჩენების ბიოტრანსფორმაციით მიღებული ასეთი პროდუქტები დღეს წარმატებით

გამოიყენება აშშ-ში, კორეაში, გერმანიაში, იაპონიასა და ჩინეთში ადამიანების, ცხოველებისა და ფრინველების საკვები რაციონის ბალანსირების მიზნით.

ნარჩენთა გადამუშავების ამ პრიორიტეტული მიმართულების განვითარებისთვის ჩვენს ქვეყანაში მრავალი წინაპირობა არსებობს. ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მათგან საქართველოს განახლებადი ბიომასის რესურსია, რომლის ბიოტრანსფორმაციით შესაძლებელია სხვა, არანაკლებ მნიშვნელოვანი პრობლემის გადაჭრა; კერძოდ, სოფლის მეურნეობის ენერგორესურსების შევსება. ცნობილია, რომ საქართველოში მხოლოდ მარცვლოვანი კულტურების წარმოების შედეგად ყოველწლიურად დაახლოებით 1,6 მლნ.მ<sup>3</sup> ბიომასა რჩება, მეცხოველეობის ფერმებში კი 2 მლნ. ტ-მდე ნარჩენი გროვდება. ადამიანთა მცირე ნაწილმა თუ იცის, რა რაოდენობის თბური ენერგია და ბიოგაზი შეიძლება მივიღოთ ამ კატეგორიის სუბსტრატებიდან. საქართველოს მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის ნარჩენების სრული ენერგეტიკული პოტენციალი, დაახლოებით, 6,9 მლრდ. კვტსთ-ისა და 734 მლნ.მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის ექვივალენტურადაა შეფასებული ექსპერტების მიერ. დადგენილია, რომ მეძროხეობის ფერმის ერთი ტონა ნარჩენიდან მიიღება 5-60მ<sup>3</sup> ნედლი გაზი, რომელშიც 60% ბიომეთანია. ის არაფრით განსხვავდება ბუნებრივი აირისგან. ბიოგაზის წარმოება არ მოითხოვს დიდ ფინანსურ დანახარჯებს და პრაქტიკულად, შეიძლება ვაწარმოოთ ნებისმიერ გლეხურ, საოჯახო მეურნეობაში, სადაც ნაკელი და მცენარეული წარმოშობის ნარჩენები გროვდება. ამრიგად, ამ ნარჩენების სახით საქართველოს გააჩნია პერსპექტიული რესურსი ქვეყნის ენერგეტიკის, ეკონომიკისა და ეკოლოგიური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად.

ცნობილია, რომ აგრარულ სექტორში კულტურულ მცენარეთა მოსავლიანობის ამაღლების მიზნით, ქიმიური სასუქებისა და ზრდის სტიმულატორების არასწორმა გამოყენებამ გამოიწვია ნიადაგის, საკვები მცენარეული პროდუქტების, სასმელი და სარწყავი წყლების მასიური დაბინძურება. სწორედ სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციას უკავშირდება ცოცხალი ორგანიზმების არა მხოლოდ მოწამვლა, არამედ-მთელი რიგი მძიმე დაავადებების პროვოცირება, რაც ხშირად ლეტალური შედეგით მთავრდება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ძალზედ აქტუალურია ქიმიური სასუქებისა და ზრდის სტიმულატორების ჩანაცვლება ეკოლოგიურად უსაფრთხო საშუალებებით. ამ თვალსაზრისით, ქიმიკატების იდეალურ ალტერნატივას წარმოადგენს ბიოგაზის დანადგარიდან მიღებული ბიომასა. ის გახლავთ საუკეთესო ორგანული სასუქი, რომელიც საქონლის ნაკელთან შედარებით 30%-ით მეტ ბუნებრივ აზოტს შეიცავს. დადგენილია, რომ ბიოსასუქის გამოყენებით კულტურულ მცენარეთა მოსავლიანობა იზრდება 10-15%-ით და ამავე დროს, ქიმიკატებით გრუნტის წყლების დაბინძურების რისკიც მცირდება. აღსანიშნავია,

რომ მაღალი ბიოლოგიური ღირებულების სასუქი-ბიოჰუმუსი, ასევე შეიძლება, მივიღოთ სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბიოგადამუშავების სხვა ტექნოლოგიითაც, კერძოდ, ვერმიკულტივირების საფუძველზე. ვერმიკულტივირება წარმოადგენს ბიოტექნოლოგიის ახალ მიმართულებას, რომელიც არსებითად ზღუდავს გარემოს დაბინძურებას სხვადასხვა პოლუტანტით. ბიოჰუმუსი თავის მხრივ, დადებითად მოქმედებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე და მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს პროდუქციის ხარისხს: დადგენილია, რომ ბიოჰუმუსის გავლენით მარცვლოვნების მოსავალი იზრდება 30-40%-ით, ხოლო ბოსტნეულსა და მცენარეთა ნაყოფებში C ვიტამინის შემცველობა მატულობს.

ბოლო წლებში აქტუალური გახდა ე.წ მყარი ბიოსაწვავის - ბრიკეტების წარმოება. ბიობრიკეტები ბიოლოგიური წარმოშობის მყარი ნარჩენებისგან: მრეწველობის, სასოფლო-სამეურნეო (სიმინდის, მზესუმზირის, თხილის, ბალახის, ხილის, ბოსტნეულის), ქაღალდის, ხე-ტყის გადამუშავების ტოტების, ნაფოტების, ბურბუშელას, ნახერხის და სხვა მცენარეული ნარჩენებიდან მზადდება. საქართველოს გააჩნია ბიონარჩენების დიდი მარაგი, რომლის გამოყენებაც თავისუფლად შეიძლება ბიობრიკეტების დასამზადებლად. აღნიშნული მარაგის გადამუშავება საშუალებას მოგვცემს თავიდან ავიცილოთ ხე-ტყის განადგურებაც. ზოგიერთი ექსპერტის მონაცემით, მხოლოდ გასათბობად საქართველოში დაახლოებით 5 მლნ. მ<sup>3</sup> ხე-ტყე იჩეხება. მაშინ, როდესაც საქართველოში არსებული თხილისა და ხის გადამუშავების შედეგად მიღებული ნარჩენებისგან ყოველწლიურად შესაძლებელია, დამზადდეს ეკოლოგიურად სუფთა, ეკონომიურად იაფი, მაღალი წვის სითბოს მქონე 380-400 ათასი ტონა ბიოსაწვავი, რაც შემაზე მოთხოვნილების 75%-ს შეადგენს.

და ბოლოს, სოფლის მეურნეობის მცენარეული წარმოშობის ისეთი ნარჩენები, როგორცაა: ნამჯა, თივა, ჩალა, ვაზის ანასხლავები და სხვ., ფერმერმა საოჯახო მეურნეობაში საჭმელი სოკოს მოსაშენებლად შეიძლება, გამოიყენოს. სახელმწიფოს მხრიდან პროტექციონისტული პოლიტიკის გატარების შემთხვევაში, სოკოს ნაყოფსხეულების მიღება ფერმერული მეურნეობიდან, შეიძლება მცირე, ან საშუალო ბიზნესადაც იქცეს.

საქართველოს აგრარულ სექტორში თანამედროვე ბიოტექნოლოგიების დანერგვა დღის წესრიგში აყენებს მთელი ქვეყნის მასშტაბით სოფლის მეურნეობის ნარჩენების რაოდენობრივი და თვისობრივი აღრიცხვის აუცილებლობას. ლიტერატურაში არსებული მონაცემები ამ მნიშვნელოვანი მახასიათებლის შესახებ ურთიერთგამომრიცხავი და არასარწმუნოა. ამასთან, ნარჩენების გადამუშავების კონკრეტული ტექნოლოგიის მისადაგება უნდა მოხდეს ცალკეული რეგიონის აგრობიოლოგიური სპეციფიკის გათვალისწინებით. მაგალითად, მაღალმთიან რეგიონებში, სადაც ძირითად

სამეურნეო საქმიანობას მეცხოველეობა წარმოადგენს, მიზანშეწონილია ბიოგაზის დანადგარების მონტაჟი. თუმცა, ბიოსასუქისა და ბიოგაზის მიღება შესაძლებელია ყველა იმ რეგიონში, სადაც საკმარისი რაოდენობით გროვდება ნაკელი და მცენარეული ნარჩენები. წალკისა და სამცხე-ჯავახეთის რეგიონებში ორიენტირება უნდა მოხდეს კარტოფილისა და ბოსტნეულის გადამუშავების ნარჩენებზე. კარტოფილის ნაფცქვენები და მოსავლის აღების შედეგად დარჩენილი მიწისზედა ნაწილები ხელსაყრელი სუბსტრატია ცილით მდიდარი ბიოდანამატების წარმოებისათვის. არატოქსიკური საკვები დანამატების მიღება ბოსტნეულის გადამუშავების შედეგად დარჩენილი ნარჩენებიდანაცაა შესაძლებელია.

საქართველოს დასავლეთ და აღმოსავლეთ რეგიონებში სიმინდის განსხვავებული ჯიშები მოჰყავთ. ეს კულტურა განსაკუთრებით პოპულარულია სამეგრელოში, იმერეთსა და გურიაში. სიმინდის უხვი და მაღალხარისხიანი მოსავალი მოდის კახეთის მაღლობ ზონებშიც. მოსავლის აღების შედეგად დარჩენილი აღნიშნული მცენარის ბიომასა, მიკრობული კონვერსიის გზით, ადვილად შეიძლება გამდიდრდეს ცილით და ფიზიოლოგიურად აქტიური ნაერთებით. ამ ნარჩენებზე წარმატებით შეიძლება მოვაშენოთ საჭმელი სოკოებიც.

ცალკე განხილვის საგანია ხეხილი და დასავლეთ საქართველოს ციტრუსოვანი კულტურები, რომელთა გადამუშავება კვების მრეწველობის სფეროს უფრო წარმოადგენს, ვიდრე, სოფლის მეურნეობისას. წვენების წარმოების ნარჩენი ციტრუსის ქერქი და ხილის გამონაწერი იდეალური სუბსტრატია მაღალი კვებითი ღირებულების საკვები დანამატების წარმოებისათვის. ნარჩენთა შეგროვებისა და ტრანსპორტირების ხარჯების აცილების მიზნით, რენტაბელურია ბიოდანამატების წარმოების ინტეგრაცია წვენების მწარმოებელ ქარხანასთან.

საქართველოს ყველა იმ რეგიონში, სადაც გროვდება სიმინდის, მზესუმზირის, თხილის, ბალახის, ხილის, ბოსტნეულის მყარი ნარჩენები, ნაფოტები, ხე-ტყის გადამუშავების ტოტები, ბურბუშელა, ნახერხი - თავისუფლად შესაძლებელია ბიობრიკეტების წარმოების განვითარება.

ამრიგად, საქართველოს აგრარულ სექტორში არსებული, აქამდე გამოუყენებელი რესურსების ბიოლოგიური გადამუშავების დაწყება ქვეყანაში აგრობიზნესის განვითარებისა და სიღარიბის დაძლევის მნიშვნელოვანი სტიმული და რეალური შესაძლებლობაა, რომელიც ახალ სამუშაო ადგილებსაც შექმნის და სოფლიდან მოსახლეობის მიგრაციასაც შემცირებს.

## სოფლის მეურნეობის ნარჩენები

დედამიწის ბუნებრივი რესურსების არარაციონალურმა გამოყენებამ, ინდუსტრიალიზაციის ტემპის დაჩქარებამ და პროდუქციის მოხმარების განუხრელმა ზრდამ, მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში „ნარჩენების კრიზისი“ გამოიწვია. დღეს აღარ არსებობს ისეთი სახელმწიფო, ნარჩენებთან დაკავშირებული პრობლემა რომ არ ჰქონდეს.

ამავე დროს, წარმოიშვა მეორე გლობალური პრობლემა, რომელიც საწვავი წიაღისეულის კოლოსალური მასშტაბებით გამოყენებას უკავშირდება. ექსპერტების მონაცემებით, მოხმარების ზრდის დღევანდელი ტემპის პირობებში დარჩენილი ქვანახშირის მარაგი საკმარისი იქნება დაახლოებით 270, ურანის–100, ნავთობის 35–40, გაზის -50 წელს. ამრიგად, თუ დროულად არ დამუშავდა ალტერნატიული საწვავის მსხვილმასშტაბიანი წარმოების იაფი ტექნოლოგია, კაცობრიობა აღნიშნული რესურსის გარეშე შეიძლება დარჩეს. დედამიწაზე კლიმატის ცვლილებასაც ენერგორესურსების ინტენსიურ მოხმარებას უკავშირებენ: გლობალური სათბური აირების 65% სწორედ ენერგეტიკაზე მოდის.

ორივე გლობალური პრობლემა: **საწვავი რესურსების უკმარისობა და გარემოს დაბინძურება** ერთმნიშვნელოვნად უკავშირდება პლანეტის მოსახლეობის არაპროგნოზირებად ზრდას. არსებული მონაცემებით, მე-20 საუკუნის დასასრულს მსოფლიოს მოსახლეობამ 6 მილიარდი შეადგინა. ექსპერტები ვარაუდობენ, რომ 2050 წლისთვის ეს მაჩვენებელი 10 მილიარდს მიაღწევს. ტრადიციული სოფლის მეურნეობა დიდი ხანია ვეღარ უმკლავდება არნახულად გაზრდილი მოსახლეობის მოთხოვნილებებს საკვებ პროდუქტებზე. დღითი-დღე აშკარა ხდება, რომ ბიოსფეროს პროდუქტიულობასაც საზღვრები გააჩნია. მსოფლიოს წინაშე მწვავედ დადგა მესამე გლობალური პრობლემა - **საკვების დეფიციტის შევსების აუცილებლობა.**

ბიოსფეროს დაბინძურება, კლიმატის ცვლილების სავალალო შედეგები, საწვავის ბუნებრივი საბადოების ამოწურვადობა და საკვები რესურსების დეფიციტი მოითხოვს შემუშავდეს ისეთი ეკოლოგიურად უსაფრთხო ტექნოლოგიები, რომელებიც დაფუძნებული იქნება იაფი, არატრადიციული ნედლეულიდან ალტერნატიული საწვავის, საკვებისა და სხვა მნიშვნელოვანი პროდუქტების მიღებაზე.

