

## ინოვაციური ტექნოლოგიები სოფლის მეურნეობაში და ეკონომიკური გამოწვევები (აეროპონიკის მაგალითი)

**ალექსანდრე ვაჭარაძე**

ქუთაისის უნივერსიტეტის ასისტენტ-პროფესორი  
[aleksandre.vatcharadze@unik.edu.ge](mailto:aleksandre.vatcharadze@unik.edu.ge)

**საკვანძო სიტყვები:** სოფლის მეურნეობა; გამოწვევები; აეროპონიკა; ინოვაცია;

J.E.L. classification: Q10; Q16; Q18

DOI: <https://doi.org/10.52244/ep.2021.21.08>

**ციტირებისთვის:** ვაჭარაძე ა., (2021) ინოვაციური ტექნოლოგიები სოფლის მეურნეობაში და ეკონომიკური გამოწვევები (აეროპონიკის მაგალითი). ეკონომიკური პროფილი №1(21), გვ. 82–91. DOI: <https://doi.org/10.52244/ep.2021.21.08>

**ანოტაცია.** მსოფლიო მოსახლობის ზრდის პარალელურად, იზრდება მოთხოვნა სოფლის მეურნეობის სუფთა და ჯანსაღ პროდუქციაზე. აღნიშნულის დაკმაყოფილება კი, კლიმატური პირობების გაუარესების თუნიადაგის დეგრადაციის შედეგად, სოფლის მეურნეობის ტრადიციული მეთოდებით სულ უფრო მნელდება. საჭირო ხდება სოფლის მეურნეობაში ინოვაციური მეთოდების შემუშავება და განვითარება. ამ მხრივ ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური და ახალი მეთოდი არის აეროპონიკა, რომელიც ნიადაგის არარსებობის შემთხვევაში, მცირეოდენი წყლის გამოყენებით, მინიმალურ ფართზე 3 განზომილებიანი სასათბურე მეურნეობის გაშენების საშუალებას იძლევა, სადაც კულტივაციის პერიოდი, ტრადიციულისაგან განსხვავებით, იქნება დაჩქარებული და გახანგრძლივებული მთელი წლის მანძილზე. აღნიშნულ საკითხთან მიმართებით

დამამედებლად მიგვაჩნია, რომ ქართული კომპანიებიც არ ჩამორჩებიან მსოფლიოში მიმდინარე პროცესებს და აქტიურად არიან ჩართულნი აეროპონიკის სისტემის დახვეწასა თუ განვითარებაში.

### შესავალი

„ჯი ეს ეი ტექნოლოგიები“ ქართული სტარტაპია, რომელმაც 2020 წელს საქართველოს ინოვაციებისა და ტექნოლოგიების სააგენტოს 100 000 ლარიანი თანადაფინანსების საგრანტო კონკურსი მოიგო (GITA, 2021). კომპანია მიზნად ისახავს 100%-ით ეკოლოგიურად სუფთა სასათბურე მეურნეობის გაშენებას. ერთი შეხედვით, ამ კომპანიის მიზანი არაფრით განსხვავდება საქართველოში არსებული სხვა სასათბურე მეურნეობების მიზნებისგან, თუ არ ჩავთლით, რომ ისინი ამ მიზნის მისაღწევად იყენებენ მცენარის ვეგეტაციის არატრადიციულ, ინოვაციურ მეთოდს, სახელდობრ — აეროპონიკას.

მცენარის ტრადიციული მეთოდით მოყვანა (გეოპონიკა) შედარებით არაეფექტურთან ერთად ზიანის მომტანიც შეიძლება გახდეს გარემო-პირობებისათვის. მათ შორის აღსანიშნავია გეოპონიკის პირობებში

