

ა. თხელიძე, რ. ლიპარტელიანი, ნ. მუმლაძე,  
ხ. ხომასურიძე, გ. დანელია.

სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და  
გარემოს დაცვა

თბილისი  
2009

სახელმძღვანელო განხილული, მოწონებული და რეკომენდებულია გამოსაცემად საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის აგროეკოლოგიის დეპარტამენტის მიერ (ოქმი № 7, 10 მარტი 2009 წელი)

#### რეცენზენტები:

სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი,  
იოსებ ბურჭულაძე  
სოფლის მეურნეობის აკადემიური დოქტორი,  
ასოც. პროფესორი ნათელა მაჭავარიანი  
სოფლის მეურნეობის აკადემიური დოქტორი,  
ასისტ. პროფესორი ხათუნა დობორჯგინიძე

#### რედაქტორი:

სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი,  
სრული პროფესორი თეო ურუშაძე

სახელმძღვანელოს შესწავლა საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის აგროეკოლოგიისა და აგროტექნოლოგიის ბაკალავრიატის სტუდენტებს, აგროეკოლოგიისა და აგროქიმია –ნიადაგმცოდნეობის სპეციალობის მაგისტრანტებს, აგრეთვე სოფლის მეურნეობაში დასაქმებულ სპეციალისტებს საშუალებას მისცემს აითვისონ მინერალური და ორგანული სასუქებით და მათში შემავალი მინარევებით, მეცხოველეობის ფერმების ანარჩენებით, პესტიციდებით, ჰორმონებით, ზრდის სტიმულატორებით, მძიმე ლითონებით და რადიონუკლიდებით ეკოსისტემის დაბინძურების საფუძვლები, შეიმუშაონ მისი თავიდან აცილების ღონისძიებათა სისტემა და უზრუნველყონ ბიოლოგიურად სუფთა პროდუქტების წარმოება.

ISBN 978-9941-0-1389-8

საქართველოს ილია ჭავჭავაძის სახელობის საერთაშორისო სამეცნიერო-კულტურულ-საგანმანათლებლო კავშირი «საზოგადოება ცოდნა»

## შესავალი

კაცობრიობის რეალური გადარჩენისათვის ბრძოლაში სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციისა და გარემოს დაცვის მეცნიერული შესწავლა XXI საუკუნის გლობალურ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს. მსოფლიოში მიმდინარე გლობალიზაციის პროცესები პირდაპირ არის დაკავშირებული სამეურნეო მასშტაბების ზრდასთან, რომლებმაც გამოიწვიეს დედამიწის ბუნებრივი რესურსების გამოყენების და გარემოს დაბინძურების იმ დონემდე გადიდება, რომ ადამიანი არჩევანის წინაშე დააყენა \_ ან უნდა შეიცვალოს განვითარების გზები ან საკუთარი თავი გაწიროს.

XXI საუკუნის მთავარ ამოცანას ყველა სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო წარმოების მდგრადი განვითარების რელსებზე გადაყვანა წარმოადგენს, რომელიც უზრუნველყოფს ეკოლოგიური მდგრადობის განმტკიცებას და გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილებას.

XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან ფიზიკის, ქიმიის, ბიოლოგიის, ატომური და სითბური ენერგეტიკის და სხვა დარგებში მომხდარმა სამეცნიერო-ტექნიკურმა პროგრესმა საგრძნობლად გაზარდა ადამიანის ზემოქმედება ეკოსისტემაზე, ამან კი გამოიწვია გარემოს დაბინძურება მძიმე ლითონებით, რადიონუკლიდებით, პესტიციდებით, ნახშირორჟანგით, ნახშირჟანგით, აზოტისა და გოგირდის ოქსიდებით, ნახშირბად წარმოებულებით, წიდებით, მტვრით და სხვა ტოქსიკული შენაერთებით. გარემოს მნიშვნელოვანი დაბინძურება განაპირობა სასოფლო-სამეურნეო წარმოების პროცესში მინერალური და ორგანული სასუქების, მცენარეთა დაცვის ქიმიური საშუალებების, ჰერბიციდების, ზრდის სტიმულატორებისა და სხვა ქიმიური საშუალებების და მათში შემავალი მინარევების არასწორმა გამოყენებამ, რამაც საბოლოო ჯამში გამოიწვია ნიადაგისა და ატმოსფეროს, მცენარეული პროდუქტების, სასმელი და სარწყავი წყლების დაბინძურება სხვადასხვა ტოქსიკური ნივთიერებებით, რაც ხშირად ადამიანისა და ცხოველების არა მარტო მოწამვლის და მძიმე დაავადებების, არამედ სიკვდილის გამომწვევი მიზეზიც ხდება.

გამაჭურჭყიანებელი ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაცია ატმოსფეროსა და ლითოსფეროში, როგორც წესი გვხვდება დაბინძურების კერებთან ახლოს, მაგრამ ზოგჯერ ქარისა და წყლის გავლენით მათი გადატანა წარმოებს 100 და 1000 კმ მანძილზე, რის გამოც ბიოსფეროზე ადამიანის ზემოქმედება მთელ მსოფლიოში გლობალურ ხასიათს ატარებს. ცნობილია გერმანიისა და საფრანგეთის სამრეწველო რაიონებში გამოყოფილი გოგირდოვანი გაზისაგან და წყლისაგან წარმოქმნილი გოგირდმჟავას შემცველი წვიმის დამლუპველი გავლენა სკანდინავიის ქვეყნების \_ შვედეთისა და ნორვეგიის მცენარეულ და ცხოველთა სამყაროზე. გრენლანდიის ყინულებში ჩატარებული ანალიზის შედეგად აღმოჩენილი იქნა ტყვია, რომლის გაჩენის დრო ემთხვევა საავტომობილო მრეწველობის მძლავრი განვითარების პერიოდს. ანტარქტიდაში მცხოვრები პინგვინების ორგანიზმში აღმოჩენილი იქნა დდტ, რომელიც ფართოდ გამოიყენებოდა მაღალგანვითარებული ქვეყნების სოფლის მეურნეობაში მავნე მწერების წინააღმდეგ საბრძოლველად.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სოფლის მეურნეობაში მომუშავე ყველა სპეციალისტი ვალდებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, განსაკუთრებით კი ბოსტნეულის მოყვანისას, ყურადღებით შეისწავლოს, ხომ არ არის მოქცეული მისი სამეურნეო საქმიანობის ობიექტი ძლიერ დაბინძურებული ნიადაგების ზონაში, ან კიდევ რამდენად

გაჭუჭყიანებულია სარწყავი წყალი მძიმე ლითონებით და სხვა ტოქსიკური შენაერთებით. ბიოლოგიურად სუფთა პროდუქციის მისაღებად საჭიროა ზუსტად იქნას გათვლილი მინერალური და ორგანული სასუქების და პესტიციდების ნორმები, შეტანის ვადები და წესები. ამასთან ერთად, საჭიროა სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა განოციერების სისტემაში ორგანული მიწათმოქმედების ხვედრითი წილის გაზრდა.

ამ ნაშრომის გამოცემის მიზანია გავაცნოთ მკითხველს გარემოს დაბინძურების ძირითადი წყაროები, ის პოტენციური საშიშროება და რისკ-ფაქტორები, რომელთაც ბუნებაში მძიმე ლითონების, მცენარეთა დაცვის ქიმიური საშუალებების, სასუქებში შემავალი მოქმედი ნივთიერებების და სხვა ტოქსიკური მინარევების გაზრდა იწვევს. ამასთან, შევასწავლოთ გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილების, უკვე გაჭუჭყიანებული ფართობების გაწმენდის, ნიადაგიდან და სასუქებიდან საკვები ელემენტების დანაკარგების შემცირებისათვის საჭირო ღონისძიებათა სისტემის შემუშავება და სხვა პრევენციული ზომების მიღება.

## თავი I

### გარემოს დაბინძურების ძირითადი წყაროები

ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, ეკოსისტემა დაბინძურებულად ითვლება მაშინ, თუ ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობის შედეგად მისი შედგენილობა შეიცვლება იმ დონემდე, რომ ის ნაკლებად ხელსაყრელი გახდება მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმებისათვის.

### გარემოს დაბინძურება სხვადასხვა ენერგეტიკული წყაროებით

ეკოსისტემის დაბინძურება არის ბუნებრივ გარემოზე ნებისმიერი მყარი ან გაზისებრი ნივთიერების, მიკროორგანიზმის ან ენერჯის წყაროს (ელექტრომაგნიტური, რადიაქტიული, ხმაური, ბგერითი ტალღა) შეღწევა ისეთი რაოდენობით, რომელიც ბუნების კომპონენტების შედგენილობასა და თვისებებში არსებით ცვლილებას იწვევს და უარყოფითად მოქმედებს ადამიანზე, ფლორასა და ფაუნაზე, აქედან გამომდინარე, გარემოს (ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, ლითოსფერო და დედამიწის ორგანული სამყარო) დაცვა დაბინძურებისაგან თანამედროვეობის უპირველეს პრობლემას წარმოადგენს.

წარმოშობის, ორგანიზმზე და ეკოსისტემაზე მოქმედების მიხედვით, გარემოს დაბინძურების შემდეგ სახეებს გამოყოფენ: I. ანტროპოგენული-ადამიანის ზემოქმედებით გამოწვეული დაბინძურება\_სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ობიექტებით; II. ბუნებრივი- (ვულკანური ამოფრქვევებით, ზვავებით, ნიაღვრებით, ტყის ხანძრებით, მტვრით და სხვ.) მექანიკური, ფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური, რადიაქტიური, ელექტრომაგნიტური დაბინძურება.

გარემოს დაბინძურებას იწვევს: ატმოსფეროში მოხვედრილი ქიმიური ნაერთები და ნარევი, ჩამონადენ წყლებში არსებული საწარმოო, კომუნალური და ნავთობის პროდუქტების ანარჩენები. მინდვრების, მდელოების, ბაღების, ტყეების, წყლის ობიექტების გაჭუჭყიანება პესტიციდებით, მაღალი იონური რადიაცია, სითბოს დაგროვება ატმოსფეროში, მჟავე წვიმები და სხვ.

ზოგიერთ ბუნებრივ და ანტროპოგენულ ფაქტორს შეუძლია გააძლიეროს გარემოს დამაბინძურებელის მავნე მოქმედება. მაგალითად, ფერდობებზე ტყის გაჩეხვა აძლიერებს

ზვავსა და ღვარცოფს, ფერდობების ვერტიკალური დამუშავება ხელს უწყობს ეროზიული პროცესების განვითარებას, რაც იწვევს სასმელი წყლების და წყალსატევების ფიზიკურ და ბიოლოგიურ დაბინძურებას. ადამიანის ხანგრძლივმა საწარმოო და სამეურნეო ზემოქმედებამ თანდათან გამოიწვია ანტროპოგენული ზემოქმედების გაძლიერება, რამაც ბუნებრივ სამყაროს და სიმდიდრეებს, მის ცალკეულ კომპონენტებს დიდი ზიანი მიაყენა.

XX საუკუნის სამეცნიერო-ტექნიკურმა რევოლუციამ კიდევ უფრო გაზარდა ადამიანის ზემოქმედება ბუნებაზე. მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესით გათამამებული ადამიანები არ ითვალისწინებდნენ არავითარ წინააღმდეგობას ბუნების დაპყრობის გზაზე, ისინი დიდი ხნის განმავლობაში სარგებლობდნენ ბუნების წყალობით, სიუხვით და სიმდიდრეებით და ბრმად სჯეროდათ, რომ ბუნებრივი სიმდიდრეები ასეული წლების განმავლობაში ამოუწურავია. მაგრამ მოვიდა დრო, როცა განვითარებულმა ცივილიზაციამ უეცრად აღმოაჩინა, რომ განადგურდა ძალიან ბევრი მცენარე და ცხოველი, გარემო კი ძლიერ დაბინძურდა.

ბუნების ამოუწურაობის ილუზია და ადამიანის განუზომელი სიძლიერე წამოიშვა ბიოსფეროს პლასტიკურობის შედეგად, მისი უნარით აიტანოს თავისი სტრუქტურის ძლიერი ცვლილება, რომელიც საშუალებას აძლევს ადამიანს ფართო მასშტაბით გარდაქმნას ბიოსფერო და გამოიყენოს ზოგიერთი მისი ელემენტი თავისი მოთხოვნილებისამებრ. მაგრამ ბუნების ეს გარდაქმნები შეზღუდულია გარკვეული ზღვრებით და დამოკიდებულია ჩარევის ხერხზე, რომელიც ბიოსფეროს დინამიური წონასწორობის დარღვევას ემუქრება. მრავალ სფეროში ეს ზღვრები უკან დარჩა, რამაც მიგვიყვანა ეკოსისტემის მნიშვნელოვანი ნაწილის დაბინძურებამდე, ნიადაგის ნაყოფიერებისა და მტკნარი წყლების მარაგის გამოლევაამდე, მცენარეთა და ცხოველთა მრავალი სახეობის გაქრობამდე.

როგორც ცნობილია, მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის ინტენსიური განვითარება ფართო მასშტაბით, არღვევს ბუნებრივ წონასწორობას. აქედან გამომდინარე, ხშირად გადაჭარბებულადაა შეფასებული მხოლოდ სასუქების გამოყენების ნეგატიური მხარეები, რის გამოც ზოგიერთ სპეციალისტს, ძირითადად კი ექიმებს, ექმნებათ შთაბეჭდილება, რომ ყველა სასუქი მავნეა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მიუხედავად იმისა, რომ კარგადაა ცნობილი თუ რამდენად დიდია სასუქების დადებითი როლი მის უარყოფით მხარეებთან შედარებით, რომელიც შეიძლება მოჰყვეს მათ არასწორ გამოყენებას. სამრეწველო სასუქები იძლევიან მოსავლის ნამატის თითქმის ნახევარს. გარდა ამისა, ისინი დადებითად მოქმედებენ ატმოსფეროზე, რაც განპირობებულია ფოტოსინთეზის პროცესის გაძლიერებით – ნახშირჟანგის ასიმილაციისა და ჟანგბადის გამოყოფის გადიდებით.

ზოგიერთ, უკიდურესად პესიმისტურად განწყობილ მეცნიერს, შესაძლებლად მიაჩნია ტექნიკური პროგრესის და ცივილიზაციის განვითარების შეჩერება, სამრეწველო წარმოების შემცირება, ფაბრიკებისა და ქარხნების ნაწილის დახურვა, მოთხოვნილებების მოცულობის შეკვეცა. ერთი სიტყვით, ისინი მოითხოვენ უკან-პირველყოფილ – ნატურალურ მეურნეობებთან დაბრუნებას. მაგრამ მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის შეჩერება შეუძლებელია, ვინაიდან დედამიწაზე ყოველწლიურად შიმშილობს 800 მლნ ადამიანი.

მსოფლიო მოსახლეობის გაზრდილი მოთხოვნილებები არ გვაძლევს საშუალებას გადამწყვეტი ბრძოლა გამოვუცხადოთ ბიოსფეროს დაბინძურებას. დედამიწაზე მოსახლეობის რაოდენობის 2010 წლისათვის 6,5 მილიარდს გადააჭარბებს. ამიტომ აუცილებელია საკვები პროდუქტების უფრო დიდი რაოდენობით წარმოება, რაც გაზრდილი რაოდენობით ძირითად ბიოფილურ ელემენტებს (NPK) საჭიროებს.

ამისათვის, 2010 წლისათვის მინერალური სასუქების გამოყენებამ უნდა გადააჭარბოს 310 მლნ. ტონას, რათა მიღებულ იქნას მსოფლიოს მოსახლეობის საკმარისი საკვები პროდუქტები.

სწორი გამოყენების პირობებში, მინერალური სასუქები წარმოადგენენ ეკონომიკურად გამართლებულ და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ღონისძიებას მემცენარეობის პროდუქტების წარმოების გადიდების საქმეში. მაგრამ, არარაციონალური გამოყენების პირობებში, საკვები ელემენტები სასოფლო-სამეურნეო ეკოსისტემაში შედიან უფრო მეტი რაოდენობით, ვიდრე პირველადი პროდუქტების მისაღებად არის საჭირო. ამ შემთხვევაში მიიღება, არა მარტო ეკონომიკური ზარალი, არამედ ძლიერდება სასუქების უარყოფითი გავლენა მიღებული მოსავლის რაოდენობასა და ხარისხზე, წყალსატევების ევტროფიკაცია, ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვება მცენარეულ პროდუქტებში და წყლებში, რაც ხშირად ცხოველთა, თევზების, ადამიანის მოწამვლისა და ზოგიერთ შემთხვევაში კი სიკვდილის მიზეზიც ხდება.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ ის ფაქტი, რომ დღესდღეობით სასოფლო-სამეურნეო ლიტერატურაში ფართოდ არის გაშუქებული სასუქების გამოყენების ნეგატიური მხარეები, მაშინ როდესაც გარემოსა და სასურსათო პროდუქტების დაბინძურებაში მრეწველობის სხვადასხვა დარგების როლის შესახებ მოიპოვება ძალზე მწირი და გაბნეული ინფორმაცია.