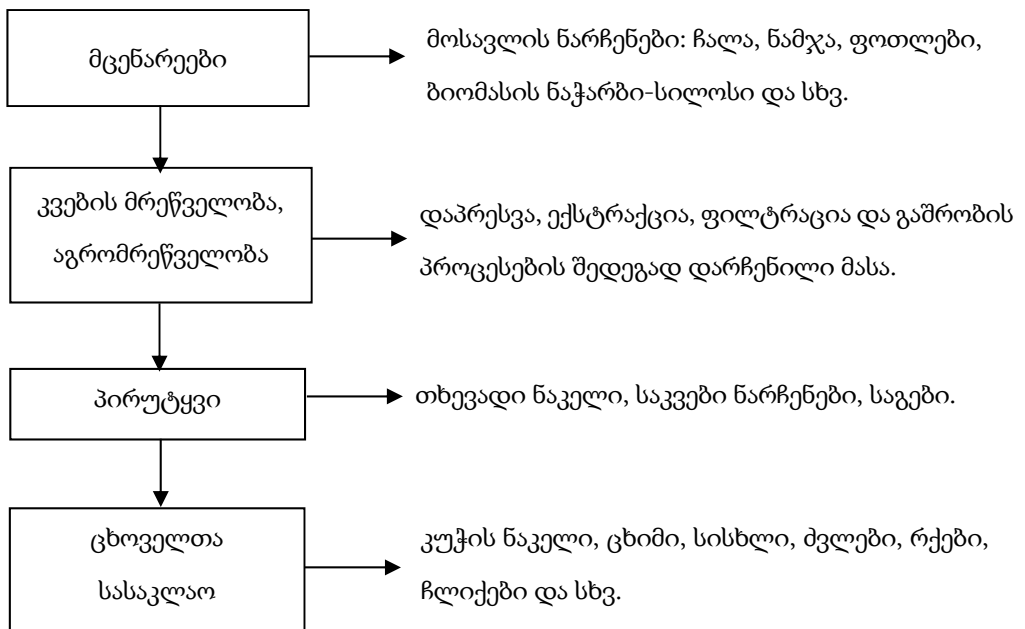
ამგვარ პერსპექტიულ ნედლეულებად, შეიძლება მივიჩნიოთ ნარჩენთა ერთ-ერთი კატეგორია - სოფლის მეურნეობის ნარჩენები. ცნობილია, რომ განვი-

თარებულ ქვეყნებში წარმოქმნილი ნარჩენების მთლიანი რაოდენობის დაახლოებით ორი მესამედი სწორედ სოფლის მეურნეობასა და გადამამუშავებელ მრეწველობაზე მოდის.

არსებული განმარტებით, ნარჩენებად ითვლება სუბსტრატების ის კატეგორია, რომელთა შემდგომი გადამამუშავება მოცემული ტექნოლოგიური პროცესის ფარგლებში შეუძლებელი, ან ეკონომიურად გაუმართლებელია.

ნარჩენთა გადამამუშავება ორ ძირითად ამოცანას ემსახურება: მიზნობრივი პროდუქტის შექმნისთვის ეკონომიურად მისაღები ტექნოლოგიის შემუშავებასა და პოტენციური ეკოლოგიური გამაჭუჭყიანებლის უტილიზაციას.

სქემაზე წარმოდგენილია აგროსამრეწველო კომპლექსში ნარჩენთა წარმოქმნის ძირითადი წყაროები:



ცნობილია, რომ სოფლის მეურნეობაში წარმოიქმნება ორი კატეგორიის ნარჩენი: მემცენარეობისა და მეცხოველეობის ნარჩენები. ეს სუბსტრატები ძირითადად იმით განსხვავდება ერთმანეთისგან, რომ მემცენარეობის ნარჩენების მთავარი შემადგენელი კომპონენტები „ხელუხლებელია“ (ნატიურია), არ განუცდია ბაქტერიული და ფერმენტული გარდაქმნები, მაშინ როდესაც, მეცხოველეობის ნარჩენების უმრავლესობა გადამამუშავებულია საჭმლის მომწელებელ სისტემაში და გამდიდრებულია ორგანო-მინერალური ნაერთებით.

სწორედ ამიტომ, ცხოველური წარმოშობის ნარჩენები იდეალურ ნედლეულს წარმოადგენს შემდგომი გამოყენებისთვის.

აგრარულ სექტორში მცენარეული ნარჩენები წარმოიქმნება მარცვლეულის, კარტოფილის, ბოსტნეულისა და ბაღჩეულის მოსავლის აღების შემდეგ დარჩენილი, საჭმელად უვარგისი ბიომასისგან. რადგან პათოგენური მიკროფლორით ამ ნარჩენების მიკრობიოლოგიური მოწამვლა უმნიშვნელოა, ამიტომ მათ აშრობენ, ფქვავენ და აბრუნებენ ნიადაგში, როგორც ორგანული საკვების წყაროს.



**მოსავლის აღების შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენები**

აბსოლუტურად გაუმართლებელია სოფლის მეურნეობის მცენარეული წარმოშობის ნარჩენების დაწვის პრაქტიკა. სამწუხაროდ, როგორც წესი, მოსავლის აღების შემდეგ, ნაკვეთის განთავისუფლების მიზნით, მიწის კულტივაციამდე, მიმართვენ ნარჩენების დაწვას. არსებობს არასწორი წარმოდგენა იმის თაობაზე, რომ ფერფლი ამდიდრებს ნიადაგს მინერალებით და ცეცხლი უმკლავდება მავნებლებს. სინამდვილეში, ხანძრები უარყოფითად მოქმედებს ნიადაგზე და ანადგურებს იქ არსებულ ორგანულ ნივთიერებებს. რაც შეეხება ფერფლს, იგი მარტივად მიმოიფანტება ქარით ან ირეცხება წვიმისგან.

ნარჩენთა სხვა წყაროა მცენარეული ბიომასის ის ნაწილი, რომელიც შეიცავს ისეთ ძვირფას ნივთიერებებს, როგორცაა: ნახშირწყლები, ორგანული მჟავები, ცილები, ცხიმები და სხვ., მაგრამ არ ხერხდება მისი ტექნოლოგიური გადამუშავება.

ნარჩენთა მესამე კატეგორია არაკონდიციური პროდუქტებია, რომლებიც ვერ გაიყიდა შენახვით გათვალისწინებულ დროში - ხილი, ბოსტნეული, კონსერვები და რელიზაციისთვის მზა სხვა პროდუქტები.



**არაკონდიციური პროდუქტები**

რაც შეეხება ცხოველური წარმოშობის ნარჩენებს, ის ძირითადად, წარმოიქმნება ნაკელის სახით, ცხოველთა საგების, დაკვლისა და ხორცის გადამუშავების შედეგად.

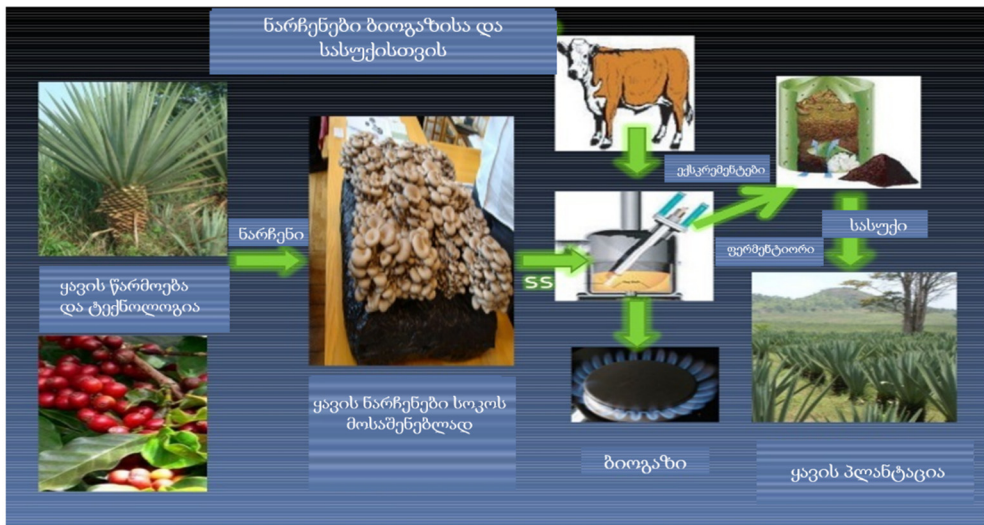


**ცხოველური წარმოშობის ნარჩენები**

აღნიშნულ პროცესებს თან ახლავს სპეციფიკური ეკოლოგიური პრობლემები, კერძოდ, ამიაკის, მეთანისა და სხვა ე.წ. „გამახალისებელი აირების“ გამოყოფა, რაც უარყოფითად მოქმედებს ჰაერის ქიმიურ შემადგენლობაზე. განსაკუთრებით სახიფათოა ცხოველთა შიგნეულის მოხვედრა ნიადაგში, რადგან ეს ხელს უწყობს აზოტით, ფოსფორითა და კალიუმით მიწისქვეშა წყლების ეუტროფიკაციას და არადამახასიათებელი, პათოგენური ბაქტერიებისა და წყალმცენარეების გამრავლებას. ამრიგად, მეცხოველეობის ნარჩენები ეკოლოგიური სამსახურებისა და ჯანდაცვის ორგანიზაციების მხრიდან განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს და დღის წესრიგში აყენებს გადამუშავების ხარისხობრივად ახალი ტექნოლოგიების შექმნის აუცილებლობას.

**ცნობილია სოფლის მეურნეობის ნარჩენების მართვის სამი განსხვავებული სტრატეგია: ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური. უკანასკნელ წლებში უპირატესობა ბიოლოგიურ პრინციპებზე დაფუძნებულ ტექნოლოგიებს მიენიჭა.**

ბიოტექნოლოგიების მთავარი უპირატესობა მათ ეკონომიურ ეფექტურობაში მდგომარეობს, რადგან გარემოს გასუფთავების გარდა, ამ გზით შესაძლებელია, მივიღოთ მთელი რიგი ძვირფასი პროდუქტები: ბიოსაწვავი, ბიოჰუმუსი, ადამიანის, ფრინველისა და ცხოველის საკვები დანამატები, საჭმელი სოკოები და სხვ.



შესაბამისად, აგროსამრეწველო კომპლექსის მთელი რიგი ნარჩენები, შეიძლება, მივაკუთვნოთ ისეთ განახლებად რესურსებს, რომლებიც ნამდვილად იმსახურებს ყურადღებას. ცხრილში წარმოდგენილია ნარჩენთა ის კატეგორია, რომელთა ბიოლოგიური გადამუშავება ეკონომიურად მომგებიანია.



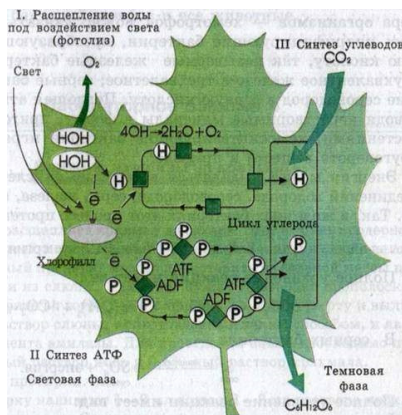
**ბიოტექნოლოგიაში გამოყენებული ნარჩენების კატორიები**

სოფლის მეურნეობა და კვების მრეწველობა	მეტყევეობა	მრეწველობა
<p>თივა, შაქრის ჭარხლის გადამუშავების ნარჩენები (მელასა), სიმინდის ჩალა, ჩაის, ყავის, კაკაოს წარმოების ნარჩენები, ქოქოსის, თხილის ნაჭუჭი, ზეთოვანი თესლის კანი, ბამბის გადამუშავების ნარჩენები, პომიდვრის კანი, ღვინის ლექი, ნაყოფის ჩენჩო, ბოსტნეულის საჭმელად უვარგისი ნაწილი, ვაზისა და ხეხილის ანახლავები, მეცხოველეობის ნარჩენები, ცხოველთა დაკვლის შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენები და სხვ.</p>	<p>ტყის გაწმენდის პროცესში წარმოქმნილი ხის მასა: ფოთლები, მოჭრილი ტოტები, ნაფოტები, მთლიანი ხეები და ა.შ.</p>	<p>შრატი, მუნიციპალური ნარჩენები, ჩამდინარე წყლები, სახამებლის წარმოების ნარჩენები, მიკროორგანიზმების კულტივირების შედეგად მიღებული ბიომასები, ქაღალდის წარმოების ნარჩენების სულფიტური პულპის სითხე, ცელულოზის ნარჩენი ბოჭკოები.</p>

ქვემოთ განვიხილავთ სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბიოლოგიური გადამუშავების იაფ, ეკოლოგიურად უსაფრთხო და უნარჩენო ტექნოლოგიებს, რომლებიც უკვე აპრობირებულია მოწინავე ქვეყნების აგრალურ სექტორში.