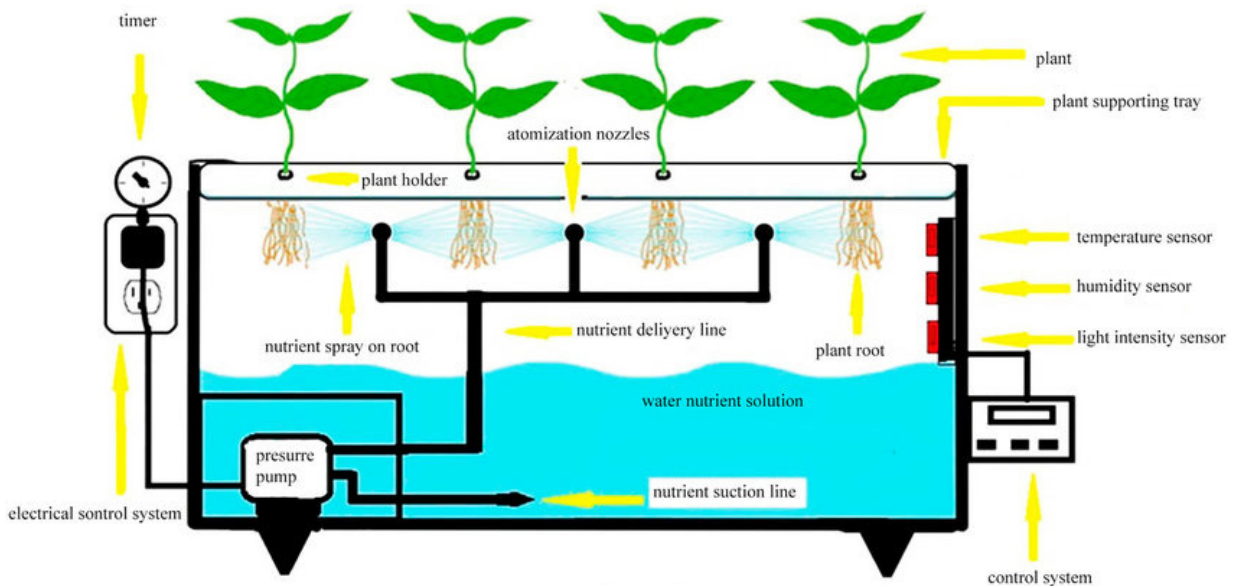
წყლის რესურსის არაეფექტურად და დიდი რაოდენობით ხარჯვა; პესტიციდების ინტენსიური გამოყენება; მცენარის ვეგეტაციისთვის საჭირო დიდი გეოგრაფიული არეალი, რასაც ემატება კლიმატის გამუდმებული ცვლილება და გახშირებული გვალვები. ყველა ამ ფაქტორთა ერთობლიობა შეუძლებელს გახდის მსოფლიოში ჯანსაღ პროდუქტებზე მზარდი მოთხოვნის დაკმაყოფილებას (Pinstруп-Andersen, 2017). სწორედ ჯანსაღ საკვებ პროდუქტებზე მზარდი მოთხოვნა განაპირობებს სოფლის მეურნეობაში ინოვაციური მეთოდების დანერგვას.

ტერმინი აეროპონიკა ბერძნული სიტყვებისგან: „aer“ (ჰაერი) და „ponos“ (შრომა) არის მიღებული, რაც ჰაერში შრომას

ნიშნავს. უფრო კონკრეტულად, აეროპონიკა გულისხმობს მცენარის ვეგეტაციას ნიადაგის გარეშე, ხელოვნურად შექმნილ კონტროლირებად გარემოში. მცენარეს ყველა საჭირო საკვები ნივთიერებები და მინერალები ფესვებზე შეფრქვევით მიეწოდება (Osvald et al., 2001:60). მცენარის ფესვები, სპეციალური კალათის საშუალებით, მოთავსებულია დახურულ კონტეინერში, შემფრქვევი/სანისლე სისტემის გამოყენებით კი პერიოდულად ხდება წყალში შეზავებული საკვები ნივთიერებების მიწოდება (იხ.ნახ.1). როგორც წესი, მცენარეების თავზე მოწყობილია სპექტრული განათებები, რათა მოხდეს ვეგეტაციის პროცესის დაჩქარება, მაქსიმალური ეფექტიანობით. (Mbiyu et al. 2012:176)

ნახაზი 1

მცენარის ვეგეტაცია აეროპონიკული მეთოდის გამოყენებით (Mbiyu et al., 2012:174)



**ძირითადი ნაწილი**

მცენარეების ზრდის აეროპონიკული მეთოდი არ არის უცხო ბუნებისთვის. განსაკუთრებით, ტროპიკულ ადგილებში ჩანჩქერების მახლობლად ხშირია კლდეებზე აღმოცენებული მცენარეები, რომელთა