საერთოდ, მსოფლიოში გარემოს დაბინძურების მხრივ პირველი ადგილი უკავია სითბურ ენერგეტიკას, მეორე – ფერად და შავ მეტალურგიას, მესამე – საავტომობილო ტრანსპორტს და მეოთხე – ქიმიურ მრეწველობას. საქართველოში უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში განხორციელებული მოვლენების შედეგად დაიხურა ან დროებით გაჩერდა როგორც სითბური ენერგეტიკის, ისე შავი და ფერადი მეტალურგიის ქარხნები და სხვადასხვა საწარმოები. ამიტომ, პირველ ადგილზე გადაინაცვლა ავტოტრანსპორტმა, შემდეგ მოდის შავი და ფერადი მეტალურგია, სითბური ენერგეტიკა და ქიმიური მრეწველობა.

როგორც ვიცით, უკანასკნელ წლებში მსოფლიოში მნიშვნელოვნად გაიზარდა მინერალური რესურსების გადამუშავების მასშტაბები, რამაც მიგვიყვანა სხვადასხვა ელემენტების დანაკარგების და გაფანტვის გადიდებამდე, მათ შორის მძიმე ლითონების დანაკარგებამდეც. პერიოდული სისტემის 77 მეტალიდან გარემოს დაბინძურებაში მონაწილეობს 52, მათ შორის 20 ტოქსიკურია და სერიოზულ საფრთხეს უქმნის ცოცხალ ორგანიზმებს (ცხრ. 1).

**ცხრ. 1. გარემოს დაბინძურება მძიმე ლითონებით (ათასი ტონობით წელიწადში)**

დაბინძურების წყაროები	ტოქსიკური ლითონები				
	Ca	Cu	Ni	Pb	Zn
ფერადი მეტალურგია	5,31	21,1	9,6	77,3	116,2
შავი მეტალურგია	0,07	5,9	1,2	50,3	35,2
ნაგვისა და ანარჩე-ნების დაწვა	1,4	5,3	3,4	8,9	37,0
სულ ანტროპოგენ-წული წყაროები	7,3	47,3	47,4	449,2	314,4

სამრეწველო საწარმოები ეკოსისტემაში ყოველწლიურად გამოტყორცნიან მილიონობით ტონა მძიმე ლითონებს, რომლებიც გარემოში მოხვედრის ინტენსივობის მიხედვით ქმნიან შემდეგ რიგს: Cu, Pb, Co, Fe და Zn. 1980 წლიდან დღემდე საწარმოებისა და ავტოტრანსპორტის მიერ ატმოსფეროში გაფანტულ იქნა უფრო მეტი რაოდენობით ტყვია, ვიდრე მთელი დანარჩენი ისტორიის არსებობის მანძილზე. ამჟამად არსებული დაბინძურების ყველა ბუნებრივი წყარო (ვულკანები, ტყის ხანძრები და სხვ), ადამიანის მოღვაწეობასთან შედარებით, გადასულია მეორე ადგილზე, ვინაიდან ისინი აფრქვევენ ტყვიას 18,3-ჯერ, კადმიუმს 8,8-ჯერ, თუთიას 7,2-ჯერ ნაკლები რაოდენობით.

მარტო სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო საწარმოები ყოველწლიურად გარემოში გამოტყორცნიან მილიონობით ტონა ტოქსიკურ ნივთიერებებს – პესტიციდებს, პოლიქლორდიოქსინებს და სხვ. აგრეთვე ცალკეულ ელემენტებს – ვერცხლისწყალს, კადმიუმს, ტყვიას, ფტორს, გოგირდს და სხვ. უკანასკნელი 100 წლის განმავლობაში მთელ მსოფლიოში მიმოიფანტა 1,5 მილიონ ტონაზე მეტი დარიშხანი, 1,0 მილიონი ტონა ნიკელი, 900 ათასი ტონა კობალტი, 600 ათასი ტონა თუთია, 125 ათასი ტონა ვერცხლისწყალი.

ყოველწლიურად დედამიწაზე იწვის 12 მილიარდი ტონა ნახშირბადის შემცველი საწვავი – გაზი, ნავთობი, ქვანახშირი და მათი გადამუშავების პროდუქტები, რის შედეგადაც 1 კმ<sup>2</sup>-ზე იღექება 360 ტონა ტოქსიკური დამაბინძურებელი ნივთიერებები.

თანამედროვე მეტალურგიული ქარხანა ყოველ მლ. ტონა ფოლადის წარმოებაზე გარემოში გამოყოფს 100000 ტონა მტვერს, 30000ტ CO<sub>2</sub>, 8000 ტონა SO<sub>2</sub>, 3000ტ NO<sub>x</sub>, 1000ტ – H<sub>2</sub>S; 50ტ HCN, 40ტ HCl; 30000ტ შლამს და 800000ტ წიდებს. მეტალურგიული კომბინატები ნიადაგის ზედაპირზე ყოველწლიურად გამოაფრქვევენ 150 ათას ტონა სპილენძს, 120 ათას ტონა თუთიას, 90 ათას ტონა ტყვიას, 12 ათას ტონა ნიკელს, 1,5 ტ მოლიბდენს, 800 ტ კობალტს, 30 ტ ვერცხლისწყალს.

გარემოს დაბინძურების საქმეში ყველაზე დიდია თბოელექტროსადგურების როლი, რომლებიც აბინძურებენ ჰაერს არა მარტო აზოტისა და გოგირდის ოქსიდებით, არამედ ვერცხლისწყლით. მისი ნაცარი შეიცავს რადიაქტიური ელემენტების – ურანისა და თორიუმის მთელ ოჯახს, მილიონი კილოვატის სიმძლავრის თბოელექტროსადგური დღე-ღამეში 1000ტ ნახშირის წვისას წელიწადში ატმოსფეროში გამოტყორცნის 840000ტ CO<sub>2</sub>, 140000 ტონა SO<sub>2</sub>, 45000ტ სხვადასხვა აეროზოლს, 5-50გ ვერცხლისწყალს.

ქიმიურ მრეწველობას გარემოს გაჭუჭყიანებაში მეოთხე ადგილი უკავია და მის ხვედრით წილად მოდის საერთო დაბინძურების მხოლოდ 10-12%, აქედან სოფლის მეურნეობის წილად – 3%. მაგრამ ქიმიური მრეწველობა მრავალტონიან ნარჩენებთან ერთად, გარემოში გამოტყორცნის მცირე რაოდენობით ტოქსიკურ ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებს, რომლებიც არ შეიძლება ჩაიშვას არა მარტო ბუნებრივ წყალსატევებში, არამედ ბიოქიმიური გაწმენდის სისტემაშიც. მათ მიეკუთვნებიან მძიმე ლითონების მარილები, ციანიდები, ზოგიერთი ორგანული შენაერთები, რომლებიც 0,1-1 მგ/ლ რაოდენობით არსებობისას იწვევენ მიკროორგანიზმების მოწამვლას და ანელებენ ფერმენტაციის პროცესს.

განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ანარჩენები მიიღება ფოსფორიანი სასუქების წარმოების პროცესში. აქ ყოველ 1ტ ფოსფორმჟავასთან ერთად მიიღება 4,3-5,8 ტონა ფოსფორთაბაშირი, რომლის ანარჩენი მთელი წლის განმავლობაში ათეულობით მილიონ ტონას შეადგენს და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დიდ ფართობებს იკავებს. ამჟამად ქარხნებთან სულ დაგროვილია 120 მლ. ტონა ფოსფორთაბაშირი, რომლის გამოყენება შეიძლება მაღალი ხარისხის ცემენტის დასამზადებლად, ბიცობი ნიადაგების მოთაბაშირებისათვის, ამონიუმის სულფატისა და გოგირდმჟავას მისაღებად. მაგრამ ეს

გზა არ არის ეკონომიკურად გამართლებული. თანამედროვე მეთოდების დანერგვა საშუალებას იძლევა ფოსფორთაბაშირისგან დამზადებულ იქნას გოგირდი, გოგირდმჟავა, ნატრიუმისა და კალიუმის სულფატები. ფოსფორიტები და აპატიტები 3% ფტორს შეიცავენ, რომელთა გადამუშავებისას ეს უკანასკლელი გადადის შესათვისებელ ფორმაში, რითაც იზრდება მისი მავნე გავლენა ცოცხალ ორგანიზმებზე. ამჟამად მის მოცილებას ფოსფორმჟავადან აწარმოებენ აქროლებით და ტუტე ლითონების მარილებით დალექვის მეთოდით ძნელადხსნადი ფტორიდების მიღებით. ფტორის ექსტრაქციას ახდენენ აგრეთვე არა მარტო მადნებიდან, არამედ საკვებიდან და საკვები დანამატებიდან, რაც გამართლებულია ეკონომიკური თვალსაზრისითაც, ვინაიდან ფტორის მიღების თანამედროვე მეთოდი ვერ აკმაყოფილებს სახალხო მეურნეობის მოთხოვნილებას.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ქიმიური ანარჩენების თავიდან ასაცილებლად ეკონომიკურად უფრო გამართლებულია არა გამწმენდი ნაგებობების აგება, არამედ ანარჩენების შემდგომი გადამუშავება და ქიმიური პროცესების სრულყოფა.

განსაკუთრებით საშიშია სუპერტოქსიკური ნივთიერება დიოქსინები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ტყის ხანძრების, საწარმოო ანარჩენების, მურა ნახშირის, შეშის, ტექნიკური ზეთების, მაზუთის, ავტომობილის ზეთების წვის დროს. მის წყაროს წარმოადგენს მეტალურგია, ნიკელისა და მაგნიუმის ელექტროლიზის მეთოდით წარმოება, ქაღალდის ქლორით გათეთრების პროცესი.

ზემოთ ჩამოთვლილი ანტროპოგენული ფაქტორების გავლენით, დაბინძურების წყაროებთან ახლოს მდებარე ტერიტორიებზე ნიადაგების, წყალსატევების და მცენარეული საფარის მძიმე ლითონებითა და სხვა ტოქსიკური შენაერთებით დაბინძურების მაჩვენებლები აღემატება მათ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას (ზდკ). ასეთ ადგილებს ეწოდებათ ბიოგეოქიმიური პროვინციები, სადაც ტოქსიკურ შენაერთთა მაღალი შემცველობის გამო დარღვეულია მცენარის მინერალური კვება, ამიტომ კულტურული მცენარეები ხშირად იცვლება ველურად მოზარდი სახეობებით. ბიოგეოქიმიური პროვინციების წარმოქმნის და გარემოს დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად უნდა გატარდეს ყველა ღონისძიება, დაწყებული დახურული საწარმოო ციკლით დაწყებული, ანარჩენების და გამონაბოლქვის გაწმენდისა და გადამუშავების ღონისძიებებთან სისტემით დამთავრებული.

### **სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემო. სასუქების გამოყენება და გარემოს დაბინძურება**

თანამედროვე აგროქიმიის ერთ-ერთ ამოცანას მინერალური სასუქების ეფექტურობის გადიდება და გარემოზე სოფლის მეურნეობის ინტენსიური ქიმიზაციის ეკოლოგიური შემდგომქმედების შესწავლა წარმოადგენს. სასუქების გამოყენების თვალსაზრისით, გარემოს დაცვის პრობლემამ თანამედროვე პირობებში განსაკუთრებული სიმწვავე შეიძინა დასავლეთ საქართველოს უხვნალექიან ზონებში და სარწყავი მიწათმოქმედების პირობებში, სადაც ქიმიზაციის განვითარების სწრაფი ტემპები შეთანაწყობილია ნიადაგის წყლით გამორეცხვის რეჟიმთან, მეცხოველეობის ინტენსიურ განვითარებასთან და სასუქების შესანახი საწყობების არასაკმარის რაოდენობასთან. ამასთან, ზოგიერთ ზონაში მრავალი წლის განმავლობაში სასუქების ინტენსიური გამოყენებით, შეიქმნა აზოტის, ფოსფორისა და კალიუმის დადებითი საწყისი ბალანსი, რის გამოც მინერალური სასუქების გამოყენების ტემპები მნიშვნელოვნად ჭარბობენ მოსავლით საკვები ელემენტების გამოტანას. მიუხედავად ამისა, მომავალშიც სასოფლო-სამეურნეო



კულტურების მოსავლიანობის გადიდების მთავარ საშუალებად კვლავ დარჩება მინერალური სასუქების გამოყენება, რაც უზრუნველყოფს მოსავლის 50 %-იანი ნამატის მიღებას. ზოგიერთი მწვანე მასის მომცემ მცენარეში (მაგალითად, ჩაი და სხვ 80 %).

მინერალური სასუქების გამოყენებაზე უარის თქმა გამოიწვევს სურსათის წარმოების კატასტროფულ შემცირებას. აქედან გამომდინარე, ამ პრობლემის გადაწყვეტის ერთადერთი სწორი გზა არის არა სასუქების გამოყენებაზე უარის თქმა, არამედ მინერალური სასუქების გამოყენების ტექნოლოგიის ძირეული გაუმჯობესება.

სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს აქვთ განსხვავებული მოთხოვნილება ძირითად საკვებ ელემენტებზე. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ვიცოდეთ თუ როგორი გამოტანა ახასიათებთ მათ ერთი და იმავე მოსავლიანობის პირობებში (ცხრ. 2), რათა შემდგომში შევადგინოთ რამდენად სწორად შევიტანეთ სასუქი, მცენარის ბიოლოგიური თავისებურებების, კლიმატურ-ნიადაგური პირობების და მოსავლის დონის გათვალისწინებით, რათა საჭიროების შემთხვევაში განვახორციელოთ სათანადო კორექტივები.

**ცხრ. 2. სხვადასხვა ერთწლიანი კულტურების ბიოლოგიური მოთხოვნილება ძირითად საკვებ ელემენტებზე**

№	კულტურის დასახელება	ძირითადი პროდუქტია	მოსავლი (ც/ჰა)	საკვებ ელემენტებზე მოთხოვნილება			
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	ჯამი
I	შაქრის ჭარხალი	ძირხვენა	500	195	65	275	535
	საკვები ჭარხალი		500	165	55	235	455
	კარტოფილის უცხ. ჯიშები	ტუბერი	500	160	55	245	460
II	ხორბალი	მარცვალი	50	175	60	145	380
	ქერი	მარცვალი	50	150	55	135	340
	სიმინდი	მარცვალი	50	170	60	160	390
	კარტოფილის ადგ. ჯიშები	ტუბერი	350	110	37	165	312
	კომბოსტო	თავი	500	120	42	163	325
	სუფრის ჭარხალი	ძირხვენა	400	128	48	172	376
	მზესუმზირა	თესლი	20	110	48	250	408
III	პამიდორი	ნაყოფი	400	75	26	120	221
	ხახვი	ბოლქვი	400	90	50	120	260
	სტაფილო	ძირხვენა	400	96	36	130	262
IV	კიტრი	ნაყოფი	300	54	21	85	160
	საზამთრო და ნესვი	ნაყოფი	300	60	19	75	154
V	სალათა	მწვანე მასა	300	49	14	90	153
	მწვანილი	მწვანე მასა	300	32	12	50	94
	ბოლოკი	მწვანე მასა	300	26	8	56	90

ცხრილიდან ჩანს, რომ ერთწლიანი კულტურებიდან საკვებ ელემენტებზე ყველაზე მაღალი მოთხოვნილებით და მაღალი მოსავლიანობით გამოირჩევიან I ჯგუფის კულტურები – შაქრის ჭარხალი, საკვები ჭარხალი და კარტოფილის უცხოური ჯიშები, რომელთაც 455-535კგ NPK გამოაქვთ 1 ჰა-დან; II ჯგუფის კულტურებს: ხორბალს, ქერს, სიმინდს, კარტოფილის ადგილობრივ ჯიშებს, კომბოსტოს და სუფრის ჭარხალს გამოაქვთ I ჯგუფზე თითქმის 70-100 კგ-ით ნაკლები 312-408კგ NPK; III ჯგუფს: პამიდორს, კიტრს,

ხახვს, ბადრიჯანს, სტაფილოს გამოაქვთ 221-262კგ NPK, რაც II ჯგუფზე 90-140კგ-ით ნაკლებია. IV ჯგუფის კულტურებს: საზამთროს, ნესვის და სალათას მიერ საკვები ელემენტების გამოტანა კიდევ უფრო ნაკლებია და 153-160კგ ფარგლებშია, რაც 70- 100კგ-ით ნაკლებია III ჯგუფის მცენარეების საკვებ ელემენტებზე მოთხოვნილებაზე. V ჯგუფის კულტურები გამოირჩევიან ყველაზე დაბალი მოთხოვნილებით, მათ 90-94 კგ-მდე NPK გამოაქვთ.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ერთწლიანი კულტურების უმრავლესობა უფრო მეტ მოთხოვნილებას აყენებს აზოტზე და კალიუმზე. ფოსფორის გამოტანა 5-6-ჯერ ნაკლებია ამ ორ ელემენტთან შედარებით.