## სოფლის მეურნეობის ნარჩენები და ბიოენერგეტიკა

ბიომასა არის და მომავალშიც იქნება ენერგიაზე ადამიანის მოთხოვნილების დაკმაყოფილების ერთ-ერთი ძირითადი წყარო. ბიომასის ზოგად ტერმინში იგულისხმება ყველაფერი ის, რისგანაც შედგება დედამიწაზე არსებული მცენარეული საფარი და ცხოველური ორგანიზმები. ენერგეტიკაში ბიომასას შემდეგნაირად განსაზღვრავენ: **ბიომასა არის ორგანული მასა, რომელიც წარმოიქმნება მცენარეულ ორგანიზმებში მიმდინარე ფოტოსინთეზის შედეგად, ასევე - ცხოველური ორგანიზმების ცხოველმოქმედებისა და ადამიანის საქმიანობის შედეგად.**



ბიომასაში ქიმიური ბმების სახით „შეფუთული“ ენერგია არის, ერთის მხრივ, მზის ენერჯის აკუმულირების (ფოტოსინთეზის) შედეგი, მეორეს მხრივ, ის წარმოადგენს შინაური ცხოველების ცხოველმოქმედებისა და ადამიანის საქმიანობის შედეგად წარმოქმნილ ნარჩენებში არსებულ ენერჯას. ამრიგად, **ბიომასაში „ჩადებულია“ ენერგია, რომელიც შეიძლება, გარდაიქმნას ენერჯის სხვადასხვა ფორმად.**

არსებული მონაცემებით, ყოველწლიურად საქართველოში 4.4 მლნ. ტონამდე სხვადასხვა სახის ბიომასა გროვდება, რომლის ენერგეტიკული პოტენციალი 12.5 მლნ კვტ. სთ-ს შეადგენს წელიწადში. სამწუხაროდ, ამ

პოტენციალის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი გამოიყენება ენერჯის მისაღებად. საქართველოში ბიომასის გამოყენების თვალსაზრისით ყველაზე პოპულარულ ენერგეტიკულ რესურსს შემა წარმოადგენს, რომელიც გასათბობად და საჭმლის მოსამზადებლად გამოიყენება. ამ მიზნისთვის ყოველწლიურად დაახლოებით 5 მლნ. მ<sup>3</sup> შემა იჭრება, რაც უარყოფითად აისახება საქართველოს ტყეების ეკოსისტემაზე.

ბიომასის მარაგის ეფექტური გამოყენებით, შესაძლებელია **ბიოსაწვავის** დამზადება და ენერგეტიკული რესურსის არა მხოლოდ დაზოგვა, არამედ-ენერჯიაზე მრავალფეროვანი მოთხოვნილებების დაკმაყოფილება: ელექტროენერჯის გენერირება, სახლების გათბობა, მანქანების საწვავით მომარაგება, ინდუსტრიული ობიექტების სითბური ენერჯიით უზრუნველყოფა და ა.შ.

დღეს **ბიოსაწვავს** განიხილავენ, როგორც ნავთობის არასტაბილურ ფასებთან და გლობალურ დათბობასთან ბრძოლის ერთ-ერთ რეალურ შესაძლებლობას, განსაკუთრებით პერსპექტიულად ბიოსაწვავი მისი სიიაფის გამო უნდა ჩაითვალოს.

იმ მცენარეული ბიომასიდან, რომელსაც შეიცავს სასოფლო-სამეურნეო, სატყეო, მუნიციპალური და სხვა ნარჩენები, სხვადასხვა ტექნოლოგიებით შესაძლებელია მყარი, თხევადი და აირადი ბიოსაწვავის მიღება.

არსებობს სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების ბიოლოგიური გადამუშავების ორი პრინციპულად განსხვავებული ხერხი: **აერობული და ანაერობული**.

## **სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების გადამუშავება უჟანგბადო (ანაერობულ) პირობებში**

### **ბიოგაზი**

ცნობილია, რომ მიკროორგანიზმები უჟანგბადო პირობებში იწვევენ ორგანული ნარჩენების დუღილს და წარმოქმნიან ნედლ გაზს, ე.წ. **ბიოაირს**.

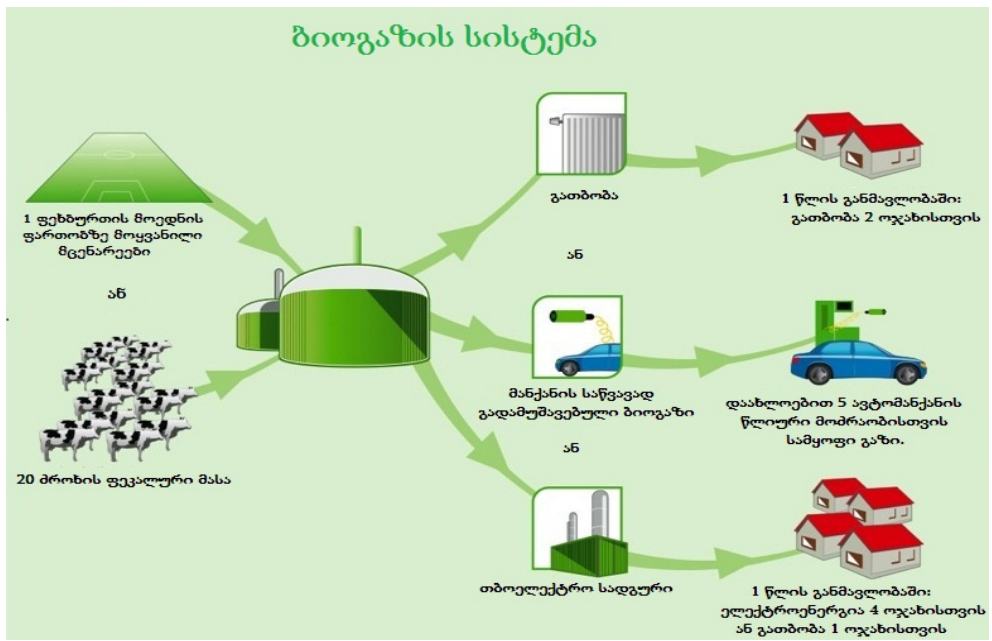
**ბიოაირი** ის ენერგეტიკული რესურსია, რომელიც ჯერ კიდევ ანტიკურ პერიოდში გამოიყენებოდა და ხელახლა „აღმოაჩინეს“ ჩვენს დროში. იგი წარმოიქმნება სხვადასხვა წარმოშობის ორგანული ნარჩენების (უპირატესად ნაკელის, ჩალის, სილოსის და სხვ.) ანაერობული ფერმენტაციის შედეგად. ერთი სიტყვით, ბიოაირის ენერჯია არის ნებისმიერ ორგანულ ნივთიერებაში: ფოთოლში, ბალახში, პირუტყვისა და ფრინველის ექსკრემენტებში, ნემომპალაში.

ბიოაირი წარმოადგენს გაზების ნარევს, რომელიც უპირატესად შედგება მეთანისა (60-75%) და ნახშირორჟანგისგან (30%), ის შედარებით მცირე რაოდენობით შეიცავს აზოტს, გოგირდწყალბადასა და წყალბადას. ბიოაირის შემადგენელ მეთანს სხვანაირად ბიოგაზსაც უწოდებენ. 1მ<sup>3</sup> ბიოგაზი ექვივალენტურია 0.6 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის, 0.7 ლ. მაზუთის, 0.4 ლ. ბენზინისა და - 3,5კგ. შეშის.

დადგენილია, რომ რქოსანი საქონლის ნედლი ნაკელის ყოველი 1 კგ-დან მიიღება 0.04 მ<sup>3</sup> გაზი, რომელშიც მეთანის შემცველობა 57-60%-ია, რაც ნიშნავს იმას, რომ ყოველი ერთი ტონა ნარჩენიდან შეიძლება, წარმოებულ იყოს 40მ<sup>3</sup> გაზი, რაც დაახლოებით 214 კგ. კოქსის ტოლფასია. გამოთვლილია, რომ 1000 სული ღორისა და 180 სული რქოსანი პირუტყვის ნაკელიდან შესაძლებელია, დღეში ვაწარმოოთ 300მ<sup>3</sup> გაზი, რაც 225ლ. დიზელის ექვივალენტურია.

ბიოაირის წარმოების დიდი პერსპექტივა ისახება მეფრინველეობის სფეროშიც. მაგალითად, 500000 ფრთა ბროილერის ქათმის ფერმაში არსებული ნარჩენებიდან შეიძლება, მიღებულ იქნას 385მ<sup>3</sup> გაზი, რაც უზრუნველყოფს 90 კვტ სიმძლავრის ელექტროგენერატორის მუშაობას, ფერმის განათებას და გათბობას.

სურათზე წარმოდგენილი პოპულარული სქემა მარტივად და გასაგებად წარმოაჩენს 20 სული ძროხის ნაკელისა და ერთი ფეხბურთის მოედნის ტოლ ფართობზე მოყვანილი მცენარეებიდან მიღებული ბიოგაზის „დივიდენდებს“:



## ბიომასის მეთანური დუღილი

### რა არის დუღილი?

მარტივად რომ ვთქვათ, დუღილი არის სუნთქვა უჟანგბადო (ანაერობულ) პირობებში, რომელიც დამახასიათებელია ზოგიერთი ბაქტერიისა და ერთუჯრედიანი საფუარი სოკოსთვის. დუღილის მრავალი ტიპი არსებობს. ბიოგაზი მიიღება ბიომასის მეთანური დუღილის საფუძველზე. ეს პროცესი მეთანოგენეზის სახელითაა ცნობილი. ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული დუღილის ეს ტიპი ერთი რომელიმე მიკროორგანიზმის მოქმედების შედეგს არ წარმოადგენს: ბიოგაზის წარმოქმნაში მონაწილეობს მთელი მიკრობული ასოციაცია ე.წ. კონსორციუმი. მეთანოგენეზი საკმაოდ ხანგრძლივი პროცესია, რომლის მსვლელობისას ბაქტერიული კონსორციუმის მოქმედებით, რთული ორგანული სუბსტრატები (მცენარეული და ცხოველური ბიომასა) განიცდის ღრმა ბიოქიმიურ გარდაქმნებს და იშლება მარტივ კომპონენტებად, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მეთანი, ნახშირორჟანგი და სხვა თანაური პროდუქტები.

მეთანოგენეზი ოთხფაზიანი პროცესია. **პირველ ფაზაში (ჰიდროლიზის ფაზა)** ბიომასის შემადგენელი რთული ნივთიერებები მიკროორგანიზმების ფერმენტების ზემოქმედებით შედარებით დაბალმოლეკულურ ნაერთებად იშლება; **მეთანოგენეზის მეორე ფაზას** აქროლადი ცხიმოვანი მჟავების სინთეზის ფაზა ეწოდება. ამ ეტაპზე მეთანოგენეზის პირველ ფაზაში წარმოქმნილი მარტივი ნაერთები მიკროორგანიზმთა სხვა ჯგუფების მიერ ცხიმოვან მჟავებად იშლება. ამავე დროს, ამინომჟავების დაშლის შედეგად წარმოიქმნება ამიაკი, რასაც თან ახლავს მჟავების ნეიტრალიზაცია და pH-ის დონის სტაბილიზირება. **მეთანოგენეზის მესამე ფაზას აცეტოგენეზსაც** უწოდებენ. მიკრობულ ასოციაციაში არსებული აცეტოგენური ბაქტერიები წინა ეტაპზე წარმოქმნილ ცხიმოვან მჟავებს გარდაქმნიან მმარმჟავად და დიდი რაოდენობით ათავისუფლებენ წყალბადს. ბიოგაზი წარმოიქმნება **მეთანოგენეზის ბოლო ფაზაში**, სადაც მთავარ ფუნქციას მეთანოგენური არქეები ასრულებენ.

მეთანოგენეზი მიმდინარეობს ფართო ტემპერატურულ დიაპაზონში: 5°C-დან - 60°C-მდე. შესაბამისად, მეთანწარმოქმნელ ბაქტერიებს სამ ჯგუფად ყოფენ: 1. ფსიქროფილები - რომლებიც ბიოგაზს წარმოქმნიან 5°C-დან 29°C-ის ფარგლებში; 2. მეზოფილები - 30°C-დან 40°C - ის პირობებში; 3. თერმოფილები, რომელთა მოქმედება ეფექტურია 54°C-დან 56°C -მდე.

ტემპერატურის ზრდასთან ერთად მეთანოგენეზის ინტენსივობაც იზრდება და თითქმის 2-3-ჯერ ძლერდება თერმოფილურ რეჟიმში, ამიტომ პროცესის დაჩქარებისა და ეფექტურობის მიზნით, ბიორეაქტორს ათბობენ. შვედი მკვლევარების ინფორმაციით, მეთანტენკის გათბობაზე იხარჯება გამომუშავებული მეთანის დაახლოებით 12-15%, რაც არარენტაბელურია, ამიტომ

სულ უფრო პოპულარული ხდება მეთანის წარმოების ავსტრიული ვარიანტი, როდესაც მეთანტენკში ფერმენტაციის ტემპერატურა გარემოს ტემპერატურითა და ორგანული ნივთიერებათა დაშლის დროს განთავისუფლებული ენერგიით განისაზღვრება.

## ბიოგაზის დანადგარები

მეთანური დუდილის პროცესის ეფექტური წარმართვისათვის ბიოაირის დანადგარის კონსტრუქცია შემდეგ პირობებს უნდა აკმაყოფილებდეს:

1. პირველი და არსებითი, რაც მკაცრად უნდა იქნას დაცული, ეს არის **მეთანტენკის** (ბიორეაქტორის) **ჰერმეტიულობა**, მკაცრი ანაერობიოზი, რადგან მეთანოგენეზში მონაწილე მიკროორგანიზმები ნედლეულის გარდაქმნას და ბიოგაზის წარმოქმნას მხოლოდ უქანგზადო პირობებში ახორციელებენ.

2. ანაერობული პროცესის მიმდინარეობისათვის აუცილებელია სიბნელე.

3. გარკვეული მოთხოვნები ბიომასის მიმართაც არსებობს. იგი უნდა შეიცავდეს ბიოლოგიურად დეგრადირებად ორგანულ ნივთიერებებს და დიდი რაოდენობით წყალს.