ფესვებიც, მსგავსად აეროპონიკის სისტემისა, ჰაერში, მიწის გარეშე საზრდოობს და იღებს საჭირო საკვებ ნივთიერებებს (Rains,1941:103). სწორედ ბუნების ამ მოვლენაზე დაკვირვებით

შეიმუშავეს მეცნიერებმა მცენარის ზრდის აღნიშნული მეთოდი. პირველად, ბარკერმა (Barker, 1922) გამოიყენა მსგავსი მეთოდი მცენარეების ფესვთა სისტემის შესწავლის მიზნით. მისივე მოსაზრებით, მცენარის ზრდის საჭაერო მეთოდი არის ბუნებრივი გზა, რამაც ძლიერ გაამარტივა ფესვებზე დაკვირვება. აეროპონიკის პირობებში მცენარის ფესვები ვიზუალურად ნათლად იყო წარმოჩენილი და მკვლევარს საშუალებას აძლევდა შეესწავლა მისი სტრუქტურა. მას შემდეგ არაერთმა მკვლევარმა გამოიყენა აღნიშნული მეთოდი სხვადასხვა მცენარის შესასწავლად (მათ შორის, Zobel et al., 1976; Sylvia and Hubbel, 1986; Shtrausberg and Rakitina, 1970; Hessel et al., 1993).

გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან მცენარის გაზრდის აეროპონიკულმა მეთოდმა ნელ-ნელა გადაინაცვლა კომერციულ ბაზარზე და 1983 წელს გამოჩნდა პირველი სამომხმარებლო აეროპონიკული სისტემა, სახელად “Genesis Rooting system”, შემოკლებით გენეზისის მანქანა. დახურული კონტეინერი, რომელიც აღჭურვილი იყო სხვადასხვა ელექტროჩიპებითა და წყლის შემფრქვევი სიტემებით, მომხმარებლებს საშუალებას აძლევდა სახლის პირობებში გაეზარდათ სასურველი მცენარე. აღსანიშნავია, რომ მცენარის ვეგეტაციის აეროპონიკულმა მეთოდმა მალევე მიიქცია NASA-ს ყურადღება. მათ კიდევ უფრო განავითარეს კვლევები, რათა კოსმოსში შეემუშავებინათ მცენარის ვეგეტაციის ეფექტიანი მეთოდი. 2006 წელს NASA-მ დაადგინა, რომ აეროპონიკის მეშვეობით მცენარეების ვეგეტაციის დროს შესაძლებელია წყლის 99% დაზოგვა, საკვები ნივთიერებების 50%-ით დაზოგვა, ხოლო კულტივაციის პერიოდის 45%-თ შემცირება (NASA, 2006:71).

გლობალური დათბობისა და კლიმატის გამუდმებული ცვლილების ფონზე, სისტემატური კულტივაციისგან გამოფიტული ნიადაგი, მსოფლიოს მზარდი მოსახლეობის პარალელურად, დღითიდღე ართულებს ვეგეტაციის ტრადიციული მეთოდით საკვებ პროდუქტებზე გაზრდილი მოთხოვნის დაკმაყოფილებას (Pinstруп-Andersen, 2017). აქედან გამომდინარე, სწავლულები სოფლის მეურნეობაში ატარებენ ექსპერიმენტულ კვლევებს ალტერნატიული გზების მოსაძებნად. ტრადიციულად, ჯანსაღი მცენარის გასაზრდელად 3 ძირითადი ფაქტორია საჭირო: ნიადაგი, წყალი და ხელსაყრელი გარემო პირობები. თუმცა, თანამედროვე კვლევებით დგინდება, რომ ნიადაგი მთლიანად შეიძლება გამოვრიცხოთ ზემოთქმული 3 ფაქტორიდან და მაინც შევძლოთ ჯანსაღი მცენარის გაზრდა. (NASA 2006:73)