საკვები ელემენტების ნორმების გაანგარიშება უნდა მოხდეს ზემოხსენებული კულტურების მოსავლის დონის, საკვებ ელემენტებზე მოთხოვნილების და ნიადაგის ნაყოფიერების გათვალისწინებით. თუ ამ სამი ძირითადი ფაქტორიდან რომელიმე გამოირიცხა, მაშინ გაანგარიშებული ნორმა არ იქნება სწორი.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს აზოტიანი სასუქების ნორმების გაანგარიშებას და დაზუსტებას, რომელთა რაოდენობა ცალკეული კულტურების და მოვლა-მოყვანის პირობების მიხედვით, ფართო ფარგლებში მერყეობს (ცხრ. 3), მათი გადიდებული ნორმების გამოყენებით ადგილი აქვს საკვები პროდუქტების, ნიადაგის, ჰაერის, წყალსატევების ყველაზე შესამჩნევ დაბინძურებას. იმის გამო, რომ აზოტის ნორმები ძალიან ფართო ფარგლებში მერყეობს, ყველა სპეციალისტი ვალდებულია პროდუქციის და გარემოს დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად, აზოტიანი სასუქის შესატანი ნორმა არეგულიროს კულტურის ბიოლოგიური თავისებურების, ნიადაგურ-კლიმატური პირობების, მოსავლის დონის, გასარწყავების და პროდუქციის ხარისხის გათვალისწინებით, რათა მაქსიმალურად შემცირდეს საკვები ელემენტების არაპროდუქტიული დანაკარგები.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ სასუქების არსებული ფორმები და მათი გამოყენების დღევანდელი აგროტექნოლოგიური რეჟიმი,

ვერ უზრუნველყოფენ მათგან საკვები ელემენტების სრულყოფილ შეთვისებას, რის გამოც პირველი კულტურის მიერ აზოტის გამოყენების კოეფიციენტი არ აღემატება 41%, ფოსფორის - 12%, კალიუმის 44%. სასუქების შეტანის ტექნოლოგიის დარღვევისას, განსაკუთრებით მათი მაღალი ნორმების გამოყენებისას, კიდევ უფრო მცირდება საკვები ელემენტების გამოყენების კოეფიციენტები და იზრდება დანაკარგები.

**ცხრ. 3. აზოტის ნორმების ცვალებადობა ცალკეული კულტურების მიხედვით**

№	კულტურის დასახელება	აზოტის ნორმების მერყეობის ფარგლები
1	მზესუმზირა, ქერი, ჭვავი	50 - 150
2	ქერი ლუდის გამოსახდელად	30 - 70
3	საშემოდგომო მარცვლეული შვრია	40 - 120
4	ბარდა და საკვები პარკოსნები	20 - 60
5	კარტოფილი	120 - 250
6	სიმინდი სასილოსედ, მწვანე მასად	80 - 160
7	ნათესი ბალახები, სამყურა სამარცვლედ (ნარევი)	120 - 200
8	საკვები კომბოსტო	120 - 200
9	საკვები ჭვავი	80 - 140
10	სათიბი	80 - 220
11	სამოვარი	120 - 200

12	ბოსტნეული	80 - 200
13	ხეხილი	80 - 200
14	ვენახი	100 - 150
15	თამბაქო	40 - 100

გარემოს დაბინძურება მინერალური და ორგანული სასუქებით შეიძლება მოხდეს მათი დატვირთვა-გადმოტვირთვის, გადაზიდვის და შეტანის დროს, ხოლო უკვე შეტანილი სასუქები შეიძლება დაიკარგოს სარწყავი და წვიმის წყლით გადარეცხვით და ნიადაგის ქვედა ფენებში ჩარეცხვით, ქარისმიერი ეროზიით. აზოტიანი სასუქის დიდი ნაწილი შეიძლება დაიკარგოს მათი არასწორი ზედაპირული შეტანის შემთხვევაში აქროლებით.

იმისათვის, რათა თავიდან ავიცილოთ სასუქებით გარემოს დაბინძურება, აუცილებელია ვიცოდეთ, თუ რა გზებით წარმოებს საკვები ელემენტების დანაკარგები ნიადაგიდან და სასუქიდან, რათა შემდგომში დავსახოთ დანაკარგების თავიდან აცილების ან მინიმუმამდე შემცირების ღონისძიებები.

ძირითად საკვებ ელემენტების გარდა, მცენარეს დიდი როლდენობით ესაჭიროება გოგირდი, კალციუმი, მაგნიუმი, რკინა, მანგანუმი, თუთია, სპილენძი, მოლიბდენი, ბორი და სხვა მაკრო და მიკროელემენტები.

ამჟამად წარმოება უშვებს შემდეგი ტიპის სასუქებს: აზოტიანი სასუქებიდან – ამონიუმის გვარჯილას, შარდოვანას, ამონიუმის სულფატს და კალიუმის გვარჯილას; ფოსფორიანი სასუქებიდან – მარტივ და ორმაგ სუპერფოსფატს; კალიუმის სასუქებიდან – კალიუმის ქლორიდს და კალიუმის 40 % მარილს; კომპლექსური სასუქებიდან – ამოფოსს, დიამოფოსს, ნიტროფოსს, ნიტროამოფოსს, ნიტროფოსკას, დიამოფოსკას, დიამონიტროფოსკას და სხვა. ამ სამი ელემენტის შემცველი სასუქების გარდა დიდი როლდენობით არის საჭირო, გოგირდის, კალციუმის, მაგნიუმის, რკინის, მანგანუმის, თუთიის, სპილენძის, მოლიბდენის, ბორის და სხვა მაკრო და მიკროელემენტების შემცველი სასუქები.

ნიადაგში სასუქების მცირე ნორმებით შეტანა არსებითად არ ცვლის საკვები ელემენტების მარაგსა და თვით ნიადაგის თვისებებს, მაშინ, როცა სასუქების მაღალი ნორმების სისტემატურმა შეტანამ, ნიადაგის მჟავიანობისა და თვისებების გაუთვალისწინებლად, შესაძლებელია სერიოზული დარღვევები გამოიწვიოს საკვები ელემენტების ბიოქიმიური ციკლის მსვლელობასა და ეკოსისტემაში. ამ დარღვევებს უფრო ხშირად აქვთ ადგილი დიდი ქალაქების მებოსტნეობის საგარეუბნო ზონებში, შაქრის ჭარხლისა და სხვა ტექნიკური კულტურების გავრცელების რაიონებში, სადაც მინერალური და ორგანული სასუქების მაღალ ნორმებს იყენებენ.

### სასუქების ნორმების, ფორმებისა და მინარევების გავლენა გარემოს დაბინძურებაზე

არჩევნ მცენარეების მინერალური მარილებით უზრუნველყოფის სამ მდგომარეობას: არასაკმარის, ნორმალურ და ჭარბ კვებას.

მინერალური მარილების მაღალი ნორმების შეტანა და ნიადაგის დამლაშება იწვევს ხსნარის კონცენტრაციის გადიდებას, რაც უარყოფითად მოქმედებს ყველა მცენარეზე, რადგან მაღალკონცენტრირებული ხსნარებიდან გამწვანებულია ან საერთოდ არ წარმოებს საკვები ელემენტების შეთვისება. თუ მარილების იონები შთანთქმულ წყალხსნარებთან ერთად, მაღალი კონცენტრაციით აღწევნ უჯრედში, მაშინ მცენარის ბედს წყვეტს პროტოპლაზმის მდგრადობა. Na<sup>+</sup> და Cl<sup>-</sup> იონების სიჭარბე ხსნარში ხელს

უწყობს პროტოპლაზმის გაჯირჯვებას და გავლენას ახდენს ფერმენტების აქტივობაზე, რაც იწვევს ფოტოსინთეზის პროცესში ენერჯის არასაკმარისი რაოდენობით გამომუშავებას. ამ დროს იცვლება ამინომჟავების შედგენილობა, ირღვევა ცილების ცვლის ციკლი და საბოლოო პროდუქციაში გროვდება ტოქსიკური ნივთიერებები. მარილებისადმი მგრძობიარე პროტოპლაზმები ილუპება NaCl 1-1,5 % კონცენტრაციის ხსნარებში, ხოლო მარილმდგრადები აგროვებენ 6 % NaCl. სულფატების ტოქსიკურობა ქლორიდებზე ნაკლებია, ხოლო ფოსფატები თითქმის არატოქსიკურია.

მარილების ტოქსიკურობა ასეთია:  $MgSO_4 < Na_2SO_4 < KNO_3 < MgCl_2 < CaCl_2 < NaCl$ .

მინერალური ნივთიერებების ჭარბმა შეტანამ, შესაძლებელია ტოქსიკური გავლენა იქონიოს მცენარეზე, განსაკუთრებით მაშინ, თუ ეს სიჭარბე ცალმხრივია. ისინი დიდი რაოდენობით გროვდება ფესვებში, ფოთლებში. ამ უკანასკნელიდან წყლის აორთქლების შემდეგ კიდევ უფრო იზრდება მათი კონცენტრაცია, რის გამოც მცენარე ჭარბი მარილების მოსაცილებლად იცვენს ფოთლებს, რითაც ფერხდება მისი ბუნებრივი ზრდა, მცირდება მოსავალი და პროდუქციის ხარისხი. ამასთან, რაც უფრო კონცენტრირებულია სასუქი მით მეტია მოსავლის დანაკარგი.

ზოგი იონი, მაგალითად  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ , შეიძლება არ დაგროვდეს მცენარეში. მძიმე ლითონებს – თუთიას, კობალტს, ქრომს, ტყვიას, კადმიუმს და სხვებს, ახასიათებთ მცენარეში დაგროვების უნარი.

მცენარეთა ზრდა-განვითარებასა და საკვები ელემენტების შეთვისებაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის არეს რეაქცია. ძლიერ მჟავე ნიადაგებში დიდი რაოდენობით  $Al^{3+}$  იონებია მოძრავ ფორმაში, ხოლო  $K^+$ ,  $Ca$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $MoO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  იონების შემცველობა მცირეა. ტუტე ნიადაგში პირიქით – რკინა, მანგანუმი, ფოსფატიონები ( $PO_4^{3-}$ ) და ზოგიერთი მიკროელემენტი ძნელად ხსნად, მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ფორმაში მოიპოვება, რის გამოც ფერხდება მცენარის კვება.

ბიოსფეროს ყველაზე სახიფათო დამაბინძურებელია აზოტიანი სასუქები: ნატრიუმის გვარჯილა, კალციუმის გვარჯილა, ამონიუმის გვარჯილა, შარდოვანა, ამონიუმის სულფატი. განსაკუთრებით ძლიერ აჭუჭყიანებენ გარემოს ამ სასუქების ნიტრატული ფორმები, რომლებიც მაღალი ხსნადობით და გადაადგილების უნარით ხასიათდებიან და ადვილად ჩაირეცხებიან და გადაირეცხებიან წვიმისა და სარწყავი წყლით, რის გამოც ხშირ შემთხვევაში მათი მაღალი ნორმების გამოყენებისას, შეტანის ვადების, წესებისა და ხერხების დარღვევისას, იმ რეგიონებში, სადაც მაღალია სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის დონე, შეინიშნება სასმელი და გრუნტის წყლების, წყალსატევების და ჩამდინარე წყლების ნიტრატებით დაბინძურება. საკმაოდ დიდია ნიტრატული ფორმის სასუქებიდან აზოტის აქროლებითი დანაკარგიც, რომელიც ხორციელდება მთელი სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში დენიტრიფიკაციის პროცესის შედეგად. ამ შემთხვევაში აზოტი შეიძლება დაიკარგოს  $NO_2$ ;  $NO$ ;  $N_2O$  და  $N_2$  სახით.

ამიაკური ფორმის სასუქებიდან და შარდოვანადან ამიაკის აქროლებითი დანაკარგი პრაქტიკულად არ აღწევს დიდ ზომებს, თუმცა მისი რაოდენობა საგრძობლად იზრდება აღნიშნული სასუქების ზედაპირული შეტანისას და ნიადაგში ჩაკეთების გარეშე დატოვებისას. აზოტის აქროლებას აზოტიანი სასუქიდან, გარდა წმინდა ეკონომიკური მხარისა, ეკოლოგიური მნიშვნელობაც აქვს, რადგან მისი ნაერთების დიდი რაოდენობით აქროლება საგრძობლად აბინძურებს ატმოსფეროს.

მინერალური და ორგანული სასუქები და მინერალური სასუქების ნედლეული, ძირითად საკვებ ელემენტებთან ერთად, შეიცავენ მინარევებს, მძიმე ლითონების მარილებს, ორგანულ შენაერთებს, რადიოაქტიურ ნივთიერებებს. მინერალური სასუქების

მისაღებად საჭირო ნედლეულები – ფოსფორიტები, აპატიტები, კალიუმის ნედლი მარილები, როგორც წესი, შეიცავენ  $10^{-5}$ -დან 5%-მდე და მეტი რაოდენობით მინარევებს.

სასუქების არასასურველ მინარევებს მიეკუთვნება, მათ შემადგენლობაში შემავალი ისეთი ბალასტური ელემენტების შემცველობა, როგორცაა: ფტორი, ქლორი, ნატრიუმი, მძიმე და რადიოაქტიური ელემენტები და იშვიათი ლითონები, რომლებიც გარემოს პოტენციურ დამაბინძურებლებს წარმოადგენენ და მკაცრად უნდა იქნენ აღრიცხული მინერალური სასუქების ნიადაგში შეტანის დროს (ცხრ. 4).

მინარევების შემცველობა მინერალურ და ორგანულ სასუქებში ფართო ფარგლებში მერყეობს. მათი შემცველობა ყველაზე მეტია ფოსფორიან სასუქში, ყველაზე მცირე – ორგანულ სასუქში.

სასუქების მაღალი ნორმების შეტანისას ბალასტური ელემენტები ნიადაგში გროვდება მნიშვნელოვანი რაოდენობით, რამაც შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს მის თვისებებზე, ნაყოფიერებაზე, მოსავლის ხარისხსა და რაოდენობაზე, გრუნტისა, სასმელი წყლების და წყალსაცავების სისუფთავეზე. სასუქების ბალასტში შემავალ ნივთიერებებიდან ყველაზე საშიშია მძიმე ლითონები Hg, Pb, Cd, As და სხვ. რომელთა დაგროვება არღვევს ბუნებრივ წონასწორობას. მათ შორის ყველაზე ტოქსიკურია პირველი სამი. ისინი გარემოში გარდა სასუქებისა, ხვდებიან როგორც მადნების მომპოვებელ საბადოებიდან, ისე გადამუშავების პროცესში და გადამუშავების შემდეგ დარჩენილი წიდეებიდან, რომლებსაც რამდენიმე ჰა ფართობი უკავიათ. ამის გამო მძიმე ლითონებით ბინძურდება არა მარტო წიდის დასაყრელი ადგილები, არამედ მისი მიმდებარე ტერიტორია და ჩამდინარე წყლებიც.

**ცხრ. 4. მინერალურ და ორგანულ სასუქებში სხვადასხვა ქიმიური ელემენტის შემცველობა (მგ-კგ მშრალ ნივთიერებაში)**

ელემენტები	ფოსფორიანი სასუქები	აზოტიანი სასუქები	ორგანული სასუქები
დარიშხანი	2-1200	2,2-120	3-25
ბორი	5-115	-	1,3-0,3
ბარიუმი	200	-	270
ბრომი	3-5	185-716	16-41
კადმიუმი	0,1-170	0,05-8,5	0,3-0,8
ცეზიუმი	20	-	-
კობალტი	1-12	5,4-12	0,3-24
ქრომი	66-245	3,2-19	5,2-55
სპილენძი	1-300	1-15	2-60
ფტორი	8500-38000	-	7
ვერცხლისწყალი	0,01-1,2	0,3-0,9	0,09-0,2
მანგანუმი	40-2000	-	30-550
მოლიბდენი	0,1-60	1-7	0,05-3
ნიკელი	7-38	7-34	7,8-30
ტყვია	7-225	2-27	6,6-15
რუბიდიუმი	5	-	0,6
სტრონციუმი	25-500	-	80
თუთია	50-1450	1-42	15-250
კალა	3-19	1,4-1,6	3,8

ფოსფორიანი სასუქების ფოსფორმჟავა შედარებით ნაკლებად საშიშია გარემოს დაბინძურების თვალსაზრისით, რადგან ფოსფატიონი მცირე გადაადგილების უნარით ხასიათდება, მტკიცედ მაგრდება ნიადაგში და ნაკლებად ტოქსიკურია ადამიანისათვის. ფოსფატიონის გამორეცხვა 1% არ აღემატება, მაგრამ წყლისმიერი ეროზიის შედეგად

წყალსატევებში ხვდება დიდი რაოდენობით ფოსფატები, რაც აპრობებს მათ ევტროფიკაციას. ამასთან ერთად, ფოსფორიანი სასუქები და მათი აგრომადნები ყველა სასუქზე მეტი რაოდენობით მინარევს შეიცავენ და ხელს უწყობენ ნიადაგში ისეთი არასასურველი ელემენტების დაგროვებას, როგორებიცაა: კადმიუმი, ქრომი, კობალტი, სპილენძი, ტყვია, ნიკელი, ვანადიუმი, თუთია, სტრონციუმი, ფტორი, ურანი, ბუნებრივი რადიაქტიური ელემენტები – რადიუმი, სტრონციუმი და თორიუმი. მაგალითად, ერთი ტონა  $P_2O_5$  შემცველი სუპერფოსფატით ნიადაგში შეიტანება 30-40 კგ სტრონციუმი, რომლის შემცველობა ხიბინის აპატიტში 2,0 % აღწევს. სტრონციუმი არის კალციუმის ანალოგი, ამიტომ მისი მოცილება ნედლეულიდან სასუქის მიღების პროცესში, ძალზე ძნელია.

კოლის ნახევარკუნძულის აპატიტის ქანი შეიცავს 0,4-0,6 მგ/კგ კადმიუმს, მისგან დამზადებული სუპერფოსფატი – 0,2-0,7 მგ/კგ. ე.ი. ამ მადნით დამზადებული ფოსფორიანი სასუქი არ არის საშიში სასოფლო – სამეურნეო პროდუქტების მძიმე ლითონებით დაბინძურების თვალსაზრისით.