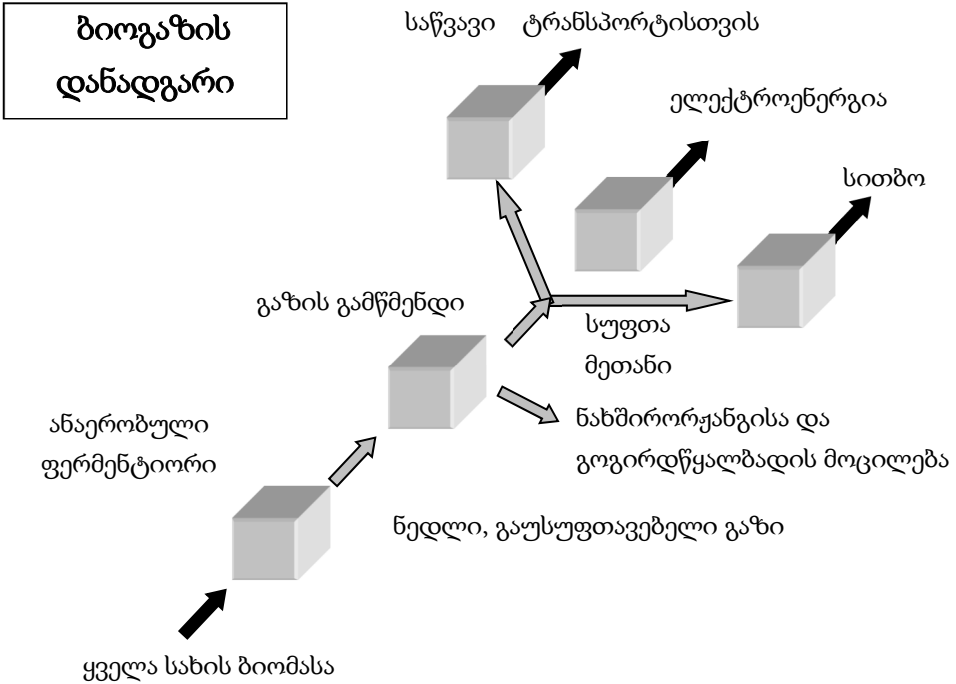
4. მეთანოგენეზის მიმდინარეობის გარემო იყოს ნეიტრალური, ან სუსტი ტუტე; არ უნდა შეიცავდეს ისეთ ნივთიერებებს, რომლებიც ხელს უშლის ბაქტერიების გამრავლებას (მაგალითად: საპონს, სარეცხ ფხვნილს, ანტიბიოტიკებს და სხვ.)

5. აუცილებელია ტემპერატურული რეჟიმის დაცვა, დანადგარში ბიომასის ეფექტური გადაადგილება, პერიოდული მორევა, გადასამუშავებელი ბიომასის ოპტიმალური რაოდენობით ჩატვირთვა და ექსპლოატაციის სიმარტივე.

ბიოგაზის დანადგარებს დღეს მრავალი კომპანია აწარმოებს. სამრეწველო დანადგარების მოცულობა 10-150მ<sup>3</sup>-ის ფარგლებშია. კონსტრუქციულად ეს დანადგარები რთული არაა და ორი ნაწილისაგან შედგება: პირველი - ჰერმეტიული, თერმორეგულირებადი მეტალის ფერმენტორი, რომელიც ადჭურვილია მომრევით, ბიომასის ავტომატური მიმწოდებლითა და ჭარბი, დადუღებული ბიომასის მომცილებელი მოწყობილობით. მეორე - ე.წ. გაზგოლდერი, სადაც გროვდება ბიოგაზი.

სქემაზე ნაჩვენებია ბიოგაზის დანადგარის მოქმედების პრინციპი ნებისმიერი ტიპის ორგანული ნარჩენებისათვის.

ბიოგაზის დანადგარის მოქმედების სქემა.



ნედლი ბიოგაზი, გასუფთავების გარეშე, პირდაპირ შეიძლება გამოვიყენოთ საცხოვრებელი და სხვა შენობების გასათბობად, მაგრამ იმ შემთხვევაში, თუ ბიოგაზის გამოყენება სურთ შიდაწვის ძრავის საწვავად, ან ელექტროენერგიის საწარმოებლად, აუცილებელია მისი ენერგეტიკული თვისებების გაუმჯობესება, ამიტომ ის დამატებით გაწმენდას საჭიროებს. ამისთვის ბიოაირს უნდა მოსცილდეს  $CO_2$ ,  $N_2$  და  $H_2S$ . შესაბამისად, მეფრინველეობის ფაბრიკებში, სპირტის გამოსახდელ ქარხნებში, შაქრის გადამამუშავებელ საწარმოებში და ხორცკომბინატებში ბიოაირის დანადგარების მონტაჟი **გამწმენდი მოწყობილობის** გამოყენებითაა შესაძლებელი.

ბიოაირის დანადგარების მრავალი ტიპი არსებობს, დაწყებული დიდი კომერციული დანადგარებით, დასრულებული მცირე ზომის ე.წ. საოჯახო კონსტრუქციებით. შედარებით მარტივი ტიპის ბიოდანადგარებს შორის ყველაზე გავრცელებულია ჩინური ტიპის -მტკიცე გუმბათიანი და ინდური ტიპის- მცურავ ზარხუფიანი.



მცურავ-ზარხუფიანი



მტკიცე გუმბათიანი

მტკიცე გუმბათიანი ბიოდანადგარები (ე.წ. ჩინური) შედგება სფერული კორპუსისგან და მასთან მიერთებული გამაწონასწორებელი ავზისგან. ამ ტიპის დანადგარი შენდება გაზ-გაუმტარი აგურით, ქვით ან -ბეტონით. აირის გაჟონვის პრევენციის მიზნით, მისი შიდა ზედაპირი თბოიზოლირებულია სამშენებლო ხსნარის მრავალი თხელი ფენით.



განსაკუთრებით ადვილია ცილინდრული კორპუსის მქონე დანადგარების აშენება. ამ ტიპის ბიორეაქტორში კარგად შედუღებული ზარხუფი მთელ გამოყოფილ გაზს იჭერს და აირი მუდმივი წნევით მიეწოდება მომხმარებელს.

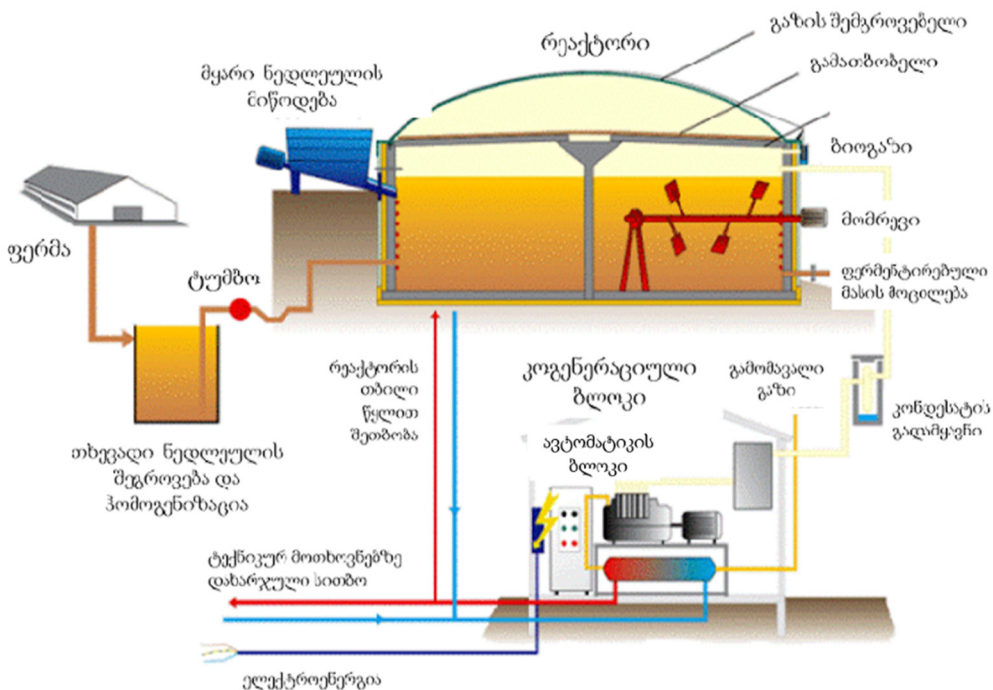
ზოგადად, დანადგარების მოცულობა და წარმადობა დამოკიდებულია საქონლის რაოდენობაზე: 1 სულ მსხვილფეხა საქონელზე იანგარიშება დანადგარის მოცულობის  $1\text{მ}^3$ . აღნიშნული მოცულობიდან ყოველდღიურად,

საშუალოდ 0.4 მ<sup>3</sup> ბიოაირი მიიღება. მარტივი ტიპის ბიოაირის დანადგარი ბეტონისგან შენდება, მიწაში, ბოსლიდან 1–1,5 მეტრში. მისი მინიმალური მოცულობაა 5მ<sup>3</sup> და საჭიროა მინიმუმ 2–3 პროხის ყოლა. ის დღეში 1,8–2,4 მ<sup>3</sup> აირს გამოიმუშავებს.

აღსანიშნავია, რომ ფსიქროფილურ რეჟიმში მომუშავე ბიოაირის დანადგარების უმეტესობა მიწისქვეშა კონსტრუქციებია. მათი ფორმები, ძირითადად სფერული ან ცილინდრულია. ისეთ დიდ ქვეყნებში, როგორცაა ჩინეთი და ინდოეთი, ფერმერებს შორის დიდი პოპულარობით სარგებლობს მცირე ზომის ბიოგაზის დანადგარები, რომლებიც გათვლილია დამხმარე მეურნეობებში მიღებული ნარჩენების უტილიზაციაზე. ვიეტნამსა და ნეპალში ერთი ოჯახისათვის განკუთვნილ მცირე ბიოაირის მოწყობილობებსაც ამონტაჟებენ. მასში მიღებული გაზი ძირითადად საკვების მოსამზადებლად გამოიყენება. აზიის ზოგიერთ ქვეყანაში ბიოგაზს ღებულობენ საკმაოდ მარტივი მეთოდით: თხრიან ორმოს, სადაც ანაერობულ პირობებში ამუშავებენ ბიომასას, გამოყოფილ ბიოგაზს აგროვებენ მცირე ზომის პრიმიტიულ დანადგარებში და მაშინვე ხარჯავენ. ბიოგაზის წარმოების უფრო დიდი დანადგარები ბიომასის დიდი რაოდენობით მოსაგროვებელ სპეციალურ კოლექტორებს მოითხოვს.



ბიოაირი პოპულარული ენერგეტიკული წყაროა ბრიტანეთისა და აშშ-ის მეცხოველეობის კომპლექსებში და კერძო ფერმებშიც, სადაც უპირატესად საშუალო ან მსხვილი წარმადობის ბიოდანადგარებს იყენებენ.



რაც შეეხება საქართველოს, ბიოგაზის მიღების პრაქტიკული გამოცდილება ქვეყანას ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან აქვს, როდესაც შეიქმნა ბიოაირის დანადგარების მთელი რიგი კონსტრუქციები და კრწანისის მეურნეობაში აშენდა (200 სულ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ნაკელზე მომუშავე) ბიოგაზის დანადგარი. საქართველოში ამჟამად მოქმედი ყველა ბიოდანადგარი საერთაშორისო დონორების ხელშეწყობითაა დამზადებული .

## მეთანოგენეზის მნიშვნელობა

მეთანური დუღილის სიკეთე მხოლოდ ბიოგაზის მიღებით არ ამოიწურება. ბიოაირის დანადგარიდან მიღებული ბიომასა საუკეთესო ორგანულ სასუქს წარმოადგენს, რადგან საქონლის ნაკელთან შედარებით 30%-ით მეტ ბუნებრივ აზოტს შეიცავს. მისი გამოყენებით მარცვლოვანი კულტურების მოსავლიანობა 10-15%-ით იზრდება, რაც იძლევა საშუალებას, შემცირდეს ქიმიური სასუქების გამოყენება და გრუნტის წყლებზე ტოქსიკანტების ზეწოლა.



ბიოაირის დანადგარების გავრცელებით მკვეთრად მცირდება ტყის ჩეხვა. გამოთვლილია, რომ 3-6 სულ საქონლის ნაკელზე მომუშავე ბიოაირის დანადგარის ექსპლუატაციის პერიოდში დაახლოებით 1 ჰა. ტყის რესურსი იზოგება.

ბიოდანადგარში ნაკელის გადამუშავებით ისპობა მავნე მწერების ინკუბაციისათვის ხელშემწყობი კერები და გარემო ხდება ეკოლოგიურად სუფთა და უსაფრთხო. ბიოაირის წარმოება საშუალებას იძლევა, შემცირდეს ატმოსფეროში მეთანის გაფრქვევა.

რაც შეეხება ბიოგაზის წარმოებასთან დაკავშირებულ ხარჯებს, იმის გამო, რომ ნედლეული უფასოა, კაპიტალური დანახარჯები მხოლოდ ბიორეაქტორის შექმნასთანაა დაკავშირებული.

საერთაშორისო დონორების ხელშეწყობით აშენებული მცირე ზომის მეზოფილური რეაქტორების ფასი 720-დან 900- \$ მდე მერყეობს, ამავე ზომის თერმოფილური რეაქტორების ღირებულება კი 3340-4100 \$-ს შეადგენს.

ბიოგაზის რეაქტორის მუშაობის საფუძველზე მიღებული წლიური „შემოსავალი“ თანხის იმ რაოდენობის ექვივალენტურია, რომელიც ფერმერს უნდა გადაეხადა წლის განმავლობაში მოხმარებული შეშის, ან ელექტროენერჯის საფასურად. ამრიგად, მეთანოგენეზის პროდუქტების კომერციული მიღება საკმაოდ ეფექტურ და რენტაბელურ წარმოებას წარმოადგენს.

# სოფლის მეურნეობის ნარჩენების აერობული კონვერსია

## 1. არააერირებადი წყალსატევები ნარჩენების „ჟანგვისათვის“

სოფლის მეურნეობის ნარჩენები ჟანგბადიან პირობებშიც, შეიძლება, გადამუშავდეს. ამის მარტივ მაგალითს წარმოადგენს არააერირებადი წყალსატევები ნარჩენების „დაჟანგვისათვის“. ეს არის 1.5მ სიღრმის, ორგანული ნარჩენების წყალხსნარით შევსებული მარტივი დანადგარი. ამგვარი წყალსატევის ზედაპირზე აშენებენ წყალმცენარეებს, რომლებიც ფოტოსინთეზის პროცესში გამოყოფილი ჟანგბადით ააქტიურებენ აერობულ მიკროფლორას და ჟანგავენ წყალხსნარში არსებულ ნარჩენებს. შედეგად გარემოს სცილდება დამაბინძურებელი და წარმოიქმნება წყალმცენარეების ბიომასა, რომელიც ქიმიური შემადგენლობიდან გამომდინარე, გამოიყენება საქონლისა და ფრინველის საკვებად, ან სასუქად.