გეოპონიკისგან განსხვავებით, რომელიც იყენებს დიდი რაოდენობით წყალს და პესტიციდებს, თანამედროვე მეთოდები და სახელდობრ აეროპონიკა იყენებს მნიშვნელოვნად ნაკლებ წყლის რესურს, გაცილებით ეფექტიანად. დამატებით, აეროპონიკა ვერტიკალური მეურნეობების გაშენების შესაძლებლობას გვაძლევს. ამასთან, გამომდინარე იქედან, რომ მცენარის ფესვები კონტროლირებად, ჟანგბადით მდიდარ, გარემოშია, აეროპონიკის ერთ-ერთი მთავარი ღირსება არის მისი მაღალი მოსავლისუნარიანობა. თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარებამ კი კიდევ უფრო გაამარტივა აღნიშნული პროცესი. სხვადასხვა საზომ ხელსაწყოებზე ხელმისაწვდომობამ (მათ შორის Ph (მჟავიანობის) საზომი, ტენიანობის, ტემპერატურის), სხვადასხვა მობილური აპლიკაციების გამოჩენამ, რაც კონტროლის პროცესს ამარტივებს, დღითიდღე

აძლიერებს აეროპონიკის უპირატესობებს სხვა ტრადიციულ, მეთოდებთან შედარებით.

აეროპონიკის პარალელურად, უნდა აღინიშნოს მცენარის ვეგეტაციის სხვა თანამედროვე გზებიც, მაგალითად ჰიდროპონიკა, რომლის დროსაც მცენარის ფესვები მოთავსებულია საკვები ნივთიერებებით გაჯერებულ წყალში და იქედან საზრდოობს. ჰიდროპონიკის დროს არის რისკი, რომ წყალში გაჩნდეს ბაქტერია და ვინაიდან ეს წყალი საერთო აქვთ მცენარეებს შეიძლება გამოიწვიოს ყველას ერთიანად დაზიანება. ეს პრობლემა აღმოფხვრილია აეროპონიკაში, სადაც მცენარეები ინდივიდუალურად იღებენ საჭირო საკვებ მასალას სპეციალური შემფრქვევი მოწყობილობებისგან. აეროპონიკის უპირატესობა ჰიდროპონიკასთან შედარებით არის ისიც, რომ აეროპონიკულ სისტემაში წყლის გაცილებით ნაკლები რესურსი ხარჯვა ხდება.

ქვემოთ წარმოდგენილია აეროპონიკის ძირითადი ელემენტების მოკლე აღწერა. აეროპონიკის სისტემა გულისხმობს დახურულ კონტეინერს; მაღალი წნევის ტუმბოებსა და

შემფრქვევ სისტემებს; სხვადასხვა სენსორებს, ფილტრებს, სპექტრულ განათებასა და ტაიმერებს. განვიხილოთ თითოეული კომპონენტის ძირითადი მახასიათებლები.

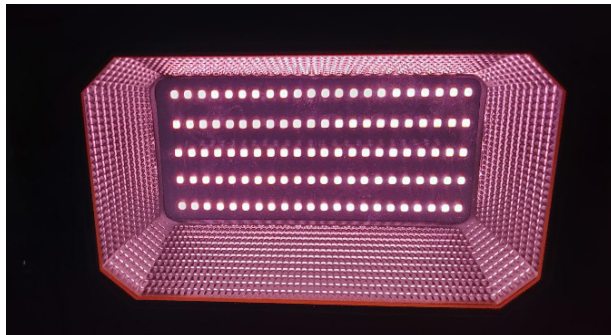
### სათბური

აეროპონიკის ერთ-ერთი მთავარ უპირატესობად მიიჩნევა ის, რომ ამ სისტემის გამართვა შესაძლებელია ნებისმიერ ადგილზე. სისტემა მარტივად შეიძლება მოეწყოს, როგორც არსებულ სასათბურე მეურნეობებში, ისე ბნელ სარდაფში. სულ რამდენიმე კვადრატულ მეტრზე. სისტემა იძლევა ვერტიკალური ვეგეტაციის საშუალებას, რის გამოც შესაძლებელია ტერიტორიის მაქსიმალურად ეფექტიანი ათვისება. ბნელი სარდაფის პირობებში მცენარისათვის საჭირო ტემპერატურის შექმნა, როგორც წესი, არ საჭიროებს დამატებით ფინანსებს, საჭირო ტემპერატურა მიიღწევა სპეციალური ენერგოეფექტური სპექტრული განათებების ხარჯზე (იხ. სურ.1), რომელიც მცენარეს, გასაზრდელად საჭირო სინათლესთან ერთად, აწვდის საჭირო ტემპერატურასაც.

### განათება

სურათი 1

საქართველოში წარმოებული სპექტრული სანათი<sup>1</sup>



1 ავტორის ფოტო.