კარატაუს და კინგისეპტის ფოსფორიტების კონცენტრატები საკმაოდ დიდი რაოდენობით – 3,0 და 2,8 % ფტორს შეიცავენ უხსნად ფორმაში. ამ ნედლეულიდან სასუქების მისაღებად მჟავებით დამუშავებისას, პრაქტიკულად ფტორის 50-80 % გადადის სასუქში ხსნად ფორმაში და სუპერფოსფატში მისი შემცველობა 1,0-1,5 % შეადგენს, ამოფოსში 3-5 %, რის გამოც ყოველი ტონა  $P_2O_5$  გამოყენებით ნიადაგში შეიტანება 160 კგ ფტორი.

მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე პირობებში დამუშავებულია ფტორმოცილებული ფოსფატების მიღების ტექნოლოგია, მაღალი დანახარჯების გამო ის წარმოებაში არ არის დანერგილი. ამასთან ერთად, ფტორის მოცილებისას ნედლეულიდან ადგილი აქვს ისეთი ბიოგენური ელემენტების დაკარგვას, როგორიცაა გოგირდი და მიკროელემენტები.

ფოსფორიანი სასუქების საწარმოებლად მსოფლიოში 30 მლნ. ტ  $P_2O_5$  შემცველი ნედლეული გამოიყენება, რომლის გადამუშავებისას გარემოში იფანტება 2-3 მლნ. ტონა ფტორის აქროლადი და ხსნადი ნაერთები. მათი შემცველობა განსაკუთრებით მაღალია ფოსფორიანი და კომპლექსური სასუქების მწარმოებელ ქარხნებთან. მარტო ბუნებრივი ფოსფორიტების გადამუშავებისას ფტორის დანაკარგები 3-25 % და ზოგჯერ მეტსაც შეადგენს. ფტორის ინტენსიური დაგროვება ნიადაგში დადასტურებულია მირონოვის საცდელი სადგურის მრავალწლიან სტაციონალური მინდვრის ცდებში, სადაც 2320 კგ  $P_2O_5$  გამოყენებით ფტორის შემცველობა ნიადაგში გაიზარდა 22-28 %-ით. რამენსკის საცდელ სადგურზე 1,5% ფტორის შემცველი სუპერფოსფატის ხანგრძლივი გამოყენებისას, ნიადაგში ფტორის შემცველობა საკონტროლოსთან შედარებით გაიზარდა 90 %-ით.

უკრაინის მექარხლეობის მეურნეობებში ყოველ 3ა-ზე დაახლოებით 150 კგ ფოსფორი ანუ 8,3 ც სუპერფოსფატი გამოიყენება, მასთან ერთად შეიტანება 11 კგ F, რის გამოც საგრძნობლად გაზრდილია ამ ელემენტის შემცველობა მცენარეშიც და პროდუქციაშიც. ფტორიდებით გაჭუჭყიანებულ ნიადაგებზე მცენარეთა მოშენებისას, ადგილი აქვს ფტორის დიდი რაოდენობით შეთვისებას და დაგროვებას. ჩვეულებრივ პირობებში მზესუმზირაში, კარტოფილში და ბრინჯში ფტორის შემცველობა არ აღემატება 0,5-1,0 მგ/კგ. ფტორით გაჭუჭყიანებულ ადგილებში კი რამდენჯერმე იზრდება და 2-10 მგ/კგ აღწევს.

ფტორის დიდი რაოდენობით დაგროვება მცენარეში იწვევს მის დაჩაგვრას და ზრდის შეფერხებას. ნორმალურ პირობებში მარცვალში მისი შემცველობა \_ 0,23-7,1; ნამჯაში \_ 2-7; კარტოფილში \_ 0,2-0,9; ჭარხალში \_ 0,2-0,6; თივაში \_ 0,2-2,3 მგ /კგ შეადგენს. A

მინარევებიდან სუპერფოსფატი შედის დარიშხანი, კადმიუმი, ქრომი, კობალტი, სპილენძი, ტყვია და სხვ. (ცხრ.5).

**ცხრ. 5. სხვადასხვა დამაბინძურებლის შემცველობა  
სუპერფოსფატი**

ელემენტები	შემცველობა, მგ/კგ	ელემენტები	შემცველობა, მგ/კგ
დარიშხანი	1,2-2,2	ტყვია	7-92
კადმიუმი	50-170	ნიკელი	7-32
ქრომი	66-243	სელენი	0-4,5
კობალტი	0-9	ვანადიუმი	20-80
სპილენძი	4-79	თუთია	50-1430

ამერიკული მარტივი სუპერფოსფატი წარმოადგენს კადმიუმის წყაროს, რომელსაც ის შეიცავს 50-170 მგ/კგ რაოდენობით. გარდა ამისა, ის შეიცავს ქრომს \_ 66-243 მგ/კგ, კობალტს \_ 0-90 მგ/კგ, სპილენძს \_ 4-79 მგ/კგ, ტყვიას \_ 7-92 მგ/კგ, ნიკელს \_ 7-32 მგ/კგ, ვანადიუმს \_ 70-180 მგ/კგ, თუთიას \_ 50-1430 მგ/კგ რაოდენობით.

ავსტრალიაში, ყოველწლიურად, სუპერფოსფატით ნიადაგში შეიტანება 160 ტ კადმიუმი, მისი შემცველობა სასუქში 38-42 მგ/კგ-ის ფარგლებში მერყეობს. ამერიკულ ფოსფორიტებში 13 მგ/კგ შეადგენს. ალჟირის, მაროკოს და ისრაელის ფოსფორიტებში \_ 25 მგ/კგ; დასავლეთ აფრიკის ფოსფორიტებში \_ 50 მგ/კგ. ყველაზე მეტია მისი შემცველობა სენეგალურ ფოსფორიტებში \_ 70 მგ/კგ. ასეთი ნედლეულით მომზადებული ფოსფორიანი სასუქების ყოველ კგ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> შეიცავს 10-170 მგ/კგ რადიაქტიურ ელემენტებს. აქედან, წელიწადში ნიადაგში ხვდება 0,3-50 მგ/კგ, რაც შეიძლება გახდეს გარემოს ურანით, თორიუმით და რადიუმით დაბინძურების მიზეზი. ფოსფორიტების რადიაქტიურობის შესწავლიდან ჩანს, რომ ურანის ყველაზე მეტ რაოდენობას შეიცავს ფლორიდის და მაროკოს ფოსფორიტების ნედლეული.

აშშ-ის ზოგიერთ შტატში ფოსფორიანი სასუქების 80 წლიანი გამოყენებით ურანის კონცენტრაცია ნიადაგში გაიზარდა ორჯერ. ასეთივე მოვლენას აქვს ადგილი გერმანიაშიც.

რადიაქტიური ელემენტების \_ ურანისა და თორიუმის შემცველობა, სხვადასხვა საბადოდან ამოღებულ ნედლეულიდან დამზადებულ ფოსფორიან სასუქში, განსხვავებულია. ურანი შედარებით მეტია კარატაუს ფოსფორიტებიდან დამზადებულ დიამოფოსში \_ 21,6 მგ/კგ და კინგისეპტის ფოსფორიტებიდან დამზადებულ ფოსფორიტის ფქვილსა და ორმაგ სუპერფოსფატი. 1 ტ კინგისეპტის ფოსფორიტის გამოყენებით ნიადაგში შეიტანება 35 გ ურანი. თორიუმი ყველაზე დიდი რაოდენობითაა აპატიტისგან და კარატაუს ფოსფორიტებისგან დამზადებულ მარტივ სუპერფოსფატი. (ცხრ. 6).

კალიუმისანი სასუქები არსებით გავლენას არ ახდენენ გარემოზე, მაგრამ მათ ბალასტში შემავალი ელემენტები \_ ქლორი და ნატრიუმი ამ სასუქების სისტემური შეტანისას ნიადაგში გროვდებიან დიდი რაოდენობით და უარყოფით გავლენას ახდენენ მის თვისებებზე და ნაყოფიერებაზე. ამასთან ერთად, ისინი იწვევენ მცენარეთა

დაჩაგვრას, მოსავლიანობისა და მისი ხარისხის შემცირებას, გრუნტისა და წყალსატევების წყლების დაბინძურებას.

ასე მაგალითად, ბელგიური კალიუმის ქლორიდი შეიცავს 6,5 მგ/კგ ტყვიას, 0,2-0,3 მგ/კგ კადმიუმს, 1,3-7,7 მგ/კგ დარიშხანს, 22-940 მგ/კგ რკინას, 6,8-21,0 მგ/კგ თუთიას. კალიუმის სულფატი შესაბამისად \_ 12; 1,0; 0,2 და 52 მგ/კგ. ნედლი კალიუმის მარილები \_ 4,0; 4,1; 29 და 24 მგ/კგ. გარდა ამისა, კალიუმის სულფატი შეიცავს 0,075 მგ/კგ ვერცხლისწყალს, 0,25 მგ/კგ ქრომს და 0,04 მგ/კგ კობალტს.

გარდა ამისა, კალიუმის სასუქები შეიცავენ დარიშხანისა და მძიმე ლითონების მნიშვნელოვან რაოდენობას (ცხრ. 7).

სხვადასხვა კალიუმის სასუქების წარმოებისას წარმოიქმნება დიდი რაოდენობით ანარჩენები. ურალის ქიმიური მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მონაცემებით, კალიუმის სასუქების ანარჩენების პასპორტიზაციით დადგენილ იქნა, რომ ყოველწლიურად ბალასტის სახით გროვდება 43 მლნ. ტონა გალიტების ანარჩენები და 71 მლნ. ტონა თიხა-მარილიანი შლამები. 1 ტ კალიუმის სასუქების წარმოებისას ბალასტის სახით რჩება 3-4 ტ გალიტური ანარჩენი, რომელიც 90 % ნატრიუმის ქლორიდისაგან და 9 % კალიუმის ქლორიდისაგან შედგება.

**ცხრ 6. ურანისა და თორიუმის შემცველობა ფოსფორიან სასუქებში, მგ/კგ-ით**

ს ა ს უ ქ ი	238U	232 Th
დამზადებული კარატაუს ფოსფორიტებიდან აპატიტიდან დიამოფოსი	9,5 3,7	10 8
კარატაუს ფოსფორიტებიდან აპატიტიდან	21,6	17
ორმაგი სუპერფოსფატი	0,11	16
კინგისეპის ფოსფორიტებიდან აპატიტიდან	17,3	11
სუპერფოსფატი	3,5	10
აპატიტისგან		
კარატაუს ფოსფორიტებიდან	1,2	32
კინგისეპის ფოსფორიტის ფქვილი	4,4	25
	35,0	14,5

**ცხრ. 7. კალიუმის სასუქებში მძიმე ლითონების შემცველობა, მგ/კგ-ით**

სასუქის დასახელება	Pb	Cd	Al	Hg	Cr
KCl	6,5	0,25	1,3-7,7	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	12,0	1,00	0,2	0,075	0,025
ნედლი კალიუმის მარილი	4,0	0,09	2,6	-	-



კალიუმის 40 %					
მარილი	4,5	0,16	4,1	-	-

მცირე რაოდენობით შეიცავს მაგნიუმის ქლორიდს, კალციუმის სულფატს, ბრომს და უხსნად ნალექს. ეს უკანასკნელი შეიცავს ალუმოსილიკატებს, რკინისა და კალციუმის კარბონატებს, კალიუმის, ნატრიუმის, ტიტანის, სპილენძის, მანგანუმის და სხვა ლითონების მარილებს.

გალიტური ანარჩენების უზარმაზარი მასა იყრება მარილსაყრელებზე, იკავებს ასეულობით ჰა ფართობს და წარმოადგენს ნიადაგისა და გრუნტის წყლების დამარილების და დაბინძურების მუდმივ წყაროს. ისინი იხსნებიან ატმოსფერულ ნალექებში და თოვლის დნობის შედეგად წარმოქმნილ ჩამონადენ წყლებში, რის შედეგადაც დაბინძურების არეალი კიდევ უფრო ფართოვდება და ის ზოგჯერ მდინარეთა ქვედა დინებებამდეც აღწევს, სადაც 1ლ წყალი შეიცავს 1000 მგ კალიუმს, ნატრიუმს, მაგნიუმს და კალციუმს, მაშინ როცა მდინარის ზედა დინებაში წყალი შეიცავს 1-3 მგ კალიუმს, 2-4 მგ ნატრიუმს, 2-35 მგ მაგნიუმს, 7-80 მგ კალციუმს.

კალიუმისანი სასუქების წარმოების მტვრისა და გაზების ანარჩენები, შეიცავენ შრობის განყოფილების გამონაბოლქვ მავნე გაზებს, კალიუმის ქლორიდის კონცენტრატის მტვერი – ქლორწყალბადს, ფტორის რეაგენტებისა და შებენი ტვის საწინააღმდეგოდ დამატებული ამინების ორთქლს.

კალიუმისანი სასუქებით გარემოს დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად, მთავარი გზაა ანარჩენების გადამუშავება და გადამამუშავებელი კომბინატებიდან ჩამონადენი წყლების წყალსატევებში ჩაშვების გამორიცხვა ან მათი ჩაშვება სათანადო გაწმენდის შემდეგ. ასევე საჭიროა უტილიზებული ან გაუვნებელი იქნეს მტვრისა და გაზების ანარჩენებიც.

### **სასუქების ბიოციდური თვისებები და მათი თავიდან აცილების გზები**

გარდა გარემოს დაბინძურებისა, სასუქებს გააჩნიათ ბიოციდური თვისებები, რის გამოც ისინი იწვევენ ცოცხალი ორგანიზმის ან მისი ცალკეული ორგანოების ფუნქციის მოშლას მათში მიმდინარე სხვადასხვა ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესების დარღვევის გამო.

ნიადაგის პროფილში ბიოციდების მიგრაცია დამოკიდებულია ნიადაგის თვისებებზე, პირველ რიგში – მის მექანიკურ შედგენილობაზე. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგში მიგრაცია აქტიურად მიმდინარეობს და ბიოციდები საკმაოდ ღრმა ჰორიზონტებში აღწევენ, რადგან ასეთი ნიადაგების აქტიური ზედაპირის სიდიდე მცირეა, რის გამოც მათ დაბალი ადსორბციის უნარი აქვთ. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებს კი პირიქით, მაღალი ადსორბციის უნარი. ბიოციდების ადსორბცია დამოკიდებულია აგრეთვე ნიადაგის მინერალოგიურ შედგენილობაზე. მონთმორილონიტის ჯგუფის მინერალების შთანთქმის ტევადობა მაღალია და ბიოციდების მოლეკულების ადსორბცია წარმოებს არა მარტო ამ მინერალების ზედაპირზე, არამედ შრეებს შორის სივრცეშიც. კაოლინიტის ჯგუფის მინერალებში

ადსორბცია მხოლოდ ზედაპირზე მიმდინარეობს, ამიტომ ისინი ბევრად ნაკლები შთანთქმის ტევადობით გამოირჩევიან.

ბიოციდების შთანთქმა აქტიურად ხდება ნიადაგში არსებული ორგანული ნივთიერებების მიერ და წარმოებს მათი გადაყვანა არააქტიურ ფორმაში. მათი ადსორბციის ხარისხი დამოკიდებულია ჰუმუსის ხარისხობრივ შემადგენლობაზე. ბიოციდების შთანთქმის უფრო მაღალი ტევადობა ახასიათებთ ჰუმინის მჟავებს, უფრო ნაკლები ფულვომჟავებს. ბიოციდების დეტოქსიკაციას და არატოქსიკურ კომპონენტებად დაშლას ხელს უწყობენ ნიადაგში არსებული მიკროორგანიზმები და მასში მიმდინარე მიკრობიოლოგიური პროცესები. ამასთან, სოფლის მეურნეობაში მომუშავე ყველა სპეციალისტის მოვალეობაა ეკოსისტემაზე სასუქების უარყოფითი გავლენის შემცირება მათი შეტანის ტექნოლოგიის სრულყოფით, შეტანის სიღრმის, ხერხებისა და ვადების დაცვით, სასუქების ფორმების და ნორმების სწორად შერჩევით ნიადაგის ტიპისა და მცენარეთა სახეობების გათვალისწინებით, უქლორო სასუქების შექმნით და გამოყენებით, საკვები ელემენტების დანაკარგების წინააღმდეგ კომპლექსური ღონისძიებების გატარებით და ყველა ფორმის სასუქის ნიადაგში აუცილებელი ჩაკეთებით.

### **გარემოს დაბინძურება მცენარეთა დაცვის ქიმიური საშუალებების გამოყენებით**

მცენარეთა და ცხოველთა დაცვის ქიმიური საშუალებების – პესტიციდების გამოყენება, მთელ მსოფლიოში ორ პრობლემასთანაა დაკავშირებული – გარემოს და კვების პროდუქტების სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების ნაშთებით, კერძოდ ვერცხლისწყლის ორგანული, ქლორორგანული პესტიციდებით და სხვა მრავალი ნაერთებით დაბინძურებასთან და მათი თავიდან აცილების გზების ძიებასთან.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციასთან არსებული სოფლის მეურნეობის საერთაშორისო ორგანიზაციის (ფაო) მონაცემებით, სოფლის მეურნეობის პროდუქციის მავნებლებითა და დაავადებებით გამოწვეული ყოველწლიური დანაკარგები მთელი მოსავლის 20%-ზე და მეტს შეადგენს. მათ წინააღმდეგ მსოფლიოს სოფლის მეურნეობაში ყოველწლიურად 1,5 მილიონ ტონაზე მეტი პესტიციდები გამოიყენება. მაგრამ მავნებლების წინააღმდეგ გამოყენებული მხამქიმიკატები მოქმედებენ არა მარტო მავნებლებზე, არამედ მათ ბუნებრივ მტრებზეც.