ორგანული ნარჩენების გადამუშავების სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით, ამ მეთოდის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ არ საჭიროებს მექანიზაციასა და მომსახურე პერსონალს, მაგრამ მას გააჩნია რამოდენიმე ნაკლი: ნარჩენების გადამუშავება მოითხოვს ხანგრძლივ დროს; დიდი რაოდენობის ნარჩენების შემთხვევაში საჭირო ხდება წყალსატევის ფართობის გაზრდა; წყალსატევის სიღრმეში, სადაც შედარებით ანაერობული პირობები იქმნება, გროვდება მყარი ნარჩენები; იქმნება პირობები მწერების გასამრავლებლად.

## 2. აერირებადი წყალსატევი დაჟანგვისათვის



ეს დანადგარი არააერირებადი წყალსატევის მსგავსია და მისგან განსხვავდება მხოლოდ მექანიკური მოძრევი მოწყობილობის არსებობით. მოძრევი აუცილებელია აერაციის გასაძლიერებლად და მყარი ნაწილაკების მოსარევად. ასეთი წყალსატევი შეიძლება პატარა იყოს ფართობის მიხედვით, მაგრამ უფრო ღრმა, ვიდრე, „წყალსატევი დაჟანგვისათვის“. ამ გზით გაწმენდილი წყალი სავსებით ვარგისია ირიგაციისთვის.

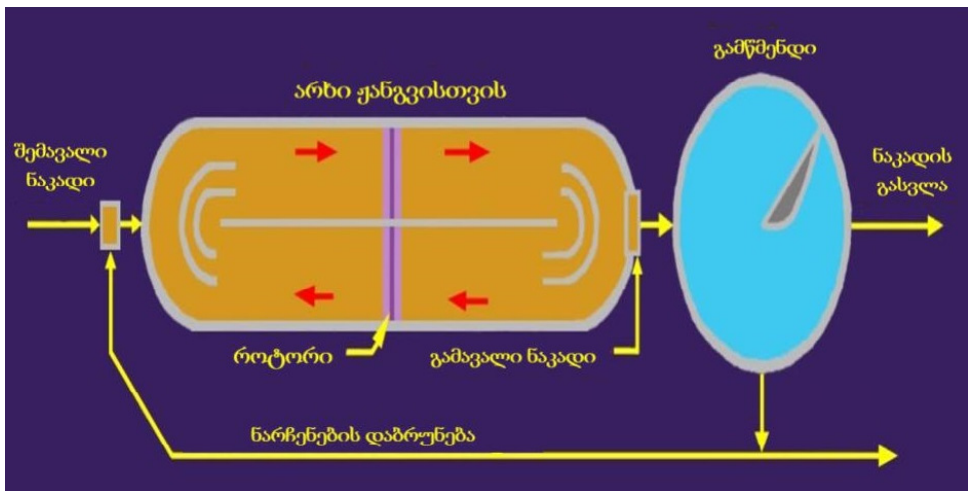
## 3. კასკადური ავზები



კასკადური ავზები ასევე მარტივი სისტემაა. წყალსატევებისაგან განსხვავებით, მათში მუდმივად მიედინება ნარჩენები და სისტემაში მათი შენახვის დროც უფრო ხანმოკლეა. ეს სისტემა შეიცავს სალექარს, სადაც ილექება მსხვილი ნაწილაკები და მცირე მოცულობის ავზების ან კაშხლების კასკადს, რომლებიც დაყოფილია ტიხრებით. ამ ტიხრებზე (ან კაშხლებზე) გადაედინება ნარჩენებიანი წყალხსნარი. ავზიდან ავზში გადადინებისას წყალი აერირდება, რაც ხელს უწყობს აერობული მიკროფლორის მიერ ნარჩენების დეგრადაციას.

#### 4. „პასვირის არხი“

„პასვირის არხი“ ორგანული ნარჩენების გადამუშავების აერობული სისტემაა. მოწყობილობის ეს ტიპი მეცხოველეობის ნარჩენების კონტროლირებადი გადამუშავების საშუალებას იძლევა.



## მყარი ალტერნატიული საწვავი- ბიობრიკეტები

ალტერნატიული საწვავის ერთ-ერთ პერსპექტიულ წყაროდ მიჩნეულია ორგანული ნარჩენებიდან დამზადებული ბიომასის ბრიკეტები, რომელმაც, შეიძლება ისეთი წიაღისეული საწვავი ჩაანაცვლოს, როგორცაა, ნავთობი და ქვანახშირი.



ბიობრიკეტები მზადდება ბიოლოგიური წარმოშობის მყარი ნედლეულებიდან: სიმინდის, მხესუმზირის, თხილის, ბალახის, ხილის, ბოსტნეულის, ხე-ტყის გადამუშავების, ტოტების, ნაფოტების, ბურბუშელას, ნახერხის, შაქრის წარმოების, მუნიციპალური და სხვა ნარჩენებიდან.



ბრიკეტების არსი მდგომარეობს შემდეგში: საწვავად გამოყენებისა და იოლი ტრანსპორტირების მიზნით, მცენარეული წარმოშობის მასალები გროვდება და იწნეხება ბრიკეტებად. არსებობს ბიონარჩენების ბრიკეტების სხვადასხვა თანამედროვე ტექნოლოგიური ხაზი, რომელიც მარტივი და ეფექტური მანქანა-დანადგარებითაა დაკომპლექტებული .



რა უპირატესობებს ფლობს ბიობრიკეტი ტრადიციულ საწვავთან შედარებით?

ბიოლოგიური ნარჩენებისგან დამზადებული ბრიკეტი წარმოადგენს ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტს, რადგან არ შეიცავს მავნე ნივთიერებებს, მათ შორის, წებოსა და სხვა შემკვრელ დანამატებს. გარდა ამისა, ხის ნახერხის ბრიკეტები წვის პროცესში ატმოსფეროში 50–ჯერ ნაკლები რაოდენობით CO<sub>2</sub>-ს გამოყოფს, ვიდრე ქვანახშირი და 15–ჯერ ნაკლებს, ვიდრე ბუნებრივი აირი. საწვავად ბიობრიკეტების გამოყენებისას, გოგირდის ოქსიდები თითქმის არ გამოიყოფა. ამ ბიოსაწვავის ნაცრიანობა არ აღემატება 1%-ს და პრაქტიკულად, კვამლის გარეშე იწვის .



ბიობრიკეტების აშკარა უპირატესობაზე მეტყველებს მისი წვის პარამეტრებიც: გამოთვლების მიხედვით, ხის ნახერხისგან დამზადებული ბრიკეტის ხვედრითი წონა 1100–1400 კგ/მ<sup>3</sup>-ს. შეადგენს. ერთი ცალი 400 გრამიანი ბრიკეტი სულ ცოტა 40 წუთი მაინც იწვის, რაც 2,5–ჯერ აჭარბებს იგივე წონის ხის ნაჭრის წვის ხანგრძლივობას. ბრიკეტების წვის ასეთი ხანგრძლივობა საშუალებას იძლევა, ჩვეულებრივ შემასთან შედარებით 3–ჯერ უფრო იშვიათად მოხდეს საწვავით ღუმელის შევსება. ბრიკეტების თბოუნარიანობა შემასთან შედარებით გაცილებით მაღალია და ქვანახშირისას უტოლდება.

ამრიგად, ენერგეტიკული და ტექნიკურ–ეკონომიკური მაჩვენებლებიდან გამომდინარე, ბრიკეტირებული ბიოსაწვავი, თავისუფლად შეიძლება იქნას გამოყენებული შემის ალტერნატიულ საწვავად, რითაც მნიშვნელოვანწილად შემცირდება ქვეყნის ბუნებრივი სიმდიდრის – ტყის გაჩეხვის საშიშროება.

საქართველოს გააჩნია ბიონარჩენების დიდი მარაგი. ქვეყანაში არსებული მხოლოდ თხილისა და ხის გადამუშავების შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენებისგან ყოველწლიურად შესაძლებელია, დამზადდეს ეკოლოგიურად სუფთა, ეკონომიურად იაფი, მაღალი თბოუნარიანობის 380–400 ათასი ტონა ბიოსაწვავი, რაც შემაზე მოთხოვნილების 75%-ს შეადგენს.

## **საკვები ცილის დეფიციტის შევსება სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბიოკონვერსიის საფუძველზე**

არსებული ინფორმაციით, მაღალი კვებითი ღირებულების ცილის წლიური დეფიციტი მსოფლიოში მილიონობით ტონას შეადგენს. ცნობილია საკვები ცილის დეფიციტის შევსების ორი პრინციპულად განსხვავებული გზა:

1. კულტურული მცენარეებისა და ცხოველების გაუმჯობესებული ჯიშების გამოყვანა გენური ინჟინერიის ტექნოლოგიით (გენმოდიფიცირებული ორგანიზმების მიღება);

2. სურსათის ან მისი ცალკეული კომპონენტების მასიური წარმოება არატრადიციული გზით, იაფი ნედლეულებიდან, მიკრობული კონვერსიის საფუძველზე.

უდავოა, რომ ტრანსგენური მცენარეებისა და ცხოველების ახალი ჯიშების გამოყვანამ მნიშვნელოვნად შეავსო მსოფლიოში არსებული საკვების დეფიციტი, რაც განსაკუთრებით განვითარებადი ქვეყნების ეკონომიკაზე აისახა. თუმცა, გამოცდილება ცხადყოფს, რომ ჯერ კიდევ ნაადრევია მტკიცება გენმოდიფიცირებული ორგანიზმებით წარმოებული პროდუქტების აბსოლუტურ უსაფრთხოებაზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, საკვების

დეფიციტის შევსების ყველაზე მოსახერხებელ, უსაფრთხო და სწრაფად რეალიზებად ტექნოლოგიად მიჩნეულია ცილით მდიდარი საკვები დანამატების წარმოება, მცენარეული ნარჩენების მიკრობული კონვერსიის (გადამუშავების) საფუძველზე.

მიკროორგანიზმებს, როგორც ცილისა და სხვა ძვირფასი, ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მასიურ მწარმოებლებს, მთელი რიგი აშკარად გამოხატული უპირატესობები გააჩნით, მცენარეებთან და ცხოველებთან შედარებით; კერძოდ, ღარიბ, იაფფასიან ნედლეულებზე სწარფი ზრდის უნარი, ცილის მაღალი რაოდენობით დაგროვება, პროცესის რეგულირების შესაძლებლობა და რაც მთავარია, მათი კულტივირება (მოშენება) შეიძლება, განხორციელდეს დედამიწის ნებისმიერ რეგიონში, წლის ნებისმიერ დროს და ამისთვის მცირე ფართობიც საკმარისია. ამრიგად, ცილის მიკრობიოლოგიური სინთეზი, შეიძლება განვიხილოთ, როგორც უნარჩენო, რენტაბელური ტექნოლოგიის მაგალითი.

**მიკროორგანიზმების მიერ დამზადებულ პროდუქტს, რომელიც მიიღება სხვადასხვა ნარჩენების მიკრობული ბიოტრანსფორმაციით, ერთუჯრედიანთა ცილას უწოდებენ.**

მიკრობული ცილის მისაღებად, ტრადიციულად, გამოიყენებენ საფუძვრებსა და ბაქტერიებს, მაგრამ ამ ჯგუფის ორგანიზმებს მხოლოდ ადვილად ასათვისებელი სუბსტრატების გამოყენება შეუძლია და ძნელად დეგრადირებადი მცენარეული ნარჩენების გარდაქმნის უნარი არ შესწევს.

მცენარეული წარმოშობის სუბსტრატებში შედწვევის მაღალი უნარით გამოირჩევა ე.წ. **მიცელიალური სოკოები, რომლებიც სოკოების ორ განყოფილებას აერთიანებს:** უმაღლეს ბაზიდიომიცეტებს (რომელთა შორის გვხვდება საჭმელი სოკოებიც) და მიკროსკოპულ (ობის) სოკოებს. ამ ორგანიზმებს შეუძლიათ, აითვისონ როგორც ხსნადი (ადვილად მეტაბოლიზებადი) ნედლეული, ასევე უხსნადი, ძნელად დეგრადირებადი ორგანული სუბსტრატები, მათ შორის - სოფლის მეურნეობის ნარჩენები და ის ცილით მდიდარ ბიომასად გარდაქმნან.

**რამდენად უსაფრთხოა მიცელიალური სოკოების გამოყენება საკვები დანამატების წარმოების მიზნით?**

პასუხი ცალსახაა - აბსოლუტურად უსაფრთხო. ამ ჯგუფის სოკოებს ადამიანი უხსოვარი დროიდან დღემდე სხვადასხვა ნაციონალური საკვების დამზადების პროცესში იყენებს. ცნობილი დელიკატესი - „ცისფერი ყველი“ სწორედ მიკროსკოპული სოკოების პროდუქტს წარმოადგენს.



დღეს, აღმოსავლეთის ქვეყნებში მიცელიალურ სოკოებს იმავე მიზნით გამოიყენებენ, რისთვისაც დასავლეთში- ალასო. მათ წარმატებით იყენებენ ყველისა და მშრალი ძეხვების ევროპულ წარმოებაში. მიკროორგანიზმთა ეს ჯგუფი დიდად ფასობს გემოვნებითი ხარისხის მიხედვით. მათგან მიღებული პროდუქტები ვეგეტარიანულ და ნახევრადვეგეტარიანულ დიეტებში ცილის მნიშვნელოვანი წყაროა.

ცალკეული შეუცვლელი ამინომჟავების შემცველობის მიხედვით, სოკოს მიცელიუმი სოიას ცილას უახლოვდება და მაღალი ბიოლოგიური ღირებულებით ხასიათება. სოკოს ცილას შეუძლია, შეცვალოს ცხოველური ცილაც, რადგან მნიშვნელოვანი კომპონენტების რაოდენობითა და შედგენილობით ახლოს დგას ხორცის ცილასთან. სოკოს ბიომასა გაცილებით ნაკლები რაოდენობით შეიცავს ნუკლეინის მჟავებს (2%) და ადვილად ექვემდებარება კულინარიულ დამუშავებას, ხოლო მისი ძაფისებური სტრუქტურა ცხოველური ცილოვანი პროდუქტის იმიტირების საშუალებას იძლევა. სოკოების ერთ-ერთ არსებით უპირატესობას მიცელიუმის ადვილი და იაფფასიანი წარმოქმნა წარმოადგენს.

უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ მიცელიალურ სოკოებს, ცილის გარდა, მნიშვნელოვანი რაოდენობით ლიპიდების დაგროვებაც შეუძლია, რომელიც თავის მხრივ ნახშირწყალბადების სტერინების, მონო- და დიგლიცერიდებისაგან შედგება, ანუ ისეთი კომპონენტებისაგან, რომლებიც მცენარეული ზეთების ანალოგიურია. ზოგიერთი მონაცემით, ცხიმოვანი მჟავების შემცველობისა და ხასიათის მიხედვით სოკოების ლიპიდები ახლოს დგას ქაცვისა და მზესუმზირის ზეთებთან. მრავალი მიკრო- და მაკრომიცეტების მიცელიუმისათვის დამახასიათებლად ითვლება ნახევრადუჯერი ლინოლისა და ლინოლენის მჟავების მაღალი შემცველობა. ცნობილია, რომ აღნიშნული ნაერთების დეფიციტი აქვეითებს ზრდის ინტენსიურობას, ასუსტებს ინფექციებისადმი

წინააღმდეგობის უნარს და იწვევს სხვადასხვა პათოლოგიებს. ყოველივე აღნიშნულის გამო, დღეს დიდი ყურადღება ეთმობა მიცელიალური სოკოების გამოყენებას არა მხოლოდ ცილით, არამედ - ლიპიდებით მდიდარი ბიომასების მისაღებადაც. ამგვარი პროდუქტი შესაძლოა, გამოყენებულ იქნეს როგორც ადამიანის, ისე- ცხოველთა საკვებ რაციონში.

ძვირფასი ფარმაცევტული თვისებები აღმოაჩნდა სოკოების მიერ სინთეზირებულ ზოგიერთ პოლისაქარიდსაც. მიცელიალურმა სოკოებმა გამოავლინეს მრავალგვარი ვიტამინის (მათ შორის- თიამინის, რობოფლავინის, ბიოტინის, პირიდოქსინის, ერგოსტერინის, პანტოთენისა და ასკორბინის მჟავების) სინთეზისა და დაგროვების უნარიც. უფრო მეტიც, დადგინდა, რომ მიცელიალური სოკოების უმრავლესობა გაცილებით მაღალი რაოდენობით აგროვებს ვიტამინებს, ვიდრე, მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის „ვიტამინების დეპო“ - ღვიძლი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, სოკოს ცილა FAO-ს საერთაშორისო სტანდარტით აღიარებულია, როგორც მაღალი კვებითი ღირებულების პროდუქტი და მთელ რიგ ქვეყნებში დელიკატესადაა მიჩნეული.

## ცილით მდიდარი საკვები დანამატების წარმოების ტექნოლოგიები

სოფლის მეურნეობის მცენარეული წარმოშობის ნარჩენების მიკრობული ბიოგადამუშავების საფუძველზე საკვები დანამატების მასიური წარმოება მნიშვნელოვან ტექნოლოგიურ მიმართულებას წარმოადგენს იაპონიაში, აშშ-ში, კანადაში, ფინეთში, შვედეთსა და სხვა განვითარებულ ქვეყნებში. ამ დარგში ლიდერობს იაპონია, სადაც ყოველწლიურად იწარმოება და გამოიყენება ათასობით ტონა მიკრობული ბიომასა. განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს ძნელადდეგრადირებადი ლიგნოცელულოზური ნარჩენების ბიოგადამუშავებისა და ცილით გამდიდრების პრობლემა. აღნიშნული სუბსტრატებიდან ცხოველთა საკვები დანამატების მიღების ერთ-ერთი ცნობილი ტექნოლოგია შემუშავებულია კანადაში. ცილის პროდუცენტს წარმოადგენს მიკროსკოპული სოკო *Chaetomium cellulotycum*, ნედლეულის წყაროდ კი გამოიყენება სოფლის მეურნეობის ისეთი ნარჩენები, როგორიცაა მარცვლოვანი კულტურების ნამჯა, სიმინდის ქუჩეჩი, ცხოველების ფერმების ნარჩენები და სხვ. მიღებული პროდუქტი იოლად მოინელება, არატოქსიურია და გამოიყენება ცხოველთა საკვებ დანამატად სოიისა და თევზის ფქვილის ნაცვლად. პრეპარატი შესაძლოა, განსაზღვრული რაოდენობით გამოყენებულ იქნეს კომბინირებული საკვების

ერთ-ერთ კომპონენტადაც. მისი ბიოლოგიური ღირებულება გამოცდილია ექსპერიმენტულ ცხოველებზე- ფრინველებსა და ცხვრებზე. პროდუქტს გააჩნია გრანულირებული სტრუქტურა და სოკოს არომატი. ტექნოლოგიის ავტორები თვლიან, რომ ამ მეთოდით ცილის მიღება ეკონომიურად ხელსაყრელია როგორც განვითარებულ, ასევე- განვითარებადი ქვეყნებისათვის. არსებული მონაცემებით, კანადაში ყოველწლიურად სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან, დაახლოებით, 45 მლნ. ტ. მიკრობული ცილის მიღება შესაძლებელი.



ცელულოზა-ქაღალდის წარმოების ნარჩენების მიკრობული გარდაქმნის საფუძველზე ფინური ფირმა „Tampella” აწარმოებს ცილოვან პროდუქტს, რომელიც კონკურენციას უწევს სოიის ფქვილს. ბელორუსიის მეცნიერებათა აკადემიის მიკრობიოლოგიის ინტიტუტში შემუშავებულია კარტოფილის გადამამუშავებელი წარმოების ნარჩენების ცილით გამდიდრების პროცესი, სადაც ბიოლოგიურ აგენტად *Penicilium*-ის გვარის მიკროსკოპული სოკოებია გამოყენებული. ცილით მდიდარი პროდუქტის მაღალი ბიოლოგიური ღირებულება და უვნებლობა ზოოტექნიკურმა და ტოქსიკოლოგიურმა გამოკვლევებმა დაადასტურა.

იაპონელმა მეცნიერებმა საკვები დანამატები შაქრის მრეწველობის ნარჩენებიდან მიიღეს. ეს მიკრობული პროდუქტი შეიცავს 16% პროტეინს და ისეთ ვიტამინებს, როგორცაა რიბოფლავინი, პირიდოქსინი, პანტოთენის მჟავა, ბიოტინი და ფოლის მჟავა.

დღეს საკვები დანამატების მისაღებად წარმატებით იყენებენ *Trichoderma*-ს, *Aspergillus*-ისა და *Sporotrichum*-ის გვარის სოკოებს. მიღებული მიცელიუმი გამოიყენება, როგორც სუპერისა და პიცის კომპონენტი. ლიგნოცელულოზის შემცველი სხვადასხვა ნარჩენების მიკრობული ტრანსფორმაციის საფუძველზე ცილით მდიდარ ბიომასებს ღებულობენ ტაილანდშიც.

მიცელარული სოკოების საფუძველზე, ფორთოხლისა და გრეიფრუტის კანის ნარჩენების ბიოკონვერსიით მიღებულია 30% ცილის შემცველი ბიომასა, რომელიც პირუტყვის საკვებად გამოიყენება. მერქნისდამშლელი ბაზიდიომიცეტებისთვის საუკეთესო სუბსტრატს წარმოადგენს ყურძნის ნარჩენები და ვაზის ანასხლავები: მიღებულია ბიომასა, რომელიც 18%-მდე ცილას შეიცავს. ინდოელი ავტორების მიერ ნაჩვენებია სიმინდის ჩალის ცილით მდიდარ ბიომასად კონვერსიის შესაძლებლობა. ბოლო პერიოდში ცილოვანი საკვების მისაღებად განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ხილ-ბოსტნეულის ნარჩენების ბიოგადამუშავება. ეს ნედლეული კარგად ბალანსირებულ საკვებ არეს წარმოადგენს ცილის პროდუცენტი მიკროორგანიზმებისათვის, შეიცავს რა ისეთ ძვირფას კომპონენტებს, როგორცაა ამინომჟავები, ნახშირწყლები, მინერალური ნივთიერებები და სხვა.

ერთი პუბლიკაციის ფორმატში, რასაკვირველია, შეუძლებელია დეტალურად იქნას განხილული სხვადასხვა მცენარეული ნარჩენის ქიმიური ბუნება და მათი მიკრობული კონვერსიის მექანიზმები. თუმცა, უდავოა, რომ სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბიოლოგიური გადამუშავება ამ კატეგორიის სუბსტრატების კომპლექსური მართვის რეალურ შესაძლებლობას ქმნის და უნარჩენო, ჯანსაღი და ეკონომიურად მომგებიანი ტექნოლოგიის მაგალითს იძლევა.

## საჭმელი სოკოების კულტივირება სოფლის მეურნეობის ნარჩენებზე

სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან დამზადებული, ფუნქციური ინგრედიენტებითა და ცილით მდიდარი ბიომასები ადამიანთა, ცხოველთა და ფრინველთა კვებითი რაციონის დანამატს წარმოადგენს. აღნიშნული ბიოპრეპარატები საშუალებას იძლევა, „შეიქმნას“ საკვები კომპონენტებით დაბალანსებული, სრულფასოვანი საკვები. განსაკუთრებით ეფექტურია მათი დამატება ცხოველთა ზამთრის არაყუათიან რაციონში, მაგ. სილოსში; მაგრამ აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, რომ ცილით მდიდარი ბიომასა, როგორც წესი, გამოიყენება მცირე დოზებით და შესაბამისად, მას არ შეუძლია საკვების სრული ჩანაცვლება. სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან შესაძლებელია პირდაპირ სასურსათო პროდუქტის დამზადებაც, რის მაგალითსაც წარმოადგენს კალმახა და ქამა სოკოს მოშენების ცნობილი ტექნოლოგიები.

ზემოაღნიშნული ორივე სოკო მიეკუთვნება მიცელიალური სოკოების განსაკუთრებულ ჯგუფს-ბაზიდიომიცეტების (*Bazidiomycota*) განყოფილებას. მიკროორგანიზმთა ეს ჯგუფი უნიკალურია იმ თვალსაზრისით, რომ

მცენარეული სუბსტრატების ყველაზე ძნელად დეგრადირებადი კომპონენტის - ლიგნინის დაშლის უნარი ბუნებაში მხოლოდ მათ შესწევთ. შესაბამისად, მათ შეუძლიათ ზრდა ისეთ ნედლეულებზე, რომელიც მიუწვდომელია მიკროორგანიზმთა სხვა ტაქსონომიური ჯგუფებისთვის.

### კალმახას მოშენება

**კალმახა**, იგივე ხეთამხალი (*Pleurotus ostreatus*), **ხის სოკოს** სახელითაა ცნობილი და ერთ-ერთ საუკეთესო, საკვებად ვარგის სოკოს წარმოადგენს. ხის სოკო დიდი ხანია, რაც საწარმოო მიკროორგანიზმად ჩამოყალიბდა და უფრო მეტი პოპულარობით სარგებლობს მეწარმეებში, ვიდრე- სხვა საჭმელი სოკოები. მათგან განსხვავებით კალმახას ერთი დიდი უპირატესობა გააჩნია- შეუძლებელია, თეთრ შხამა სოკოში შეგეშალოთ. ის ჯგუფებად იზრდება სხვადასხვა ფოთლოვანი ხის კუნძებზე, ამოდის ლპობად წიფელზე, თელაზე, ვერხზე. ასევე ადვილად იზრდება ცელულოზისშემცველ სასოფლო-სამეურნეო და ხის გადამუშავების ნარჩენებზე. ბუნებაში მისი გამრავლების პერიოდი აპრილიდან შემოდგომამდე გრძელდება.

კალმახა ფლობს მთელ რიგ უპირატესობებს სხვა კულტივირებად სოკოებთან შედარებით: საკმაოდ ტექნოლოგიურია, ხასიათდება ზრდის მაღალი სიჩქარითა და მდგრადობით კონკურენტული მიკროფლორის მიმართ. კალმახას ნაყოფსხეული მდიდარია ვიტამინებით, ამინომჟავებით, პოლისაქარიდებითა და მინერალური ნივთიერებებით; შეიცავს ისეთ ბიოლოგიურად აქტიურ ნაერთებს, რომლებიც ამცირებს სისხლში ქოლესტერინის დონეს და ადამიანის ორგანიზმს იცავს ტოქსიკური ნივთიერებების ზემოქმედებისგან.

კალმახას კულტივირების ტექნოლოგია რთული არ არის, მისთვის სუბსტრატის მომზადება დიდ დროს არ მოითხოვს და რაც მთავარია, მოსავლის აღების შემდეგ დარჩენილი ბიომასა (ამორტიზირებული სუბსტრატი) შეიძლება, გამოყენებულ იქნას როგორც შინაური ცხოველების საკვები დანამატი, ან- როგორც ორგანული სასუქი. არსებობს სოკო კალმახას კულტივირების ექსტენსიური და ინტენსიური მეთოდები. ექსტენსიურ მეთოდს ატარებენ ბუნებრივ პირობებში, ხოლო ინტენსიური კულტივირება მიმდინარეობს მკაცრად კონტროლირებად, ხელოვნურ გარემოში, სპეციალურად მომზადებულ პასტერიზებულ სუბსტრატზე, რის გამოც მოკლე დროში სოკოს ძალზედ უხვი მოსავალი მიიღება.

## კალმახა სოკოს მოყვანა ექსტენსიური მეთოდით

კალმახას კულტივირება პირველად მეოცე საუკუნის 20-იან წლებში დაიწყო. გერმანელმა ფერმერებმა ყურადღება მიაქციეს იმ ფაქტს, რომ ეს სოკო ბუნებაში იზრდება ფოთლოვანი ხეების მერქანზე, ამიტომ მოსაშენებელ ნედლეულად სწორედ ფოთლოვანი ხეების მორები შეარჩიეს.