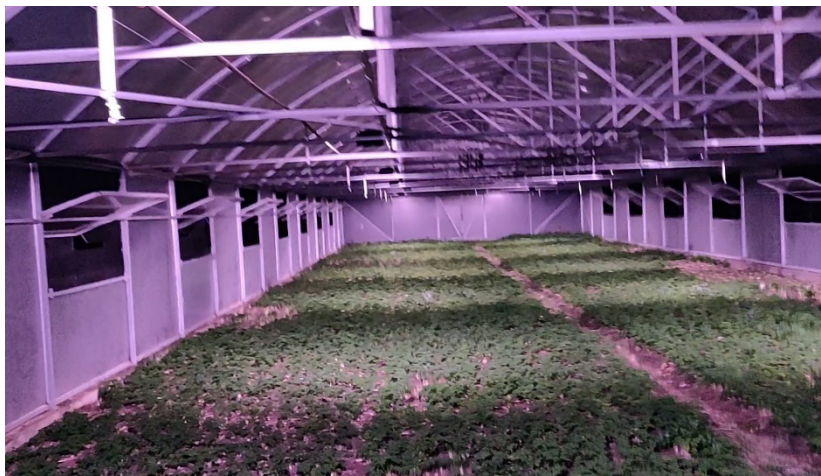
სტატიის დასაწყისში ნახსენები ქართული სტარტაპის ერთ-ერთი ინოვაციური მიგნება 2 მნიშვნელოვანი საკითხის (განათება და გათბობა) პრობლემის ერთ საკითხად გაერთიანება გახლავთ, რაც მიიღწევა თანამედროვე სპეციალური ენერგოეფექტური დიოდური სანათების მეშვეობით. ეს სანათები გარდა იმისა, რომ გამოყოფენ მცენარის ფოტოსინთეზისათვის საჭირო ფოტონების ეფექტურ რაოდენობას (PPFD - Photosynthetic Photon Flux Density), მუშაობის პროცესში ხურდებიან დაახლოებით 70°C-მდე და სანათის დაკიდების სიმაღლის რეგულირებით

შესაძლებელია შერჩეულ იქნას ტემპერატურა ამა თუ იმ მცენარის საჭიროებებიდან გამომდინარე. აღსანიშნავია, რომ ეს ინოვაციური სანათები დამზადებულია ქ. ქუთაისში (იხ.სურ.1)

ამასთან, სპექტრული სანათები გამოიყენება, არა მხოლოდ აეროპონიკასა და ჰიდროპონიკის სიტემებში, არამდე ტრადიციულ სასათბურე მეურნეობებშიც. ზამთრის ხანმოკლე დღეების ფონზე სანათების საშუალებით ხდება დღის ნათელი პერიოდის გახანგრძლივება, რის შედეგადაც მიიღწევა მცენარის ზრდის ზაფხულის პერიოდთან გათანაბრებული ეფექტიანი პროცესი (იხ.სურ. 2).

სურათი 2

შპს „ჰერბიას“ ტრადიციული სასათბურე მეურნეობა საქართველოში დამზადებული



ინოვაციური სანათების ფონზე (ქ. წყალტუბო).<sup>2</sup>

### წყალი

აეროპონიკაში წყალი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია, ვინაიდან მისი მეშვეობით მიეწოდება მცენარეს ზრდისთვის საჭირო მინერალები თუ საკვები ნივთიერებები. როგორც წესი, სასმელი წყლის გასაწმენდად ხშირად გამოიყენება ქლორი (Cl). ქლორი და ნატრიუმიც (Na) ისეთი ელემენტია, რომელთან შეზავებაც საგრძნობლად ზრდის წყლის ელექტროგამტარიანობას (EC-electrical conductivity). აეროპონიკაში კი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია წყლის

2 ავტორის ფოტო.

ელექტროგამტარიანობის დაბალი მაჩვენებლის შენარჩუნება (Otazu, 2010:44). წყალში ქლორის გადამეტებულმა ოდენობამ შესაძლოა გამოიწვიოს მცენარის ფესვების დაწვა და განადგურება. ასევე მნიშვნელოვანია წყლის მჟავიანობის (pH) დონის რეკომენდირებულ ფარგლებში შენარჩუნება. ჩვეულებრივ, pH -ის 8-ზე დიდი ნიშნული საზიანოა მცენარისათვის (Mateus-Rodriguez et al., 2014:520). აეროპონიკაში ამ პრობლემის თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება მჟავიანობისა და ელექტროგამტარიანობის დონის სპეციალური pH და EC საზომები. ასევე ტემპერატურაც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მცენარის ვეგეტაციაში და მის გასაზომათაც აუცილებელია სპეციალური საზომის დამონტაჟება (Otazú, 2010).