პესტიციდები მცენარეთა დაცვის ქიმიური საშუალებების საერთოდ მიღებული კრებსითი სახელია (pestis – მავნე, caed – ვკლავ). ისინი სხვადასხვა სახის ქიმიური ნაერთებია, რომელთაც, როგორც წესი, გააჩნიათ უნარი არჩევით მოსპონ ესა თუ ის მწერები, მცენარეთა დაავადებების ამგზნებლები, სარეველა ბალახები და ა. შ.

ტოქსიკურობის სიდიდის მიხედვით პესტიციდებს პირობითად ყოფენ ძლიერმოქმედ მაღალ\_ტოქსიკურ, საშუალო\_ტოქსიკურ და მცირე\_ტოქსიკურ შენაერთებად.

სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული პესტიციდები, საწარმოო დანიშნულების მიხედვით, ასევე ჯგუფებად იყოფიან. მაგალითად, მავნე მწერების მოსასპობ საშუალებებს ეწოდება ინსექტიციდები (insectum – მწერები, caed – ვკლავ), სარეველა მცენარეულობის წინააღმდეგ გამოყენებულ საშუალებებს – ჰერბიციდები (herba – ბალახი, მცენარე, caed – ვკლავ). ანალოგიურად მიიღეს სახელწოდება პესტიციდების სხვა ჯგუფებმაც. მაგალითად, ფუნგიციდები – სოკოვანი დაავადებების ამგზნებთა

მომსპობმა საშუალებებმა; ბაქტერიოციდები – მცენარეთა ბაქტერიული დაავადებების ამგზნებთა საწინააღმდეგო საშუალებებმა და ა. შ. გარდა ამისა, მიღების ხერხისა და ქიმიური თვისებების მიხედვით, პესტიციდებს ყოფენ ქლორორგანულ, ფოსფორორგანულ, ვერცხლისწყალორგანულ ნაერთებად და სხვ. ამ ნიშნის მიხედვითაც 10-ზე მეტ ჯგუფს განასხვავებენ.

არასწორი გამოყენების დროს, პესტიციდებმა მაღალ ეკონომიკურ ეფექტიანობასთან ერთად, შეიძლება მოგვცენ არასასურველი შედეგი. საქმე ისაა, რომ პესტიციდებს ბიოლოგიური აქტივობა გააჩნიათ, ე. ი. უნარი აქვთ გამოიწვიონ არა მარტო მწერების, მცენარეების, სხვადასხვა მიკრობების, არამედ თბილისსხლიანი ცხოველების დაღუპვაც. ისინი პოტენციურად საშიში არიან ცოცხალი ბუნებისა და ადამიანებისათვის.

ზოგიერთი მდგრადი ქიმიური ნივთიერება, ძირითადად ქლორორგანული ნაერთები, რომელთაც ადამიანის ორგანიზმში დაგროვების უნარი გააჩნიათ, უმნიშვნელო რაოდენობით მოხვედრის შემთხვევაშიც ქრონიკულ მოწამვლას იწვევენ. დადგენილია, რომ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი პესტიციდების საერთო რაოდენობის 90%-ზე მეტი შედის კვების პროდუქტებით. პესტიციდებს საკვებ პროდუქტებში სხვადასხვა გზით შეუძლია მოხვედრა. ერთ-ერთი ასეთი გზა ნიადაგია. ბევრი მდგრადი პესტიციდი, მაგალითად, ჰექსაქლორანი, დდტ და ა. შ. შეაღწევენ რა ნიადაგში, კი არ იშლებიან, არამედ გროვდებიან მასში. ამ ტოქსიკური ნივთიერებების ნაწილი თანდათანობით ვრცელდება წყალსატევებში, მტვრის სახით ჰაერში და ა.შ. მათი შემდგომი გავრცელება დამოკიდებულია ნიადაგის თვისებებზე, რომელიც ასრულებს დაბინძურების უნივერსალური ბიოლოგიური ადსორბენტის და ნეიტრალიზატორის როლს, აგრეთვე ადამიანის ორგანიზმში სინთეზირებული ნივთიერებების მინერალიზატორის როლს. სწორედ ნიადაგის ეს თვისებები განსაზღვრავს მასში მოხვედრილი პესტიციდების ბედს, რომლებიც, საბოლოო ჯამში, იშლებიან და დეტოქსიკაციას განიცდიან.

ნიადაგში პესტიციდების დაშლის სიჩქარეზე მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას: ნიადაგის მექანიკური თვისებები, მისი pH, მინერალური და ორგანული ნივთიერებების შემცველობა, ტემპერატურა, ტენიანობა, აერაციის პირობები და მრავალი სხვა. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორი გავლენას ახდენს დაშლის სიჩქარეზე, ცვლის ნიადაგის მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის აქტივობას და შედგენილობას ან აუარესებს მათთვის ტოქსიკანტების მისაწვდომობას (ადსორბცია ორგანული ნივთიერებით).

პესტიციდების უდიდესი ნაწილი სხვადასხვა მიკროორგანიზმების გავლენით გროვდება ნიადაგში და წარმოქმნის დაშლის უმარტივეს პროდუქტებს, მაგრამ ქლორორგანული პესტიციდი საკმაოდ მდგრადია და შეუძლია არსებითი ცვლილებების გარეშე ნიადაგში იყოს რამდენიმე წლის განმავლობაში. კერძოდ, ასეთ პრეპარატებს მიეკუთვნება ჰექსაქლორი, ციკლოჰექსანი და ჰექსაქლორციკლოპენტადიენისგან მიღებული დიენური სინთეზის პრეპარატები. თუმცა, მიკროორგანიზმების გავლენით ანაერობულ პირობებში დდტ-ც იშლება.

ვერცხლისწყლის შემცველი ნაერთებით ბიოსფეროს დაბინძურების წყაროებია სამრეწველო ნარჩენები და ვერცხლისწყლიანი ფუნგიციდები, რომლებიც ნიადაგს, წყალსა და ჰაერს აბინძურებენ ვერცხლისწყლით და შემდგომში ერთგებიან კვების ჯაჭვში.

პესტიციდებით ადამიანისა და ცხოველების მოწამვლის წყარო შეიძლება გახდეს მაგალითად, მოწამული მარცვალი ან სხვა საკვები პროდუქტები. ამ შემთხვევაში

ადამიანის მომზადება ნივთიერებებით ინტოქსიკაცია მიდის შემდეგი კვებითი ჯაჭვით: მოწამლული მარცვალი – ცხოველის ხორცი – ადამიანი ან მოწამლული მარცვალი (პური) – ადამიანი. ასეთი მოწამვლები მეტად ხშირია. იაპონიაში ქიმიური ქარხანა „ტისო“ ვერცხლისწყლის ორგანულ ნაერთებს ყრიდა ყურეში, საიდანაც ეს საწამლავი ხვდებოდა თევზების, კობორჩხალებისა და ხამანწყების ორგანიზმში, რომელთაც ადამიანები საკვებად იყენებდნენ. დაავადდა 397 ადამიანი, მათგან გარდაიცვალა 68. დაავადება იწვევდა დამბლას, სმენის დაქვეითებას, მხედველობის მოშლას. ბავშვები იბადებოდნენ დადამბლავებულნი, უსინათლონი, ყრუები და გულის მანკით დაავადებულები.

ორგანოებსა და ქსოვილებში ვერცხლისწყალორგანული ნაერთების დაგროვებისა და განაწილების ხასიათი დამოკიდებულია შეთვისების გზებზე: ორალურის დროს ვერცხლისწყალი ყველაზე მეტად გროვდება თირკმელებსა და ღვიძლში, ინჰალაციურის დროს – ფილტვებსა და თავის ტვინში.

პესტიციდები გროვდება არა მარტო ნიადაგში, წყალსა და კვების პროდუქტებში, არამედ მონაწილეობენ ნივთიერებათა წრებრუნვაში და აღწევენ ადამიანის კვებით ჯაჭვში.

დაწვრილებით განვიხილოთ სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული, ვერცხლისწყალორგანული, ქლორორგანული და ფოსფორორგანული პესტიციდები.

ყველა ვერცხლისწყალორგანული პესტიციდი ძლიერმოქმედი შხამიანი ნივთიერებაა. მუშაობის დროს საჭიროა დიდი სიფრთხილე. დაუშვებელია მათი საკვებ პროდუქტებში მოხვედრა. იმისათვის რათა ვერცხლისწყალორგანული პესტიციდები სხვა შენაერთების ჯგუფებისაგან განვასხვავოთ, ხოლო შეწამლული თესლები შეუწამლავისაგან, პესტიციდებს უმატებენ შემფერავებს.

ვერცხლისწყალორგანული პესტიციდების ჯგუფებიდან მცენარეთა დაავადებების, მავნებლებისა და სარეველების წინააღმდეგ საბრძოლველად ნებადართულია სამი პრეპარატის გამოყენება: გრანოზანის, მერკურბენზოლის და მერკურჰექსანის.

გრანოზანის ქიმიური ფორმულაა  $C_2H_5HgCl$ , საიდანაც ჩანს, რომ ის შეიცავს 75,6 % ვერცხლისწყალს. თესლების შესაწამლად ეს პრეპარატი გამოიყენება 1,5-2 კგ რაოდენობით ტონა თესლზე. 1 ჰა-ზე 300 კგ შეწამლული ხორბლის თესლის დათესვისას ნიადაგში 340-453 გ ვერცხლისწყალი შეიტანება.

წარსულში ვერცხლისწყლის შემცველი პრეპარატები საქართველოში ინტენსიურად გამოიყენებოდა ხეხილოვანი კულტურების შესაწამლად, რის გამოც მეხილეობის ზონებში ინტენსიურადაა დაბინძურებული ნიადაგი. მართალია დღესდღეობით მათი გამოყენება შეწყვეტილია, მაგრამ ასეთ დაბინძურებულ ნიადაგებზე ერთწლიანი კულტურების მოყვანისას შეიმჩნევა მათგან მიღებული პროდუქციის ვერცხლისწყლით დაბინძურება.

სოფლის მეურნეობაში მარცვლეული, მარცვლეულ-პარკოსანი, ტექნიკური, ბოსტნეული და მინდვრის კულტურების, ვენახის მავნებლებთან საბრძოლველად ფართოდ გამოიყენება ქლორორგანული პესტიციდები (დდტ, ჰექსაქლორანი, ჰექტაქლორი და სხვა). ამ ნაერთების განმასხვავებელი თავისებურება არის მდგრადობა გარემოს სხვადასხვა ფაქტორის (ტემპერატურა, მზის რადიაცია, ტენი და ა.შ.) ზემოქმედებისადმი. 115-120°C-ზე გაცხელებისას ძლებენ 15 საათის განმავლობაში და იშლებიან 170-200°C-ზე. ეს პრეპარატები ძალიან დიდხანს (10-15 წლამდე) არ იშლება ნიადაგში.

ქლორორგანული ნივთიერებები წყალში ცუდად იხსნება, კარგად იხსნება ცხიმებში. აქედან გამომდინარე, მოცემული ჯგუფის დამახასიათებელი თვისებაა ფრინველების,

თევზების, ცხოველთა, ადამიანის ცხიმოვან ქსოვილებში დაგროვების ტენდენცია. დღე და სხვა ქლორორგანული ნაერთები ადამიანის ორგანიზმში ხვდება ძირითადად საკვებით.

ქლორორგანულ ნივთიერებებს სხვადასხვა რაოდენობით შეიძლება შეიცავდეს საკვები ბალახები, ბოსტნეული, ხილი. დადგენილია, რომ იმ ცხოველთა ხორცი და რძე, რომლებიც ქლორორგანული პესტიციდებით დაბინძურებული საკვებით იკვებებიან, როგორც წესი, ამ პესტიციდების მნიშვნელოვან რაოდენობას შეიცავენ. დღე და ამ ტიპის სხვა პრეპარატები, ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრისას, დიდი ხნის განმავლობაში რჩებიან. ამ პრეპარატის დაგროვება შეიძლება დამლუპველი აღმოჩნდეს მოზარდებისათვის, განსაკუთრებით კი – ჩვილი ასაკის ბავშვებისათვის. ამიტომ, მეძუძური დედისათვის მიცემული საკვები არ უნდა შეიცავდეს დღე-ს.

ქლორორგანულ შხამიან ნივთიერებებს შეუძლიათ გამოიწვიონ ქრონიკული მოწამვლა. ორგანიზმში მათი მოხვედრა დასაშვებ ზღვარზე მეტი რაოდენობით, იწვევს მწვავე მოწამვლასა და ნერვული სისტემის დაზიანებას ტოქსიკური ენცეფალიტისა და სხვა კლინიკური გამოვლინების სახით. ჩვენს ქვეყანაში დღე ამოღებულია იმ ქიმიური და ბიოლოგიური საშუალებების სიიდან, რომლებიც რეკომენდებულია სოფლის მეურნეობაში მავნებლებთან, მცენარეთა დაავადებებსა და სარეველებთან საბრძოლველად.

ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოს დაბინძურებისადმი ნაკლებად უსაფრთხოა ფოსფორორგანული პესტიციდები (ტიაფოსი, კარბოფოსი, მეტაფოსი და ა.შ.). სოფლის მეურნეობაში ისინი გამოიყენება მარცვლეული კულტურების მავნებლის – მავნე კუსებურასა და ხეხილის მთელი რიგი მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად.

ფოსფორორგანული ნაერთები წყალში ცუდად იხსნება. მათი უპირატესობაა შედარებით მცირე მდგრადობა გარემოში. წყლისა და მზის გავლენით ამ ჯგუფის პრეპარატები დაახლოებით ერთი თვის განმავლობაში იშლება და მცირეტოქსიკურ ნაერთებად იქცევა. მათ არ გააჩნიათ მცენარეებში დაგროვების გამოკვეთილი უნარი და ამიტომ ნაკლებად აბინძურებენ დამუშავებული კულტურებისა და ცხოველებისაგან მიღებულ საკვებ პროდუქტებს.

ფოსფორორგანული პრეპარატებით მოწამვლა იშვიათად შეინიშნება, მაგრამ ზოგიერთი პრეპარატი (თიოფოსი, მეთილთიოფოსი, მერკაპთიოფოსი) მაღალტოქსიკურია და შეუძლია მწვავე მოწამვლის გამოწვევა, ამის გამო თიოფოსის გამოყენება აკრძალულია.

ნიადაგის ქიმიური ნივთიერებებით ინტენსიური და მზარდი დაბინძურების გამო დამუშავებულია ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ნიადაგში ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები. ნიადაგში ქიმიური ნივთიერებების ნორმირების დროს არა მარტო ის საფრთხეა გათვალისწინებული, რომელიც უშუალოდ ნიადაგთან კონტაქტის დროს წარმოიქმნება, არამედ, უმთავრესად ნიადაგთან კონტაქტში მყოფი გარემოს მეორეული დაბინძურების შედეგებიც. ამასთან ერთად ითვალისწინებენ იმ ფაქტორებსაც, რომლებიც გავლენას ახდენენ ნიადაგში შხამქიმიკატების დაგროვებაზე. ესენია: ნიადაგის ტიპი, მექანიკური შედგენილობა, მორფოლოგია, მიკრობიოცენოზი, pH, ტემპერატურა, ტენიანობა და ა.შ.

სოფლის მეურნეობაში პესტიციდების გამოყენებასთან დაკავშირებული საფრთხის თავიდან აცილების მიზნით, ზოგჯერ დაბალი კვალიფიკაციის ადამიანები უარს ამბობენ პესტიციდების გამოყენებაზე. მათ მიაჩნიათ, რომ პესტიციდების გამოყენებას შეიძლება მოჰყვეს კატასტროფული შედეგები კაცობრიობისათვის. ბევრი მეცნიერი დღეს პლანეტაზე ბიოლოგიური აფეთქების პერიოდს უწოდებს. მათ მხედველობაში

აქვთ კოლორადოს ხოჭოს უდიდესი შემოსევა აშშ-სა და ევროპაში, ჰესენური ბუზისა აშშ-ში, კაქტუსების უდიდესი გამრავლება ავსტრალიაში, კალიებისა და მალარიის კოლოს გავრცელების გეოგრაფიის გაფართოება, ვირთხების შემოსევა დიდ ქალაქებში (ერთი ვირთხა წელიწადში სპობს 10-15კგ მარცვლეულს), უმნიშვნელოვანესი კულტურების – კარტოფილის, ბამბის და სხვა დაავადებათა ძლიერი გავრცელება. შეიძლება გავიხსენოთ ისიც, რომ სოფლის მეურნეობას დიდ ზიანს აყენებს სულ ცოტა 800-მდე სახის სხვადასხვა სოკო, 10 000-ზე მეტი მწერი, 2000-მდე მატლი.

მავნებლებთან, მცენარეთა დაავადებებთან და სარეველებთან ბრძოლა უნდა იყოს კომპლექსური, სადაც უნდა გაერთიანეს აგროტექნოლოგიური, ბიოლოგიური და ქიმიური საშუალებები. გათვალისწინებული უნდა იქნეს მავნე ორგანიზმებისაგან დასაცავი კულტურების ბიოლოგიური თავისებურებები, აგრეთვე ეკოლოგიური პირობები.

სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება მცენარეთა მავნებლებთან ბრძოლის ბიოლოგიური საშუალებები. ბიოლოგიური დაცვა მხოლოდ მავნებლებს სპობს და ზიანს არ აყენებს დანარჩენ ცოცხალ ორგანიზმებს, არ აბინძურებს გარემოს. ეს მეთოდი შეთანაწყობილი უნდა იქნეს მცენარეთა მავნებლებთან ბრძოლის ქიმიურ მეთოდებთან, რაც თანამედროვე პირობებში აუცილებელია, რადგან დაახლოებით 300-მდე მწერი მოითხოვს სულ უფრო მეტად კონცენტრირებული პრეპარატების გამოყენებას, რაც, თავის მხრივ, ზრდის გარემოს დაბინძურებას. დღეისათვის ბიოსფეროს პესტიციდებით დაბინძურებისგან დასაცავად გამოიყენება შემდეგი გზები:

1. ისეთი პრეპარატების უპირატესი გამოყენება, რომლებიც სწრაფად იშლება გარემოში. ის ნივთიერებები, რომლებიც ვერ პასუხობენ თანამედროვე ჰიგიენურ ნორმატივებს, იცვლებიან უფრო უსაფრთხო ნაერთებით.

2. მცენარეთა მავნებლებთან ბრძოლის ქიმიური საშუალებების ბიოლოგიურით შეცვლა. ამჟამად დამუშავებულია და წარმოებაში აქტიურად ინერგება ბიოლოგიური პრეპარატების საშუალებით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაავადებებისა და მავნებლებისაგან დაცვის ზონალური სისტემები.

### **გარემოს დაბინძურება ჰორმონებით და ზრდის სტიმულატორებით**

ჰორმონებს და ზრდის სტიმულატორებს ფართოდ გამოიყენება აქვთ სოფლის მეურნეობის და კვების მრეწველობის თითქმის ყველა დარგში. საზღვარგარეთის ქვეყნებში თითქმის არც ერთი კულტურა არ მოჰყავთ, არც ერთი ცალი პური არ ცხვება, არც ერთ სული პირუტყვი, ქათამი და ღორი არ იზრდება ჰორმონებისა და ზრდის სტიმულატორების გამოყენების გარეშე.

ჰორმონების ქიმიური ბუნება განსხვავებულია. ისინი შედგებიან ცილებისაგან, პეპტიდებისაგან, ამინომჟავებისაგან, სტეროიდებისაგან და სხვ. მათ გამოყოფენ ცხოველთა შესაბამისი ორგანოებიდან ან იღებენ ხელოვნური გზით. სტიმულატორები ქიმიური ნაერთებია.

ჰორმონები და ზრდის სტიმულატორები ფართოდ გამოიყენება მცენარისა და ცხოველთა ორგანიზმის სასიცოცხლო პროცესების, ზრდის, გამრავლების, ნივთიერებათა ცვლის სტიმულაციისათვის.

მემცენარეობაში სტიმულატორები გამოიყენება მცენარეთა ზრდის, კვების, ფესვთა სისტემის, ნაყოფმსხმოიარობის სტიმულაციისათვის. ამ მიზნით იყენებენ აუქსინებს და ჰეტეროაუქსინებს, რომელთა ნორმალური დოზის შეტანისას ადგილი აქვს მცენარის ზრდა-განვითარების სტიმულირებას. მაღალი დოზის გამოყენებამ კი შეიძლება მცენარის დაღუპვა გამოიწვიოს.

მეცხოველეობაში და ვეტერინარიაში მათ იყენებენ საკვების შეთვისების გასაუმჯობესებლად, ცხოველთა ზრდის სტიმულაციისათვის, მათი სქესობრივი მომწიფების დაჩქარებისა და პროდუქტიულობის გადიდებისათვის.

ამჟამად, საწარმოო პირობებში უპირატესად გამოიყენება ხელოვნური ჰორმონალური პრეპარატები, რომელებიც ბუნებრივ პრეპარატებზე 100-ჯერ უფრო ეფექტური და იაფია.

აშშ-ში ფართოდ არის გავრცელებული ხარებისა და ღორების ზრდის ჰორმონი – სომატროპინი, რომელიც მიღებულია მიკროორგანიზმთა გენეტიკური ცვლილების საფუძველზე. მათ შეუძლიათ გამოიმუშაონ დიდი რაოდენობით სპეციალური ცილები. მისი გამოყენებით მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის წონა იზრდება 7,5 %, ძროხების პროდუქტიულობა – 5-20 %, ღორებში ცოცხალი წონა – 11 %, პროდუქტიულობა – 12 %.

ჰორმონებისა და ზრდის სტიმულატორებს ხორცში, პურში, მცენარეთა პროდუქტებში დარჩენილმა ნარჩენებმა არ შეიძლება უარყოფითი გავლენა არ იქონიონ ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ისინი არღვევენ და ცვლიან ორგანიზმში მიმდინარე ჰორმონალურ პროცესებს და იწვევენ მძიმე დაავადებების განვითარებას. აღნიშნულის აღსაკვეთად აუცილებელია საკვებ პროდუქტებში მათი ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციის ცოდნა. ასე მაგალითად, რძეში ესტროგენის დასაშვები კონცენტრაცია არის 1 მგ/ლ-ში, ხორცში, თირკმელში, ღვიძლში 10 მგ/კგ-მდე. ამავე პროდუქტებში დიეთილბესტროლის დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 0,05-5,0 მგ/კგ, ჰექსესტროლის 0,3-1,5 მგ/კგ.

ხორცის მზა პროდუქციაში სინთეზური ესტროგენის დასაშვები რაოდენობა 0,1-0,5 მგ/კგ, დიენესტროლის 0,42 მგ/კგ; ზერანოლის არანაკლებ – 0,4 მგ/კგ; ტესტოსტერონის 0,4 მგ/კგ. ადამიანის ორგანიზმზე ჰორმონალური პრეპარატების უარყოფითი გავლენის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ამ დანიშნულებით გამოყენებული ყველა პრეპარატის შემოწმება, აპრობაცია და მათი გამოყენების წესების მკაცრი დაცვა.

## **გარემოს დაბინძურება მეცხოველეობის ფერმების ანარჩენებით**

მეცხოველეობის ანარჩენები მნიშვნელოვნად ჭარბობენ საყოფაცხოვრებო ანარჩენებს. აშშ-ში ყოველწლიურად ფერმებში 2 მილიარდ ტონაზე მეტი ანარჩენი წარმოიქმნება, რაც 10-ჯერ მეტია საყოფაცხოვრებო ანარჩენებზე. ინგლისში – 120-150 მილიონი ტონა, რაც 4-ჯერ მეტია საყოფაცხოვრებო ანარჩენებზე.

მეცხოველეობის ანარჩენები ძალზე საშიშ გარემოს დაბინძურების წყაროს წარმოადგენენ, ვინაიდან ცხოველთა გამონაყოფები შეიცავენ პათოგენურ მიკროორგანიზმებს. მაგალითად, შვეიცარიაში თხევადი ნაკელის 92% სალმონელებს შეიცავს 10<sup>7</sup> 1 ლიტრში კონცენტრაციით. კლოსტრიდიუმის სპორების რაოდენობა ნაკელში მერყეობს 11 დან 16 მილიონამდე ჰა-ზე. ამიტომ, მათი ლიკვიდაციის ძირითად მეთოდს სასუქად გამოყენება წარმოადგენს, მაგრამ შეტანის წინ აუცილებელია მისი გაუვნებელყოფა. მყარი ნაკელის გადაწვის პროცესში გაუვნებელყოფა თავისთავად ხდება ამ პროცესის მიმდინარეობისას წარმოქმნილი 50-60° ტემპერატურით, რაც საკმარისია პარაზიტების კვერცხების და ავადმყოფობათა გამომწვევი მიკრობების დასახოცად.

უფრო რთულია თხევადი ნაკელის გაუვნებელყოფა, რადგან მისი თვითგახურება არ ხდება და მასში დიდი ხნის განმავლობაში ცოცხლობენ დავადებათა გამომწვევი მიკრობები. მხოლოდ ზაფხულში ოთხთვიანი და ზამთარში რვა თვიანი შენახვა სპობს ნაკელის არაგამძლე მიკროფლორას. ნაკელში გამძლე მიკროფლორის ტუბერკულოზის, ციმბირული წყლულის და სხვა დაავადებების გამომწვევი მიკრობების გაუვნებელყოფისათვის საჭიროა 4-10 დღით შესანახი იზოლირებული სანაკელის მოწყობა და ყოველ 1მ<sup>3</sup> თხევად ნაკელზე 3კგ ფორმალდეჰიდის დამატება. თხევადი და ნახევრადთხევადი ნაკელის გაუვნებელყოფისათვის იყენებენ აგრეთვე გამაცხელებლებს.

ცდებით დამტკიცებულია, რომ გაუვნებელყოფილი ნაკელის ნორმალური დოზით გამოყენება არ არის საშიში გრუნტისა და წყალსაცავების წყლების დაბინძურებისათვის. მაგალითად, თიხნარ ნიადაგზე 45ტ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ნაკელის შეტანა და მისი 15 სმ ფენაში ჩაკეთება ჩამონადენ წყლებში ნიტრატების შემცველობაზე გავლენას ახდენს მხოლოდ შეტანის პირველ წელს. სხვა წლებში ჩამონადენ წყლებში აზოტის შემცველობა როგორც სასუქიან, ისე უსასუქო ვარიანტებზე ახლოს იყო ერთმანეთთან.

მეცხოველეობის ანარჩენებით ჩამონადენი წყლების დაბინძურების ძირითად წყაროს წარმოადგენს გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლების ჩაშვება ან მათი გაჟონვა წყლის ობიექტებში, მაგალითად, აშშ-ში მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის საკვები მოედნებიდან ჩამონადენი შეიცავს 30 \_ ჯერ მეტ ამიაკურ, 4 \_ ჯერ მეტ ნიტრატულ აზოტს, 75 \_ ჯერ მეტ ფოსფორს, ვიდრე ანეულზე ჩამონადენი. თოვლის დნობის დროს ჩამონადენში მყარი ნაწილაკების რაოდენობა 10-12 ჯერ მეტია.

ნაკელიდან საკვები ელემენტების დიდი რაოდენობით დანაკარგები შეიძლება გამოიწვიოს მისმა გაყინულ ნიადაგზე შეტანამ. ამ დროს შეიძლება დაიკარგოს შეტანილი აზოტის 20%, ფოსფორის 12%, კალიუმის 14%. ამიტომ, გაყინულ ნიადაგზე ნაკელის შეტანა კანონით აკრძალულია დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში.

განსაკუთრებული საფრთხილის დაცვაა საჭირო თხევადი ნაკელის გამოყენებისას, საიდანაც აზოტის მნიშვნელოვანი რაოდენობა გადადის გრუნტის წყლებში. მაგალითად გფრ უნაკელო ვარიანტზე საერთო აზოტის შემცველობამ გრუნტის წყლებში 8,3 მგ/ლ შეადგენდა, ნიტრატულმა \_ 5,1; ამიაკურმა – 3,1 მგ/ლ.

15 წლის განმავლობაში თხევადი ნაკელის 160 მ<sup>3</sup>/ჰა დოზით ყოველწლიურად შეტანისას გრუნტის წყლებში ნიტრატული აზოტის შემცველობა გაიზარდა 52,6, ამიაკური 6,7 მგ/ლ. მე-16 წელს საერთო აზოტის შემცველობა 99,4 მგ/ლ შეადგენდა, მათ შორის ნიტრატული 94 მგ/ლ. ფოსფორის ჩარეცხვითი დანაკარგი ისეთივე იყო, როგორც უსასუქო ვარიანტზე.

ვასილიევის და სხვათა მიერ თესლბრუნვაში კორდიან ეწერ მძიმე თიხნარ ნიადაგზე, უსაფენო ნაკელის მზარდი დოზების გამოყენებისას, ნიტრატების პროფილში გადანაცვლებაზე გავლენის შესწავლის შედეგებიდან ჩანს, რომ ნაკელის ხუთმაგი (N<sub>3080</sub>) ნორმით შეტანისას ნიტრატები ნიადაგში აღმოჩენილ იქნა 9 მ სიღრმეზე მაშინ, როცა საკონტროლო ვარიანტზე პროფილში მისი გადანაცვლება არ ყოფილა შემჩნეული. განოციერებული ვარიანტის ზედა ფენაში კი 30-32 მგ/ლ იყო.

დიდი რაოდენობით საკვები ელემენტები იკარგება ეკოსისტემაში ორგანული სასუქების, განსაკუთრებით უსაფენო ნაკელის გამოყენების ტექნოლოგიის დარღვევისას (ზედაპირული შეტანისას, შესატანი ნორმების, ვადების, ხერხების დარღვევისას). აშშ-ში იონჯას ქვეშ ნაკელის არასწორი შეტანისას იკარგებოდა 20% \_ აზოტი და 16% \_ ორთოფოსფორმჟავა, სიმინდის ქვეშ \_ 3% აზოტი და 4 % ორთოფოსფორმჟავა.

რაც უფრო მაღალია ნაკელის შესატანი ნორმა, მით მეტია დრენირებულ წყლებში ნიტრატების შემცველობა (ცხრ. 8).



**ცხრ. 8. ნაკელის სხვადასხვა ნორმების გავლენა  
დრენირებულ წყლებში ნიტრატების შემცველობაზე  
( დიდი ბრიტანეთი )**

ნიმუშის აღების ვადა	ნიტრატების შემცველობა (მგ/ლ) ნაკელის სხვადასხვა ნორმით (ტ/ჰა) შეტანისას				
	0	150	300	400	500
6 დეკემბერი	4	7	10	20	27
7 დეკემბერი	7	9	15	26	43
8 დეკემბერი	7	12	14	18	56
10 დეკემბერი	6	10	12	16	59
12 დეკემბერი	7	17	23	31	61

დაბლობ ზონაში ორგანული სასუქების და ორგანული ნარჩენების გამოყენებისას იქ, სადაც გრუნტის წყლის დონე 0,4მ შეადგენს, ორგანული სასუქით აზოტის შესატანი ნორმა მცენარის აზოტზე მოთხოვნილების 50%-ს უნდა შეადგენდეს და არ უნდა აღემატებოდეს 300 კგ/ჰა წელიწადში.

ნაკელი შეიძლება გახდეს არასასიამოვნო სუნის და ტოქსიკური გაზებით ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების მიზეზი. ამ გაზებიდან ყველაზე გავრცელებულია გოგირდწყალბადი, ციანწყალბადმჟავა ამიაკი, მეთანი, პროპონალი, ბუტონალი, გექსანალი, აცეტონი და სხვ. აქედან ყველაზე ტოქსიკურია გოგირდწყალბადი, ამიაკი, და ციანწყალბადმჟავა, არასასიამოვნო სუნის მქონე ცხიმოვანი მჟავები, ამინები, რომლებიც გარემოში გამოიყოფიან ექსკრემენტების, შარდის და საკვები ანარჩენების დაშლის შედეგად.

**გარემოს დაბინძურება სილოსის წვენიტ**

საკვები კულტურების სილოსის დამზადების დროს, დასილოსებიდან პირველი 20 დღის განმავლობაში წარმოიქმნება დიდი რაოდენობით სილოსის წვენი. 1მ<sup>3</sup> დასილოსებული მასიდან გამოიყოფა 150 ლ წვენი, რომელიც შეიცავს დიდი რაოდენობით მავნე ორგანულ ნივთიერებებს, მიკროელემენტებს მანგანუმსა და რკინას. 1000 ტ სიმინდის სილოსის წვენის ზედაპირულ წყლებში მოხვედრისას, დაბინძურების მასშტაბები თითქმის უტოლდება 16,5 ათასი მოსახლეობით დასახლებული პუნქტით დაბინძურებას. წყლის დაბინძურებას აპირობებს სილოსის შემადგენლობაში შემავალი 15-65 გ/ლ ორგანული ნივთიერება და 2,8-6,12 გ/ლ აზოტი.

სილოსის შემადგენლობაში შემავალი ორგანული შენაერთები და მინერალური ელემენტები აძლიერებენ წყლის ეკოსისტემის ბიოლოგიურ აქტიურობას, რასაც მიჰყავართ წყლის pH მაჩვენებლის გადიდებამდე და მისი გამჭვირვალობის შემცირებამდე. წყალში სილოსის ბიომასა იშლება ანაერობულ პირობებში, რის გამოც იგი იყენებს მასში გახსნილ ჟანგბადს, რომლის უკმარისობის პირობებში, ორგანული ნივთიერებების დაშლის შედეგად წარმოიქმნება გოგირდწყალბადი, რომლის ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე მეტი რაოდენობით დაგროვებისას წყალი გამოუსადეგარი ხდება თევზის მოსაშენებლად. განვითარებას იწყებენ ავტოტროფული წყალმცენარეები, რომელთა დალუპვის შემდეგ წარმოიქმნება დაშლილი ორგანიზმების პოპულაცია.

განსაკუთრებით საშიშია სილოსის წვენი ჩაღწევა გრუნტისა და ჭის წყლებში. აღნიშნულის აღსაკვეთად აუცილებელია სილოსის წვენი გადატუმბვა წყალგაუმტარ ნაგებობაში. მასში შეიძლება განზავდეს უსაფენო ნაკელი, რითაც შემცირდება მისი მავნე გავლენა გარემოზე.