ექსტენსიური მეთოდის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ სოკოს კულტივირებისთვის დაბალხარისხიანი მერქანიც შეიძლება იქნას გამოყენებული. კალმახას მოშენების მიზნით ჭრიან არანაკლებ 25სმ დიამეტრის, ფოთლოვანი ხის მორებს, 30-40 სანტიმეტრის ზომაზე, შემდეგ მორებს ალბობენ წყალში, ერთი კვირის მანძილზე (ახლადმოჭრილი ხის კუნძი ამგვარ დამუშავებას არ საჭიროებს). მერქანში სოკოს მიცელიუმის (თესლის) შეტანა („დათესვა“) ხდება მხოლოდ მას შემდეგ, რაც მერქნის ტენიანობა 80-90%-ს გადააჭარბებს.



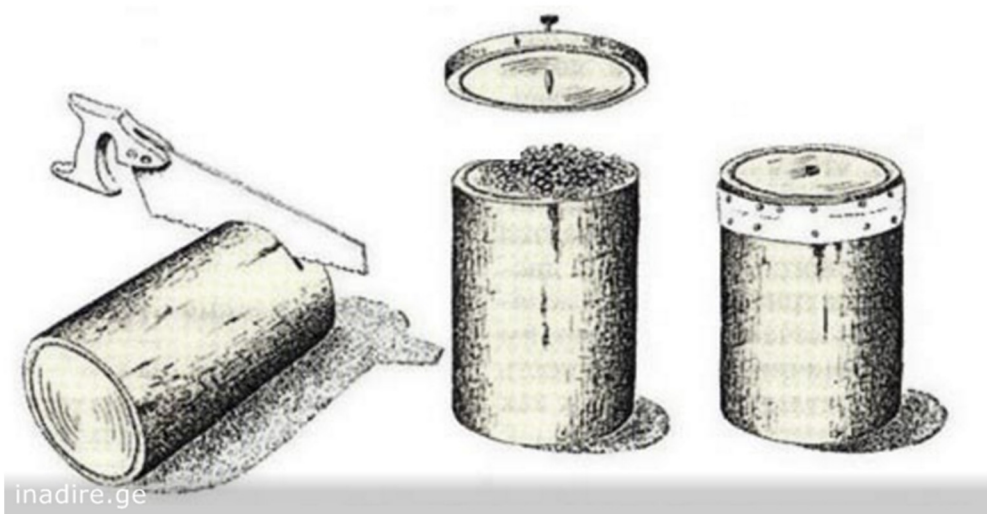
სოკოს „დათესვის“ პროცედურა რამოდენიმე ხერხით, შეიძლება განხორციელდეს:

1. კუნძის მოხერხილ ზედაპირზე თხელ ფენად შლიან 100-150 გრამ მიცელიუმს. ამ მორზე ათავსებენ მეორე კუნძს და მოხერხილი ზედაპირის მხრიდან მასზეც შლიან 100-150გრ. მიცელიუმის თხელ ფენას. ამგვარი წესით რამოდენიმე იარუსიანი „კონსტრუქციის“ შექმნა შეიძლება. გამოშრობის თავიდან აცილების მიზნით, გამზადებულ იარუსებს პოლიეთილენის აკვით ფუთავენ.

2. წყალში დამბალ მორს ბურღის საშუალებით რამდენიმე ნახვრეტს უკეთებენ და ამ „ორმოებში“ ყრიან მიცელიუმს, რის შემდეგაც ნახვრეტს ლუქავენ მის დიამეტრზე ოდნავ მსხვილი ტოტით, დაახლოებით იგივენაირად, როგორც ბოთლს ეფარება საცობი. ნახვრეტი შეიძლება დაილუქოს სკოჩითაც.

3. მორს მოახერხავენ დისკს და მოხერხილ ზედაპირზე თხელ ფენად გაშლიან მიცელიუმს, ზემოდან ათავსებენ მოხერხილ დისკს, რომელსაც ლურსმნებით აჭედებენ.

დათესვის შემდეგ კუნძები შეაქვთ შენობაში, სადაც შენარჩუნებულია სოკოს ზრდის ოპტიმალური ტემპერატურა: 15<sup>o</sup>-20<sup>o</sup>C. კუნძები რომ არ გამოშრეს, პერიოდულად ასხურებენ წყალს (სასურველია, ჩვეულებრივი საწამლი აპარატის გამოყენება). სოკოს განვითარებისთვის ოპტიმალური მიკროკლიმატის შექმნის მიზნით, კუნძებს პერფორირებული პოლიეთილენის ფირს აფარებენ. აღნიშნულ პირობებში კალმახას მიერ კუნძის მერქნის სრულ ათვისებას დაახლოებით 2-2,5 თვე სჭირდება. თუ შენობაში მუდმივად შევინარჩუნებთ ოპტიმალურ ტენიანობას, კუნძების ზედაპირზე თეთრი, ფიფქის მაგვარი, ჰაეროვანი მიცელიუმის ნადები გაჩნდება.



ამის შემდეგ, კუნძები გადააქვთ ბაღის ჩრდილიან ადგილზე. გამოშრობის თავიდან აცილების მიზნით, კუნძის 2/3 მიწაში ათავსებენ, გვალვების შემთხვევაში აუცილებელია მორწყვაც, როგორც კი ჰაერის ტემპერატურა მიღწევს 8-14<sup>o</sup>C, კუნძების ზედაპირზე ჩნდება კალმახას ნაყოფის ჩანასახი, რომელიც რამდენიმე დღეში ზრდასრულ ნაყოფებად ჩამოყალიბდება.

ღია ცის ქვეშ მოყვანის ნაცვლად, კალმახას კულტივირება ანალოგიური მეთოდით შეიძლება, განხორციელდეს დახურულ შენობაშიც, სადაც ქმნიან სათანადო მიკროკლიმატს. ამ შემთხვევაში აუცილებელია შენობის ხშირი განაივება და განათება, აგრეთვე- 80-90% ტენიანობის შენარჩუნება.

ექსტენსიური მეთოდებით კალმახას კულტივაციისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ გაცილებით უხვმოსავლიანია წიფლის და მუხის კუნძები. ყველაზე უხვ მოსავალს კალმახა მეორე და მესამე წელს იძლევა. ერთი მორის გადანაჭერიდან, საშუალოდ, შესაძლებელია 10-12 კილოგრამი სოკოს მიღება.

### **კალმახას კულტივირების ინტენსიური მეთოდი.**

ეკონომიკური თვალსაზრისით, გაცილებით გამართლებული ფორმაა კალმახას კულტივირების ინტენსიური მეთოდი, რადგან ამ შემთხვევაში სოკოს ნაყოფის მიღება შესაძლებელია მთელი წლის განმავლობაში და მოსავლიანობაც არაა დამოკიდებული კლიმატური პირობების სეზონურ ცვლილებებზე. ამ მეთოდს ესაჭიროება სასათბურე შენობა, სადაც ხელოვნურად ქმნიან სოკოს განვითარებისთვის ოპტიმალურ პირობებს. შესაბამისად, ტექნოლოგიური ციკლი უფრო ხანმოკლეა. ექსტენსიური მეთოდისგან განსხვავებით, ინტენსიური ტექნოლოგიის პირობებში შესაძლებელია სხვადასხვა სუბსტრატის გამოყენებაც. უფრო ხშირად იყენებენ ხორბლის ნამჯას, სიმინდის ქეჩქს, ჩალას, ბამბას, ხე-ტყის გადამუშავების და საყოფაცხოვრებო ქაღალდის ნარჩენებსაც. სუბსტრატად შეიძლება, გამოვიყენოთ ზემოთ ჩამოთვლილი ნედლეულების ნარევიც. მცენარეული ნედლეული აუცილებლად მუშავდება თერმულად, რაც ამცირებს სხვა მიკროორგანიზმებით დაბინძურების რისკს. აღნიშნული უპირატესობები მაღალი და სტაბილური მოსავლიანობის მიღწევის საშუალებას იძლევა.

ინტენსიური მეთოდით კალმახას მოყვანის სრული ტექნოლოგიური ციკლი რამოდენიმე ეტაპს მოიცავს და მოითხოვს :

- სუბსტრატის დასაქუცმაცებელ შენობას, შესაბამისი დანადგარით.
- საჭირო მოწყობილობებით აღჭურვილ შენობას ფერმენტაციისა და თერმული დამუშავებისთვის.
- შენობას კალმახას განვითარებისა და მსხმოიარობისთვის.
- სამაცივრო დანადგარებს სოკოს მოსავლის შესანახად.

აქ დეტალურად აღარ განვიხილავთ ინტენსიური მეთოდის ცალკეულ ეტაპებს, მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ ბუნებაში მიმდინარე ექსტენსიურ მეთოდთან შედარებით, ეს ტექნოლოგია უფრო „პრეტენზიულია“, მოითხოვს შენობას, დანადგარებს, ენერგეტიკულ ხარჯებსა და კაპიტალდაბანდებას, მაგრამ მთელი წლის განმავლობაში მიღებული კალმახას უხვი მოსავალი აღნიშნულ ტექნოლოგიას გაცილებით რენტაბელურს ხდის



### ინტენსიური მეთოდი.

ქამა სოკოს (*Agaricus bisporus*) კულტივირების მიზნით ნედლეულად გამოიყენება კომპლექსური სუბსტრატი, რომელიც უფრო ხშირად შედგება ტორფის, ნამჯისა და ქათმის ექსკრემენტებისგან.



საქართველოსთვის ქამა სოკო, სოფლის მეურნეობის (ფაქტიურად) ის ერთადერთი პროდუქტია, რომლის წარმოება ბოლო 6 წელიწადში 6-ჯერ გაიზარდა და ექსპორტზეც გავიდა. „შამპინიონის“ მოშენება იმდენად მრავალსაფეხურიანი პროცესია, რომ ამ ფორმატის პუბლიკაციაში მიზანშეწონილად არ მიგვაჩნია სრული ტექნოლოგიური ციკლის განხილვა. მხოლოდ ზოგადი ინფორმაციით შემოვიფარგლებით.

როგორც დარგის სპეციალისტები ამბობენ, ქამა სოკოს ჩვილივით მოვლა სჭირდება. ისიც კი აზიანებს, თუ სათბურში შემოსული ჰაერი პირდაპირ „დაეჯახება“. ქამას მოყვანას ესაჭიროება სითბო, მუდმივი წყალი, ელექტროენერგია, სათბური-გამართული სავენტილაციო სისტემითა და ჰერმეტიკული კედლებით, კვალიფიცირებული მუშა-ხელი, ყველა ხარჯის წინასწარ დაანგარიშება, მოსავლის გასაღების ბაზრის შესწავლა და ა.შ. კალმახასთან შედარებით ის გაცილებით პრეტენზიულია, სამაგიეროდ, ბაზარში

„შამპინიონზე“ მოთხოვნილება და კლიენტი ყოველთვისაა, ამიტომ სწორი დაგეგმარების შემთხვევაში, მწარმოებელი არასოდეს დარჩება წაგებული.

უკანასკნელ წლებში სამეცნიერო ლიტერატურაში ჩნდება ფრიად საინტერესო მონაცემები საჭმელი სოკოების სამკურნალო თვისებების შესახებ. სოკო შიიტაკე (*Lentinus edodes*) ცნობილია რბილი ტექსტურის, ხის არომატისა და სასარგებლო თვისებების წყალობით და მსოფლიოში მეორე ადგილზეა ყველაზე გავრცელებულ სოკოებს შორის.



ის გამოირჩევა საუკეთესო გემოვნური და სამკურნალო თვისებებით და დელიკატესად არის მიჩნეული. გავრცელებულია ჩინეთისა და იაპონიის ტყეებში და ათასწლეულებია, რაც საკვებად გამოიყენება აზიის ქვეყნებში. მას შემდეგ, რაც იაპონელმა მეცნიერებმა, დაადგინეს, რომ შიიტაკე კიბოს საწინააღმდეგო თვისებებს ფლობს, ის ფართოდ გამოიყენება როგორც „ქიმიოთერაპიის დამატება“ და „დღეგრძელობის წამლად“ არის მიჩნეული. იმუნოსტიმულატორულ თვისებებს შიიტაკეს მის მიერვე პროდუცირებული პოლისაქარიდები (რთული შაქრები) ანიჭებს. აღმოჩნდა, რომ ამ სოკოს ანტივირუსული მოქმედებაც ახასიათებს, ამიტომ ინტენსიურად მიმდინეობს კვლევები აივ ვირუსის წინააღმდეგ მის გამოსაყენებლად. არსებობს მონაცემები იმის თაობაზეც, რომ შიიტაკე აყოვნებს დაბერების პროცესს. მიუხედავად იმისა, რომ ამ სოკოს ხელოვნურად მოშენება შესაძლებელია წაბლის, მუხის, ნეკერხლის, შავი ხის კუნძებზე, ნახერხზე და ბრინჯის ნამჯაზე, ითვლება, რომ მისი კულტივირება რთულ ტექნოლოგიურ პროცესებთანაა დაკავშირებული, ამიტომ ეს სოკო საქართველოში არ იწარმოება და ბაზარზე შემოდის მხოლოდ იმპორტული კონსერვის სახით.



საკვები ცილის დეფიციტის შევსების განხილული მაგალითები ცხადყოფს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანი შეიძლება აღმოჩნდეს საქართველოსთვის აგრარული სექტორის იმ ბიოპოტენციალის გამოყენება, რომელსაც სოფლის მეურნეობის ნარჩენები ქმნის. საჭმელი სოკოების კულტივირება საოჯახო მეურნეობაში რთულ ტექნოლოგიას არ წარმოადგენს და სოკოს მოსავალთან ერთად, შინაური ცხოველების საკვები დანამატისა და ორგანული სასუქის მიღების საშუალებასაც იძლევა. გადაუჭარბებლად შეიძლება, ითქვას, რომ კალმახა სოკოს მოყვანა საინტერესო საოჯახო საქმიანობად და არც თუ მცირე შემოსავლის წყაროდ შეიძლება, იქცეს. საკვები სოკოების წარმოების მოცულობა ყოველწლიურად იზრდება და სავარაუდოა, რომ ახლო მომავალში ბაზიდიალური სოკოების კულტივირებით მიღებული სრულფასოვანი ცილა ადამიანის საკვებ რაციონში უფრო ფართო ასორტიმენტით იქნება წარმოდგენილი.