### ელექტროენერჯია

აეროპონიკაში საჭირო წყლის ტუმბოები და გამფრქვევი საშუალებები, ასევე ზემოთხსენებული საზომი ხელსაწყოები და ტაიმერები საჭიროებენ ელექტროენერჯის მუდმივ წყაროს. სასურველია აეროპონიკის სიტემა აღჭურვილი იყოს ძირითადად ერთად ენერჯის ალტერნატიული წყაროთი, ვინაიდან ენერჯის გათიშვის შემთხვევაში, განსაკუთრებით ზაფხულის ცხელ პერიოდში, მცენარეები შეიძლება ერთ საათში განადგურდეს (Otazú, 2010.)

### გასაზრდელი ყუთები და შემფრქვევი სისტემები

აეროპონიკის დროს, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შესაძლებელია მცენარის როგორც ჰორიზონტალური ასევე ვერტიკალური ვეგეტაცია. შესაბამის ლიტერატურაზე დაყრდნობით (Otazu, 2010), საშუალოდ რეკომენდირებული ძირების რაოდენობა ერთ კვადრატულ მეტრზე განისაზღვრება 20 ერთეულით. გასაზრდელი მაგიდების ყველაზე გავრცელებული ზომებია 3მ X 1.5მ-ზე; 1.2მ

X 2.4 მ-ზე. რაც შეეხება წყლის გამფრქვევ სისტემებს, გამოიყენება, როგორც დაბალი, ასევე მაღალი წნევის მქონე საშუალებები, რომელთა გაფრქვეული წვეთის სიდიდე შეიძლება მერყეობდეს 10-დან 100 მიკრონის შუალედში. (Lu et al., 2009: 518)

საერთო ჯამში, აეროპონიკის უპირატესობები ტრადიციულ მეთოდთან მიმართებაში შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად:

- წყლის მცირე რაოდენობის საჭიროება.
- მცენარის ნაყოფიერება არ არის ნიადაგის ხარისხზე დამოკიდებული, მეტიც, ნიადაგი მცენარის ვეგეტაციის არცერთ ეტაპზე არ არის საჭირო.
- ერთ კვადრატულ მეტრზე მცენარეთა ვეგეტაციის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი სხვა ყველა არსებულ მეთოდთან შედარებით (გეოპონიკა, ჰიდროპონიკა), რაც განპირობებულია აეროპონიკის 3 განზომილებაში გაშენების შესაძლებლობით.
- სასათბურე მეურნეობა შესაძლებელია გაშენდეს უშუალოდ ქალაქებში და დასახლებულ პუნქტებში, რაც მზა პროდუქციის ტრანსპორტირების ხარჯებს მნიშვნელოვნად ამცირებს.
- არ არის დამოკიდებული მეტეოროლოგიურ პირობებზე და სეზონურობაზე. მცენარე შეიძლება დაირგოს მთელი წლის მანძილზე.
- ვინაიდან საკვები საშუალებები და მინერალები მცენარეს სისტემატურად მიეწოდება, მისი ზრდის პროცესი და შესაბამისად ნაყოფიერება საგრძნობლად ხანგრძლივდება ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით.

დადებით მხარეებთან ერთად, უნდა აღინიშნოს მისი უარყოფითი მხარეებიც, სახელდობრ:

- აეროპონიკის სისტემის ყველა კომპონენტის გამართვა თავდაპირველად შედარებით მაღალ ხარჯებთან არის დაკავშირებული.

- მოითხოვს სპეციალიზებულ ცოდნას, როგორც უშუალოდ მცენარის საჭიროებებზე, ასევე იმ ელექტრონული სისტემებისა და ხელსაწყოების შესახებ, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება აეროპონიკაში (მაგ., pH/EC/ ტენიანობის საზომი, ტაიმერები, მაღალი წნევის შემფრქვევი საშუალებები და სხვ.)