იმისათვის, რათა შევამციროთ სილოსის წვენი წარმოქმნა და საკვები ელემენტების დანაკარგები, საჭიროა მოთიბული სასილოსე კულტურები შევაჭვნოთ საცავში მოთავსებამდე. ატმოსფერული ნალექების ჩაღწევის აღსაკვეთად ზემოდან უნდა დაეფაროს პოლიეთილენის აპკი.

### გარემოს დაბინძურება საწარმოთა ანარჩენების სასუქად გამოყენებისას

სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ანარჩენები გარემოს ძირითადი დამაბინძურებლები არიან. მსოფლიოში წარმოების პროცესში ყოველწლიურად რჩება 100-120 მილიარდი ტონა მყარი ანარჩენი. ცხოველების კონტაქტი დაბინძურებულ ობი-ექტებთან იწვევს ძლიერ ქრონიკულ მოწამვლას, რის გამოც ამ ცხოველებისგან მიღებული პროდუქცია დიდ საშიშროებას უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას. განსაკუთრებით საშიშია მომწამვლელი ანარჩენები, რომლებიც პლასტმასის, კაუჩუკის, წამლების, საღებავების, პესტიციდების, ასაფეთქებელი ნივთიერებების, სასუქების წარმოების შედეგად მიიღება.

ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით არჩევენ მყარ, თხევად და გაზისებრ ანარჩენებს. არსებობს მყარი ანარჩენების სამი სახე: საყოფაცხოვრებო, სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო.

უკანასკნელ წლებში, მსოფლიო მოსახლეობის რაოდენობის გადიდებასთან ერთად, ერთ სულ მოსახლეზე გადაანგარიშებით, მკვეთრად გაიზარდა მყარი ანარჩენების რაოდენობა და სხვადასხვა ქვეყანაში იგი მერყეობს 150-1000 კგ ფარგლებში. მის შემადენლობაში შედის 33-38 % ორგანული ნივთიერებები (სასურსათო ანარჩენები, ქაღალდი 23-30 %, მეტალი, პლასტმასი, ქსოვილები, ხის ანარჩენები, რეზინა და ტყავი 2-7 %, მინა 5-8 %).

სასუქად გამოყენებული საწარმოო ანარჩენებისგან ცნობილია ტომასის წიდა, მარტენის ფოსფატწიდა, ფოსფოთაბაშირი, ცემენტის მტვერი, ფიქლებისა და ქვანახშირის ნაცარი და სხვ.

სასუქების წარმოების ანარჩენი – ფოსფოთაბაშირი დიდი რაოდენობით რჩება ორთოფოსფორმჟავას მისაღებად აპატიტის გოგირდმჟავით დამუშავების პროცესში, ის გონივრულად შეიძლება იქნეს გამოყენებული სოფლის მეურნეობაში. მისი ძირითადი შემადგენელი ნაწილის 39-40 % არის თაბაშირი  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  AAანN  $CaSO_4 \cdot H_2O \cdot CaO$ . ნედლი მასის 1%-ზე მეტს შეადგენს  $P_2O_5$ . ეს ანარჩენი მინარევების სახით შეიცავს 10% მანგანუმის, სტრონციუმის და იშვიათი ლითონების ოქსიდებს და 1% -ზე ნაკლებ ნატრიუმის, კალიუმის და ბარიუმის ოქსიდებს. იშვიათი ლითონებიდან ფოსფოთაბაშირში შედის ცერიუმი, დისპოზიუმი, ერბიუმი, თელიუმი, იტერბიუმი. ამ ელემენტების საერთო შემცველობა 3 % მდეა. ეს ანარჩენი შეიცავს აგრეთვე კადმიუმს, ტყვიას, ქრომს, სპილენძს და სხვ.

სტრონციუმის შემცველობა ფოსფოთაბაშირში 2 %-ზე მეტია. ეს ელემენტი კალციუმის ანალოგია და სტრონციუმი მას ენაცვლება ცხოველისა და ადამიანის ორგანიზმში, რითაც ირღვევა ნივთიერებათა ცვლის პროცესის ჩვეულებრივი რიტმი. გეოქიმიურ

პროვინციებში სადაც სტრონციუმით დაბინძურება შეიმჩნევა, ადამიანები და ცხოველები ავადდებიან უროვის დავადებით.

ნიადაგში ტომასის წიდის შეტანისას წარმოებს ქრომით დაბინძურება, რადგან წიდაში მისი შემცველობა 5000 მგ/კგ შეადგენს. გარდა ამისა, ამ სასუქში დიდი რაოდენობითაა სილიციუმის ორჟანგი, რკინა, ალუმინი, ვანადიუმი, მაგნიუმი, მანგანუმი, მოლიბდენი და სხვა ელემენტების ნაერთები, რომელთა უარყოფითი გავლენა მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე შეიმჩნევა ამ სასუქის სისტემატური და მაღალი ნორმების გამოყენებისას.

საკმაოდ დიდი რაოდენობით მინარევებს შეიცავს მარტენის ფოსფატწიდა, რომელთაგან აღსანიშნავია კალციუმის სილიკატები, რკინა, მანგანუმი, მაგნიუმი და სხვადასხვა ნივთიერებები.

ფიქალის ნაცარი მიიღება გახურებული ფიქალის დაწვის შედეგად. გარდა კალციუმისა და მაგნიუმისა, მასში შედის კალიუმი, ნატრიუმი, გოგირდი, ფოსფორი და ზოგიერთი მიკროელემენტი. ზომიერი ნორმებით შეტანისას ის არავითარ საშიშროებას არ უქმნის მცენარეთა ზრდა-განვითარებას.

განსაკუთრებული სიფრთხილის გამოჩენაა საჭირო ქვანახშირის ნაცრის სასუქად გამოყენებისას, ვინაიდან ის წარმოადგენს დარიშხანით, ტყვიით, სპილენძით, ვერცხლისწყლით, ნიკელით, თუთიით, მოლიბდენით, კობალტით და სხვა ლითონებით, აგრეთვე რადიაქტიური ელემენტით ურანით – ნიადაგის მძლავრ დამაბინძურებელს.

### **გარემოს დაბინძურება სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ანარჩენებისგან დამზადებული კომპოსტებით**

სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ანარჩენები ყველა განვითარებულ ქვეყანაში სათანადო გადამუშავების, დაკომპოსტების და გაუვნებლობის შემდეგ გამოიყენება ორგანულ სასუქად. ისინი წარმოადგენენ ორგანული სასუქების რესურსების შევსების ერთ-ერთ ძირითად წყაროს და შეიცავენ მცენარისათვის საჭირო ყველა საკვებ ელემენტს. საქართველოში მათი გადამამუშავებელი და დასაკომპოსტებელი საწარმოების არ არსებობის გამო, ამ ანარჩენების დაყრა წარმოებს ნაგავსაყრელებზე, ზოგიერთ ადგილებში კი ისინი პირდაპირ იყრება მდინარეებში, ან ნაგავსაყრელებიდან ჩაიტანება მათში, რის გამოც საგრძნობლად ბინძურდება როგორც მდინარეები და წყალსაცავები, ისე მიმდებარე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები.

როგორც ანარჩენები, ისე მისგან დამზადებული კომპოსტები, დიდი რაოდენობით შეიცავენ მიკროელემენტებს: კობალტს, ქრომს, სპილენძს, ნიკელს, თუთიას და სხვ, რომლებიც მძიმე მეტალებს მიეკუთვნებიან. ეს მიკროელემენტები მცირე რაოდენობით აუცილებელია მცენარეთა ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის. მათი უარყოფითი გავლენა მცენარეზე აღინიშნება მხოლოდ მაშინ, როცა ისინი დიდი რაოდენობით შეიტანება ანარჩენებით ან მათი კომპოსტებით.

გარდა ამ მიკროელემენტებისა, ანარჩენები შეიცავენ ისეთ მძიმე ლითონებს როგორცაა კადმიუმი, ტყვია, ვერცხლისწყალი, რომელთაც გააჩნიათ ადამიანის ორგანიზმში თანდათანობით დაგროვების უნარი და დიდ საშიშროებას ქმნიან ნიადაგში მათი დაბალი კონცენტრაციის პირობებშიც.

განსაკუთრებით საშიშია მძიმე ლითონების შემცველი საყოფაცხოვრებო ანარჩენების კომპოსტების მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის სილნარ და ქვიშნარ ნიადაგებზე გასანოყიერებლად გამოყენება, სადაც ნიადაგისა და მასში შეტანილი სასუქების

გადარეცხვითი დანაკარგები ძალზე დიდია. ჰუმუსით შედარებით მდიდარ მძიმე თიხნარ და საშუალო თიხა ნიადაგებზე, რომლებიც მაღალი შთანთქმის უნარიანობით გამოირჩევიან, ანარჩენების კომპოსტების შეტანისას მძიმე ლითონები შთანთქმებიან მშთანთქმთქავი კომპლექსის მიერ, აგრეთვე ორგანული ნივთიერებებით მცენარეთათვის ნაკლებად შესათვისებელ ორგანული შენაერთების – ხელატების ფორმაში. ნაგვისაგან და შლამისაგან მომზადებული სასუქების და მათი საწყისი კომპონენტების სამაგალითო ქიმიური შედგენილობა მოტანილია მე-9 ცხრილში.

**ცხრ. 9. ნაგვისაგან და შლამისაგან მომზადებული სასუქებისა და მათი საწყისი კომპონენტების სამაგალითო ქიმიური შედგენილობა, (იარჩუკისა და აიზიკოვიჩის 1979. მიხედვით).**

N	მაჩვენებლები	საყოფაცხოვრებო ნაგავი	ჩამონადენი წყლის ნალექი	ნაგვისაგან და შლამისაგან მომზადებული სასუქები
1	ტენიანობა, %	30-40	70	55
2	PH მარილის გამონაწურში	5,5-6,0	10,4	7,8
3	ორგანული ნივთიერება, %	50-64	55	47
4	საერთო აზოტი, %	0,8-0,9	2,4	1,9
5	საერთო ფოსფორი %	0,7	0,9	1,1
6	მომრავი ფოსფორი მგ/100 გრ ნიადაგში	170-200	200	270
7	საერთო კალიუმი, L%	0,6	0,4-0,6	1,0-1,2
8	ბარიუმი, მგ/კგ	70-80	400-500	250-300
9	ბორი, მგ/კგ	4,0-8,0	20	10-15
10	ქრომი, მგ/კგ	112-180	75	130
11	ტყვია, მგ/კგ	30-40	45	20-25
12	ნიკელი მგ/კგ	28-88	100	180
13	თუთია, მგ/კგ	0,2-0,5	7-8	2-3
14	კობალტი, მგ/კგ	30-56	35	180
15	მანგანუმი, მგ/კგ	7-10	100-150	20-30
16	კალციუმი, (CaO), %	6	10-15	9-10
	C:N შეფარდება	30-33	20-25	20-25

30 ტონა ნაგვისაგან და შლამისაგან მომზადებული სასუქის გამოყენებისას, რომელიც შეიცავს 20 მგ/კგ ტყვიას, ნიადაგში შეიტანება მხოლოდ 0,6 კგ ტყვია, რაც არავითარ საშიშროებას არ წარმოადგენს. მაგრამ, ხშირ შემთხვევაში, გაუსუფთავებელი ანარჩენებისგან მომზადებული სასუქები და კომპოსტები დასაშვებ რაოდენობაზე ბევრად მეტ მძიმე მეტალებს შეიცავენ, ამიტომ, ნიადაგისა და მცენარეული პროდუქტების დაბინძურების საშიშროებას ქმნიან. მათი შეტანა ყოვლად დაუშვებელია ბოსტნეული და ბაღჩეული კულტურების ქვეშ.

**გარემოს დაბინძურება ჩამონადენი წყლების ნალექით და მისგან დამზადებული კომპოსტებით**

ჩამონადენი წყლები ფორმირდება საცხოვრებელი და სხვა შენობების სამზარეულოდან, ტუალეტიდან, აბაზანიდან ჩამონადენი წყლებით, რომლის მყარი

ფრაქცია შეიცავს უხსნად ორგანულ ნივთიერებებს, საკვებ ანარჩენებს, ექსკრემენტებს, ხსნად შენაერთებს, სადეზინფექციო საშუალებებს, მექანიკურ დამაბინძურებლებს\_ ქაღალდს, თმებს, ქსოვილებს, სილას და სხვ. ჩამონადენი წყლების ნალექს, თავისი მოცულობით, ანარჩენებს შორის პირველი ადგილი უკავია და ის შეადგენს გაწმენდილი წყლის 0,5-1,0%. მყარი და თხევადი ჩამონადენი, გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი მინარევებისა, შეიცავს დიდი რაოდენობით მიკროორგანიზმებს. ნიადაგში შეტანისას მათ შეუძლიათ შეცვალონ მიკროფლორის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი შედგენილობა, მცენარის მიერ შეთვისებისას წარმოქმნან ნიტრატული და ნიტრიტული შენაერთები და დააბინძურონ სასურსათო პროდუქტები. აქედან გამომდინარე, მის უტილიზაციას გააჩნია ძალზე დიდი ეკოლოგიური მნიშვნელობა, რასაც აღწევენ წყლის მექანიკური გაწმენდის შემდეგ ნალექის დაკომპოსტებით და თერმულად დამუშავებით. შემდეგ ხდება მისი გაუვნებლობა მატლებისაგან, ბუზის კვერცხებისაგან, ჰელმინტოზისაგან და უსპორო მიკროორგანიზმებისაგან.

შედარებით ნაკლებ საშიშროებას უქმნის ეკოსისტემას კვების მრეწველობის საწარმოებიდან ჩამონადენი წყლები. ასე მაგალითად, ხორც-კომბინატებიდან ჩამონადენი წყლები შეიცავენ სისხლს, ცხიმს, ხორცის ნაწილებს, ბეწვებს, მატყლს, ექსკრემენტებს, სხვადასხვა მარილებს. ასეთი ჩამონადენი წყლის ნალექისაგან მომზადებული კომპოსტი კარგ ორგანულ სასუქს წარმოადგენს.

ჩამონადენი წყლების ნალექის ქიმიური შედგენილობა ფართო ფარგლებში მერყეობს, ამიტომ, გაწმენდილი ნალექის ყველა პარტიას უნდა გააჩნდეს სათანადო სერთიფიკატი, სადაც მითითებული იქნება: ნალექის ტიპი, ტენიანობა, ორგანული ნივთიერების, აზოტის, ფოსფორის, კალიუმის, კალციუმის და მაგნიუმის შემცველობა, გრანულომეტრული შედგენილობა, სანიტარული მაჩვენებლები, მავნე მინარევები, ნავთობპროდუქტების, მრეცხავი ნივთიერებების, მაღალტოქსიკური მძიმე ლითონების \_ ქრომის, ვერცხლისწყლის, ვერცხლის, კადმიუმის, ტყვიის და ნიკელის შემცველობა.

ნალექის შედგენილობაში შედის მიკროელემენტები: მანგანუმი 500-2000, სპილენძი 1000-5000, თუთია 1200-6000 მგ/კგ. მძიმე ლითონები \_ დარიშხანი 5-35, ტყვია 180-400, კადმიუმი 100-200, ნიკელი 140-400, ვერცხლის წყალი 2-5 მგ/კგ მშრალ ნივთიერებაში.

კადმიუმი თუთია, ქრომი და სპილენძი წარმოადგენენ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებიც აფერხებენ ჩამონადენი წყლების სასუქად გამოყენებას. კადმიუმის შემცველობა ნალექში 30-90 მგ/კგ ფარგლებში მერყეობს მშრალ მასაში, თუთია 3000-6000 მგ/კგ-ის, მაშინ როდესაც მათი ზღვრული შესაბამისად ტოლია 30 და 4000 მგ/კგ-ის. კადმიუმს და თუთიას მიდრეკილება აქვთ მცენარეში დაგროვებისადმი.

ჩამონადენი წყლის ნალექის სასუქად შეტანა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე არახელსაყრელ გავლენას ახდენს ნიადაგის მიკროფლორაზე, ტოქსიკურად მოქმედებს მცენარეზე, იწვევს ზრდის შეფერხებას. ქლორი არღვევს წყლის ცვლას.

იმისათვის, რათა მოვახდინოთ სარწყავი წყლის ნალექით ნიადაგში მძიმე ლითონების მოხვედრის ნორმირება, მრავალ ქვეყანაში მათ შემცველობაზე დადგენილია გარკვეული შეზღუდვები (ცხრ. 10).