## **სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბიოგადამუშავება და ბიოჰუმუსი**

სახნავ-სათესი სავარგულების ნაყოფიერების პრობლემის მოგვარების ეკოლოგიურად უსაფრთხო და უალტერნატივო გზად მიჩნეულია სამრეწველო ჭიკაყელების მიერ დამზადებული ბიოჰუმუსის გამოყენება. ჭიკაყელების პოტენციალის რეალიზაცია ნიადაგის „გაკეთლშობილების“ მიზნით, ახალი იდეა არაა. ჯერ კიდევ 40-იან წლებში აშშ-ში შეიქმნა ნარჩენებზე ჭიკაყელების ხელოვნური გაშენების მეურნეობები. 1959 წელს კალიფორნიაში მრავალწლიანი სელექციის საფუძველზე მიიღეს წითელი ჭიკაყელას კალიფორნიის ჰიბრიდი. ცოტა მოგვიანებით ჭიკაყელების ინტენსიური გამრავლება დასავლეთ ევროპასა და იაპონიაშიც დაიწყო.



ცნობილია, რომ ჭიაყელების ძირითად საკვებს მცენარეული ნარჩენები წარმოადგენს. დღის განმავლობაში ისინი მოიხმარენ თავისი წონის ტოლი მასის საჭმელს, თუმცა შიმშილი შეუძლიათ 2–4 თვის მანძილზე. ისინი ტენის მოყვარულები არიან და საჭიროებენ აერაციას, მათი განვითარებისთვის ოპტიმალური ტემპერატურაა 20<sup>0</sup>–25<sup>0</sup>C, გამრავლებისათვის- 12<sup>0</sup>–17<sup>0</sup>C, უყვართ ნეიტრალური რეაქციის გარემო. ქვიშნარი, თიხნარი, მჟავე და დამლაშებული ნიადაგები მიუღებელია ჭიაყელების კულტივირებისათვის. ისინი გაურბიან ქარს. ბუნებრივ პირობებში ჭიაყელები, პრაქტიკულად, არ ავადდებიან. მათი დაღუპვა, ძირითადად, დაკავშირებულია ნიადაგების გადამეტებულ ქიმიზაციასთან. ჭიაყელების კულტურის საფუძველზე ამზადებენ ძვირფას ორგანულ სასუქს ე.წ. „ბიოჰუმუსს“.

**ტერმინი-ვერმიკულტურა** წარმოადგენს კომპოსტური ჭიების რთულ თანასახოგადობას, ხოლო **ვერმიკულტივირება** - ბიოტექნოლოგიის ახალი მიმართულებაა და გულისხმობს ზოგიერთი სახეობის ჭიაყელის სამრეწველო მოშენებას (Vermes- ჭია).

### რა არის ბიოჰუმუსი?

ბიოჰუმუსი - ე.წ. მარცვალა სასუქი, წარმოადგენს მაკრო- და მიკროელემენტებით დაბალანსებულ, მაღალი ბიოლოგიური აქტივობის ორგანულ სასუქს. მარტივად რომ ვთქვათ, ბიოჰუმუსი არის ჭიაყელების მიერ, სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბუნებრივი გადამუშავების შედეგად დამზადებული პროდუქტი, რომელიც გამოიყენება ნებისმიერი ტიპის ნიადაგზე, ნებისმიერი კულტურის ნაყოფიერების გაუმჯობესების მიზნით. დადგენილია, რომ 3 ტონა ბიოჰუმუსი 20 ტონა ნაკელის ექვივალენტურია, მისგან განსხვავებით არ შეიცავს მავნე ბაქტერიებს და 60%-ით უფრო ეფექტურია, ვიდრე- იგივე

რაოდენობის ნაკელი. „ჯანმრთელ“ ნიადაგში ბიოჰუმუსის შეტანა 3 წელიწადში ერთხელაც კი საკმარისია.



### როგორ ამზადებენ ბიოჰუმუსს ჭიაყელები ?

ჭიაყელები ყლაპავენ ნიადაგში მოხვედრილ ორგანულ ნივთიერებებს, ბაქტერიებს, სოკოებს, მათ სპორებს, უმარტივესებს, ნემატოდებსა და მცენარეთა მავნებლების მთელ არმიას, მათ შორის- სარეველებსაც. საჭმლის მომწელებელ სისტემაში ამგვარი საკვების გადამუშავების შედეგად მიმდინარეობს ლიგნინის დაშლის პროდუქტების პოლიმერიზაცია და ჰუმინური მჟავების წარმოქმნა. ჭიაყელას ნაწლავებში ეს ნივთიერებები უკავშირდება მინერალურ კომპონენტებს და საბოლოოდ გარემოში ე.წ. კოპროლიტების- ქვიშიანი ექსკრემენტების სახით გამოიყოფა. დადგენილია, რომ საბოსტნე, ნაყოფიერი ნიადაგის ზედა ფენასთან შედარებით კოპროლიტები 5-ჯერ მეტ ბიოლოგიურ აზოტს, 7-ჯერ მეტ ფოსფორსა და 11-ჯერ მეტ კალიუმს შეიცავს. კოპროლიტებში გროვდება კალციუმის მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რაც ნიადაგს მაღალ წყალშეკავებით უნარს და წყალგამძლე სტრუქტურას ანიჭებს. ამასთან კალციუმი აქვეითებს ნიადაგის მჟავიანობასაც.

საუკეთესო ბიოჰუმუსის ნიმუშის 1გ-ში აღინიშნება მიკროორგანიზმების რამდენიმე მილიარდი უჯრედი, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება მიკრობების რაოდენობას ნაკელში (150–350მლნ). სასარგებლო მიკროფლორის ასეთი სიუხვე ზრდის ბიოჰუმუსის კვებით და ფიტოსანიტარულ თვისებებს. კოპროლიტები არ შეიცავს სარეველა მცენარეების თესლს, ამიტომ ბიოჰუმუსის გამოყენება გამორიცხავს ჰერბიციდების საჭიროებას. კოპროლიტების მიკროფლორა ნიადაგს ამდიდრებს ვიტამინებით, ჰორმონებით, ფერმენტებით და ანტიბიოტიკებით. ერთი სიტყვით, კოპროლიტების წყალობით მცენარეებს იდეალური გარემო ექმნებათ ზრდა-განვითარებისათვის. აღსანიშნავია, რომ რაც უფრო ღარიბია ნიადაგი, მით განმაცვიფრებელია ბიოჰუმუსის მოქმედებით მიღწეული ეფექტი: მაგ. არაბეთის ემირატები, რომელიც ევროპაში ნაყიდი ბიოჰუმუსით ანოყიერებს

საკუთარ უდაბნო ტერიტორიებს, ამ ბიოტექნოლოგიის წყალობით იმპორტიორი ქვეყნიდან საკვები პროდუქტების ექსპორტიორ ქვეყნად იქცა. ჭიაყელების სამრეწელო გამრავლება ინტენსიურად წარმოებს მთელ რიგ ქვეყნებში. გერმანიაში, იტალიაში, საფრანგეთში, ესპანეთში, პოლონეთსა და შვედეთში ვერმიკულტივირებით მიღებულ ჭიაყელებს პირდაპირ უშვებენ ნიადაგში, სადაც ისინი სწრაფად მრავლდებიან და შესანიშნავად ვითარდებიან: დადგენილია, რომ ერთ ჰა-ზე 600 კგ-მდე ჭიაყელა სამი წლის განმავლობაში სრულიად აღადგენს ნიადაგის ნაყოფიერებას.

ვერმიკულტივირების მთავარ პრობლემას ჭიაყელების ნაკლებობა წარმოადგენს. ბაზარი გაჯერებულია სათევზჭერო ჭიაყელებით, მაგრამ ისინი 10–ჯერ ნაკლებ ჰუმუსს იძლევა ტექნოლოგიურ ჭიაყელებთან შედარებით, ამიტომ, ვერმიკულტივირების განვითარება უნდა დაიწყოს ჭიაყელების მოსაშენებელი რეპროდუქტორული ქსელის შექმნით, რაც სახელმწიფოს მხარდაჭერის გარეშე შეუძლებელია.



გაცილებით იოლია ჭიაყელების მოშენება საოჯახო მეურნეობებში.

ვერმიკულტივირებით მიღებულ პროდუქციას მაღალი გასაღება აქვს არა მხოლოდ საზღვარგარეთ, არამედ- ქვეყნის შიგნითაც. ამ მიმართულების ცალკე დარგად ჩამოყალიბება სტიმულს მისცემს მეცხოველეობისა და მემცენარეობის დარგების განვითარებას. გაჩნდება ახალი რეალიზებადი ორი პროდუქტი – სოფლის მეურნეობის ნარჩენები (ბიოჰუმუსის საწარმოებლად) და ჰუმუსური სასუქი. რაც მთავარია, ეს ტექნოლოგია შეიძლება, განვიხილოთ, როგორც სოფლის მეურნეობის ნარჩენების კომპლექსური მართვის ეკოლოგიურად უსაფრთხო და ეკონომიურად მომგებიანი ტექნოლოგია.

## გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ნ. ალექსიძე. 1994. „ბიოგაზი“ მცირე საოჯახო ენერგეტიკა.
2. ა. ბაკურაძე, ე.კვეციტაძე, დ.დავანაძე. თბილისი.2009. თანამედროვე ბიოტექნოლოგიის შესავალი.
3. ბიომასის წარმოებისა და უტილიზაციის მიზანშეწონილობის დეტალური შესწავლა (ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება). თბილისი.2014. ახალი ტექნოლოგიების ცენტრი
4. აკორახაშვილი, ნ. გაიდამაშვილი.თბილისი. 2012. აგრობიოტექნოლოგია.
5. Национальный стандарт Российской федерации. ГОСТ П 52808-2007. 2008. Москва Стандартинформ.
6. T. Aggelopoulos, Katsieris K., Bekatorou A., Pandey A., Banat I.M. and KoutinasA.A.. 2014. Solid state fermentation of food waste mixtures for single cell protein, aroma volatiles and fat production. *Food chemistry*. 145:710-716.
7. A. Tesfaye 2014. [Single cell protein extraction from orange wastes using \*Aspergillus niger\* isolate no. 5 under solid state fermentation](#) *Ethiopian Journal of Biological Science* . 13(2):87-98.
8. X. Anupama, and Ravindra P. 2000. Value added food: single cell protein. *Biotechnol Advances*. 18:459-479.
9. R.S. Ashok, P. Nigam, T. Vanete, and P.S. Luciana. 2000. Bio resource technology. *J Am. Sci*. 16:8-35.
10. W. Dexter Bellam. 2013. Production of single-cell protein for animal feed from lignocellulose wastes. Physical Chemical Laboratory, General Electric Company, Corporate Research and Development, Schenectady, New York 12301, United States.
11. T.C. Bhalla, N.N. Sharma and M. Sharma, 2007. Production of Metabolites, Industrial Enzymes, Amino Acid, Organic Acids, Antibiotics, Vitamins and Single Cell Proteins. National Science Digital Library, India.p 3-9.
12. M. Bonatti, .P.Karnopp. 2004. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. *Food Chemistry*. 88(3):425-428.
13. R. Ch. Kuhad, A. Singh, K.K. Tripathi, R.K. Saxena, Karl-Erik L. Eriksson. 1997. Microorganisms as an Alternative Source of Protein. *Nutrition Reviews* . 55 (3): 65-75.
14. A. K. Mondal, S. Sengupta, J. Bhowal and D. K. Bhattacharya. 2012. Utilization of fruit wastes in producing single cell protein. Bengal Engineering and Science University, Shibpur, Howrah -711 103, West Bengal, India.

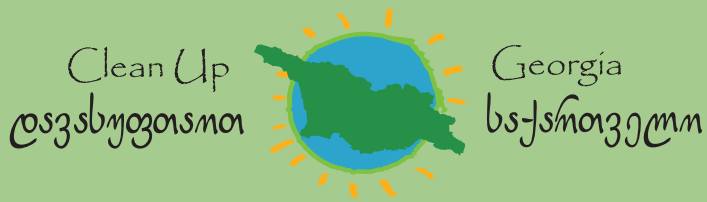
15. A.T. Nasser, Rasoul-Amini S, Morowvat M.H.and Ghasemi Y. 2011. Single Cell Protein: Production and Process. *American Journal of Food Technology*. 6(2):103-116.
16. I.D. Ried 1985. Biological delignification of aspen wood by solidstate fermentation with the white –rot fungus *Merullius tremellosus*. *Appl. Enviro. Microbiol.* 50:133-139.
17. C. Sánchez 2009. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi, Carmen Sánchez Opens the author workspace. 27(2):185-194.
18. M.K.Yousuf. 2012. To determine protein content of single cell protein produced by using various combinations of fruit wastes in the production of SCP by using two standard food fungi *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oligospora*. *Int. J Adv. Biotechnol. Res.* 3(1):533-536.
19. [https://www.ikbooks.com/home/samplechapter?filename=287\\_9789384588526](https://www.ikbooks.com/home/samplechapter?filename=287_9789384588526)
20. <https://www.researchgate.net/.../316620581>
21. <https://www.researchgate.net/.../267217680>
22. <https://www.mushroom-appreciation.com/oyster-mushrooms.html>
23. [www.mykoweb.com/CAF/species/Agaricus bisporus.htm](http://www.mykoweb.com/CAF/species/Agaricus bisporus.htm)
24. [www.davidmoore.org.uk/Sec04\\_11.htm](http://www.davidmoore.org.uk/Sec04_11.htm)
25. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1951799>



[www.mtsignobari.ge](http://www.mtsignobari.ge)

დაიბეჭდა შპს „მნიგნობარის“ სტამბაში

0102, ქ. თბილისი, კიევის ქ. 10; ტელ.: 294 05 71



[www.eawm.org.ge](http://www.eawm.org.ge)

პროექტი “დავასუფთავოთ საქართველო – ფაზა III”  
ხორციელდება შვედეთის მთავრობის ფინანსური უზრუნველყოფით



ECOLOGICAL AWARENESS  
& WASTE MANAGEMENT



Sweden/შვედეთი

Sverige