- მცირედი გადაცდომისადმი უპატიებლობა. კონკრეტულად, თუ მცენარეს არ მიეწოდა ზუსტად იმდენივე საკვები საშუალებები რაც მას სჭირდება, ის ადვილად შეიძლება განადგურდეს. აეროპონიკაში არ გამოიყენება ნიადაგი, რომელიც უზრუნველყოფდა ჭარბი მინერალებისა თუ საკვები მასალის განეიტრალებას.

### დასკვნა

მსოფლიო მოსახლობის ზრდის პარალელურად, იზრდება მოთხოვნა სოფლის მეურნეობის სუფთა და ჯანსაღ პროდუქციაზე. აღნიშნულის დაკმაყოფილება კი სოფლის მეურნეობის ტრადიციული მეთოდებით სულ უფრო ძნელდება. საჭირო ხდება სოფლის მეურნეობაში ინოვაციური მეთოდების შემუშავება და განვითარება. ამ მხრივ კი ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური და ახალი მეთოდი არის აეროპონიკა, რომელიც ნიადაგის არ არსებობის შემთხვევაში, მცირეოდენი წყლის გამოყენებით, მინიმალურ ფართზე 3 განზომილებიანი სასათბურე მეურნეობის გაშენების საშუალებას იძლევა, სადაც კულტივაციის პერიოდი ტრადიციულთან შედარებით იქნება დაჩქარებული და გახანგრძლივებული მთელი წლის მანძილზე.

აღნიშნულ საკითხთან მიმართებაში დამაიმედებლად მიგვაჩნია, რომ ქართული კომპანიებიც არ ჩამორჩებიან მსოფლიოში მიმდინარე პროცესებს და აქტიურად არიან ჩართულნი აეროპონიკის სისტემის დახვეწასა თუ განვითარებაში. ვფიქრობთ აეროპონიკის დანერგვა პოზიტიურ წვლილს შეიტანს სასურსათო უსაფრთხოების მდგომარეობის გაუმჯობესებაში.

### ლიტერატურა

1. საქართველოს ინოვაციებისა და ტექნოლოგიების სააგენტო (GITA). URL: <https://gita.gov.ge/geo> (ხელმისაწვდომია 1.06.2021);
2. Barker BTP. (1922). Long ashton research station annual report: studies on root development.
3. Hessel MI, Richert GE, Nevill JGE. 1993. Airflow-contained aeroponic nutrient delivery for a microgravity plant growth unit. *Biotronics*. 21:33–38.
4. Lu, X., Yang, S., and Evans, J.R. 2009. Microfeeding with different ultrasonic nozzle designs. *Ultrasonics* 49(6-7):514-521.
5. Mateus-Rodriguez, J., de Haan, S., and Rodríguez-Delfín, A. (2014). Genotype by environment effects on Potato mini-tuber seed production in an aeroponics system. *Agronomy* 4(4):514-528.
6. Mbiyu MW, Muthoni J, Kabira J, Elmar G, Muchira C, Pwaisipwai P, Ngaruiya J, Otieno S, Onditi J. (2012). Use of aeroponics technique for potato (*Solanum tuberosum*) minitubers production in Kenya. *J of Horti and Fore*. 4:172–177.
7. NASA Spinoff (2006). Progressive plant growing has business blooming. In: *Environmental and Agricultural Resources*. New York: NASA Spinoff; p. 64–77.
8. Osvald J, Petrovic N, Demsar J. (2001). Sugar and organic acid content of tomato fruits

- (*lycopersicon lycopersicum mill.*) grown on aeroponics at different plant density. *Acta Alimentaria*. 30(1):53–61.
9. Otazú, V. (2010). Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP), Lima, Peru. p. 44
10. Pinstруп-Andersen P. (2017). It is time to take vertical indoor farming? *Glo Food Sec.*
11. Rains MA. (1941). Method of growing plants in water and air. *Torreyana*. 41:103–104.
12. Shtrausberg DV, Rakitina EG. (1970). On the aeration and gas regime of roots in aeroponics and water culture. *Agrokhitniia*. 4:101–110.
13. Sylvia DM, Hubbel DH. (1986). Growth and sporulation of vesiculararbuscular mycorrhizal fungi in aeroponic and membrane systems. *Symbiosis*. 1:259–267.
14. Zobel RW, Tredici DP, Torrey JG. (1976). Methods for growing plants aeroponically. *Plant Physiol*. 57:344–346.