**ცხრ. 10. სასუქად გამოყენებულ ჩამდინარე წყლების ნალექში მძიმე ლითონების შემცველობისადმი წაყენებული მოთხოვნები, (მგ/კგ მშრალ ნივთიერებაში)**

ქვეყანა	Co	Ni	As	Cu	Zn	Pb	Cr	Cd
აშშ	-	150	-	750	1500	500	500	50

საფრანგეთი	20	100	-	1500	3000	300	200	15
გერმანია	-	200	-	1200	3000	1200	1200	20
ავსტრია	-	-	100	500	2000	100	-	-
ავსტრია	-	100	-	500	2000	500	500	10
ჰოლანდია	-	50	-	500	2000	500	500	10
შვეიცარია	100	200	-	100	3000	1000	1000	

ჩამონადენი წყლების ნალექის მშრალი ნივთიერება შეიცავს 25 მგ/კგ კადმიუმს. მისი სასუქად ერთხელ ან რამდენჯერმე გამოყენება დასაშვებია ისეთი ბოსტნეული კულტურების ქვეშ, რომელიც უშუალოდ ნედლად გამოიყენება საკვებად. სხვა კულტურების ქვეშ მათი გამოყენება სასუქად და სარწყავად, შეიძლება რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში. აშშ-ში მათი მხოლოდ 80 წლიანი გამოყენებისას შეინიშნებოდა მძიმე ლითონებით Cr, Hg, Zn, Pb, Cd, Ni, Ag ნიადაგის ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე (ზდკ) მაღალი დაბინძურება.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ დაუშვებელია თერმულად გამშრალი ნალექის მაღალი დოზით (30-60 ტონა) შეტანა, რადგან ამ რაოდენობის სასუქით ნიადაგში შეიტანება 100-500 კგ/ჰა აზოტი და საკმაოდ დიდი რაოდენობით მძიმე ლითონები, რამაც შეიძლება, მიგვიყვანოს ნიადაგისა და მცენარეული პროდუქტების ძლიერ დაბინძურებამდე. ამიტომ, საჭიროა მათი შემცველობა კომპოსტებში და სასუქებში რეგლამენტირება ზდკ-ას მიხედვით

სამრეწველო და კომუნალური მეურნეობის ანარჩენებისგან მომზადებული კომპოსტები ფიზიკურ-ქიმიური და სანიტარული მაჩვენებლები უნდა შეესაბამებოდეს შემდეგ ნორმებს (კასატონოვი და სხვ, 1984).

- ტენის შემცველობა, % არა უმეტესი . . . . . 50
- ორგანული ნივთიერების საერთო შემცველობა,
- % მშრალ მასაში არა უმეტესი . . . . . 40
- საკვები ელემენტების შემცველობა,
- % მშრალ მასაში არა უმეტესი
- აზოტი . . . . . 0,5
- ფოსფორი . . . . . 0,4
- კალიუმი . . . . . 0,3
- C : N შეფარდება არა უმეტესი . . . . . 30
- კომპოსტის ნაწილაკების ზომა (მინის გარდა), მმ . . . . . 25
- მინის ნაწილაკების შემცველობა ზომით 3-5 მმ, % . . . . . 1,5
- ზომით 10 მმ მდე ც/კგ . . . . . 4
- პლასტიკური მასის შემცველობა, % . . . . . 0,9
- მყარი ბალასტური ჩანარების შემცველობა
- (რეზინი, მეტალი, ქვები) % . . . . . 2,5
- მძიმე ლითონების შემცველობა %
- ტყვია . . . . . 0,01
- კადმიუმი . . . . . 0,003
- ქრომი . . . . . 0,01

სინამდვილეში მყარი საყოფაცხოვრებო ანარჩენებისაგან და ჩამონადენი წყლების ნალექისაგან მომზადებული კომპოსტები მძიმე მეტალებს ზდკ-ზე მეტი რაოდენობით შეიცავენ, ტყვიას და თუთიას კადმიუმს, ვერცხლისწყალს ნიკელსა და ქრომს. (ცხრ. 11).

მიუხედავად იმისა, რომ ჩამონადენი წყლების ნალექისაგან და საყოფაცხოვრებო ანარჩენებისაგან მომზადებულ კომპოსტებში მძიმე ლითონები უპირატესად ძნელადხსნად ფორმაში იმყოფებიან, მაინც დიდი სიფრთხილეა საჭირო მათი შეტანისას. ამ კომპოსტების გამოყენება დასაშვებია პარკების, ტყე-პარკების, გაზონების, და იმ მცენარეთა გასანოყიერებლად, რომელთა პროდუქცია არ გამოიყენება საკვებად. სავარგულებზე, სადაც შეტანილი კომპოსტები და სასუქები, მძიმე ლითონებს დასაშვებ ფარგლებში შეიცავენ, შეიძლება მოყვანილ იქნეს ტექნიკური, მარცლოვანი, საკვები და მრავალწლიანი კულტურები. იმისათვის, რომ არ ვავნოთ ადამიანისა და ცხოველთა ჯანმრთელობას, დაუშვებელია მათი შეტანა როგორც ღია, ისე დახურულ გრუნტში სანიტარული ინსპექციის სპეციალური დადგენილების გარეშე იმ კულტურების ქვეშ, რომლებიც ნედლი სახით გამოიყენებიან საკვებად. ასეთებია: ბოსტნეული და ბაღჩეული კულტურები, მარწყვი, ხენდრო და სხვ. დაუშვებელია ამ სასუქების შეტანა იმ შემთხვევაშიც, თუ სავარგული სანიტარულ-საკურორტო და წყალმომარაგების ზონიდან 1 კმ რადიუსში იმყოფება.

**ცხრ. 11. გერმანიაში დამზადებულ კომპოსტებში მძიმე ლითონების საშუალო შემცველობა მგ/კგ მშრალ ნივთიერებაში**

ელემენტი	ნიმუშების რაოდენობა	საშუალო შემცველობა
დარიშხანი	28	7,2
ტყვია	87	229
კადმიუმი	66	3,7
ქრომი	5	88
სპილენძი	68	266
მანგანუმი	12	511
ვერცხლისწყალი	28	2,0
თუთია	90	1000

სამრეწველო და კომუნალური მეურნეობის ანარჩენებისაგან და ჩამონადენი წყლების ნალექისაგან დამზადებული კომპოსტები შეიცავენ სხვადასხვა ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომელთა შემცველობა ზოგიერთ შემთხვევაში საჭიროა რეგლამენტირებულ იქნეს ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციით (ზდკ). მისი რაოდენობა ნიადაგში ზოგიერთი მეტალისათვის ასეთია: ტყვიისათვის 32 (აქედან ფონს ზევით 12), კადმიუმისათვის 5, დარიშხანისათვის 2, ნიკელისათვის 35, სამვალენტის ქრომისათვის 100, ვერცხლისწყლისათვის 2,1, მანგანუმისათვის 1500, ვანადიუმისათვის- 150, მანგანუმს + ვანადიუმი=1000+100, ნიტრატებისათვის 130, სტიბიუმისათვის 5,5 მგ/კგ. მოძრავი ფორმებისათვის \_ სპილენძისათვის 3, თუთიისათვის 23, ნიკელისათვის 4 მგ/კგ.

ანარჩენებისა და კომპოსტების განმეორებითი გამოყენებისას აუცილებელია ნიადაგში მძიმე მეტალის ფონური შემცველობის ცოდნა. შესატანი კომპოსტის ნორმის გაანგარიშების პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ მეტალის ჯამური შემცველობა ნიადაგში სასუქის შეტანის შემდეგ არ უნდა აღემატებოდეს ზდკ-ს რომელსაც ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

$$\text{ზდკ} = \text{ფ} + \text{შ} \quad \text{ტყვიისათვის } \text{ზდკ} = 12 + 20 = 32 \text{ მგ/კგ}$$

სადაც, ფ-ნიადაგში მეტალის ფონური შემცველობაა სასუქის შეტანამდე მგ/კგ;

შ-სახნავ ფენაში სასუქებით დამატებით შეტანილი მეტალის რაოდენობა.

ნიადაგში დამატებით სასუქით ან კომპოსტით შესატანი მეტალის ან ტოქსიკური ნივთიერებების დასაშვები რაოდენობის განსაზღვრას ახდენენ ფორმულით:

$$d_{\text{რ}} = (\text{ზდკ} - \text{ფ}) \times 3000 ; d_{\text{რ}} \text{ ტყვიის} = (32 - 12) \times 3000 = 60000 \text{ გ}$$

სადაც 3000-ნიადაგის სახნავი ფენის წონაა, ტ/ჰა.

კომპოსტის ან სასუქის შესატან საშუალო წლიურ დოზას  $d_{\text{საშ}}$  ანგარიშობენ ფორმულით:

$$d_{\text{საშ}} = \frac{d_{\text{რ}}}{\text{ვ+ეკ}} = \frac{60000}{50 \cdot 100} = 12 \text{ ტ/ჰა}$$

სადაც ვ- არის ერთსა და იმავე ნაკვეთზე კომპოსტის შესატანი მაქსიმალური ვადა.

ეკ - განსაზღვრული ელემენტის კონცენტრაცია გ/ტ კომპოსტის ან სასუქის მშრალ ნივთიერებაში.

კომპოსტის მაქსიმალური დოზის ერთჯერადი, 5 წელიწადში ერთხელ შეტანისას. მისი რაოდენობა ტოლი იქნება

$$5 d_{\text{საშ}} = 5 \cdot 12 = 60 \text{ ტ/ჰა მშრალი ნივთიერება.}$$

### გარემოს დაბინძურება სარწყავი წყლით

სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით გარემოს გაჭუჭყიანება სულ უფრო მეტ გავლენას ახდენს მილიონობით ადამიანის ყოფა-ცხოვრებაზე. ბევრ ქვეყანაში მდინარეების და სასმელი წყლების სრული დაბინძურების გამო, წყლის შემოტანა ხდება სხვა ქვეყნებიდან.

სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ანარჩენებით დაბინძურებული წყლები, რომლებიც კონცენტრული ხსნარებით არის გაჯერებული და შეიცავენ მრავალ მომწამვლელ ნივთიერებას, მდინარეებსა და წყალსაცავებში ჩაედინება. ქიმიურ ქარხნებში გამოიყენება საწარმოო წყლების 15 %, მეტალურგიულ ქარხნებში 15 %, კომუნალურ მეურნეობაში 4%. მთლიანად დედამიწაზე სამრეწველო, სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო საქმიანობისათვის 200 მლნ კმ<sup>3</sup> წყალი გამოიყენება, რაც საერთო თხევადი ჩამონადენის მხოლოდ 0,5 % შეადგენს. მაგრამ ყოველი მ<sup>3</sup> გაჭუჭყიანებული ჩამდინარე წყლით ბინძურდება 40-60 მ<sup>3</sup> სუფთა წყალი. აღნიშნულის გამო, წყლის რესურსების დაბინძურებამ მასშტაბური ხასიათი მიიღო. მთელ მსოფლიოში ჩამდინარე წყლების გავნებლობისათვის 5500 მლნ კმ<sup>3</sup> სუფთა წყალი იხარჯება, რაც სამჯერ მეტია, ვიდრე კაცობრიობის ყველა საჭიროებისათვის მოხმარებული წყალი.

აშშ-ში და სხვა მაღალგანვითარებულ კაპიტალისტურ ქვეყნებში მწვავედ დგას მდინარეების, ტბების და წყალსაცავების დაბინძურების პრობლემა. განსაკუთრებით ცუდ დღეშია ერას ტბა, რომელშიც დიდი რაოდენობით ჩამდინარე წყლებს უშვებენ დეტროიტის, ტოლედოს და სხვა საწარმოები. თუ დღესდღეობით მთლიანად აღიკვეთება ამ ტბის დაბინძურება, 500 წელი დასჭირდება მათ თვითგაწმენდას.

საფრანგეთის, გერმანიის, ინგლისის, იაპონიის და სხვა ქვეყნების მდინარეები იმდენად იყო დაბინძურებული მძიმე ლითონებით, ორგანული და არაორგანული ტოქსიკური შენაერთებით, რომ ზოგიერთ მათგანში თითქმის გამქრალი იყო თევზი. ამ ქვეყნებიდან ჩამომდინარე მდინარეებით სერიოზულად ბინძურდებოდა წყნარი ოკეანე, ხმელთაშუა, ჩრდილოეთისა და ბალტიის ზღვები, მაგრამ სამრეწველო და საყოფაცხოვრებლის საწარმოებიდან ჩამდინარე წყლებზე გამწმენდი ნაგებობების აგების შემდეგ საგრძნობლად გაუმჯობესდა მათი მდგომარეობა და მდინარეებში თევზმაც დაიწყო მოშენება.



ჩამდინარე წყლებით ბუნებრივადაც საკმაოდ დიდი რაოდენობით ჩადის მდინარეებში სხვადასხვა ქიმიური და ტოქსიკური შენაერთები. მაგალითად მარტო ნიადაგების ბუნებრივი გამოფიტვის შედეგად მათში ხვდება 150 ათასი ტონა ტყვია. ავტომობილების საწვავით წყლის რესურსების დაბინძურება ორჯერ მეტია ამ რაოდენობაზე და 300 ათას ტონას აღემატება. მდინარეების სარწყავად გამოყენებით ბინძურდება ნიადაგები და საკვები პროდუქტები, რითაც დიდი საშიშროება ექმნება ადამიანთა და ცხოველთა ჯამრთელობას.

ამჟამადაც მსოფლიოს ზოგიერთი ქვეყნის მდინარეები, ოკეანეების და ზღვების მონაკვეთები იმდენადაა დაბინძურებული ვერცხლის წყლის, კადმიუმის, ტყვიის და სხვა მძიმე ლითონებით, რომ ძალზე საშიშია აქ დაჭერილი თევზის საკვებად გამოყენება.

ანალოგიურ მდგომარეობაშია საქართველოს დიდი მდინარეების და შავი ზღვის დაბინძურების საკითხი. ასე მაგალითად, მდინარე მტკვარში ყოველგვარი გაწმენდის გარეშე ჩაედინება ქალაქების – თბილისისა და რუსთავის საკანალიზაციო ქსელი. დიდი რაოდენობით ფეკალიების, მყარი ნატანის გარდა აქ ჩადის ყველა სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო საწარმოებში დაბინძურებული წყლები, ტყავისა და ლუდსახარში საწარმოების ანარჩენები და დაბინძურებული წყლები, ძლიერი წვიმების დროს კი ზედაპირულ ჩამონადენთან ერთად, ხვდება ავტოტრანსპორტის მიერ საწვავის წვის შედეგად გამოყოფილი მძიმე ლითონები: ტყვია და სპილენძი, აგრეთვე მათი საბურავების ცვეთის შედეგად გამოყოფილი დიდი რაოდენობით რეზინის მტვერი. ქალაქ რუსთავში მდინარე მტკვრის დაბინძურებაში მონაწილეობს ქიმიური და მეტალურგიული კომბინატებიდან ძლიერ გაჭუჭყიანებული ჩამონადენი წყლები, აგრეთვე სხვადასხვა სახის მყარი და თხევადი ტოქსიკური შენაერთები. თხევადი და მყარი საწვავის წვის შედეგად გამოყოფილი მძიმე ლითონები, სხვადასხვა ტოქსიკური შენაერთები, მტვერი და გაზები.

თბილისისა და რუსთავის ზონაში ხდება აგრეთვე მდინარე მტკვრის ბაქტერიული და ბიოლოგიური დაბინძურება სხვადასხვა მიკროორგანიზმებით – საფუარისა და ობის სოკოებით, ტიფის, დიზინტერიის გამომწვევი ბაცილებით.

მტკვრის დაბინძურების ნიშანია მასში სხვადასხვა სახის მოტივტივე ნივთიერების შემცველობა და მის ფსკერზე დიდი რაოდენობით ნალექის არსებობა, რის გამოც ამ მდინარეს შეცვლილი აქვს ფიზიკური თვისებები – ფერი, სუნი და გემო. ხშირად დასაშვებ ზღვარს აღემატება მასში მომწამლავ ნივთიერებათა და ბაქტერიების შემცველობა.

ყველაზე ძლიერ დაბინძურებულია მდინარე მაშავერა, რომელშიც ჩაედინება მადნეულის სამთო-მომპოვებელი კომბინატის ანარჩენები, სადაც შედის ქვიშის, თიხის და მადნის ნარჩენები, წიდა, სხვადასხვა მარილების ხსნარები და ვერცხლისწყალი, რომლებიც გამოიყენებიან მადნიდან სპილენძის, ოქროს და სხვა ძვირფასი ლითონების მოსაცილებლად. მყარ ნატანთან და ანარჩენებთან ერთად, ეს მდინარე ძლიერ არის დაბინძურებული სპილენძით, თუთიით და ზოგიერთი სხვა მძიმე ლითონით.

მდინარეები, მტკვარი, ხრამი და მაშავერა ყოველგვარი სპეციფიკური ბიოლოგიური და ქიმიური გაწმენდის გარეშე ინტენსიურად გამოიყენება ამ ზონაში გავრცელებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სარწყავად. ამ შემთხვევაში მთელი გაჭუჭყიანებული წყლის მასა იფილტრება ნიადაგში და ამდიდრებს მას როგორც მძიმე ლითონებით, ისე სხვადასხვა ტოქსიკური შენაერთებით, რაც ხშირ შემთხვევაში ამ ზონაში მიღებული პროდუქტების, განსაკუთრებით კი – ბოსტნეული კულტურების დაბინძურების საშიშროებას ქმნის. მაგრამ ქვემო ქართლის ზონაში იმდენად დაბალია ტენის დეფიციტი ნიადაგში, რომ მორწყვის გარეშე შეუძლებელია მინიმალური მოსავლის მიღება. ასე

მაგალითად, ერთი ტონა ხორბლის მისაღებად საჭიროა 1500, ბოსტნეულისათვის კი – 3000 მ<sup>3</sup> ზემეტი წყალი.

იმისათვის, რათა თავიდან ავიცილოთ სარწყავი წყლით ნიადაგის დაბინძურება, საჭიროა ვიცოდეთ 1ლ ჩამდინარე წყალში მძიმე ლითონების დასაშვები რაოდენობა მგ-ით და ისე მოვახდინოთ სარწყავი წყლის ნორმირებული გამოყენება. ასე მაგალითად, აშშ-ში სარწყავ წყლებში ტოქსიკური ლითონების შედარებითი დასაშვები შემცველობა ასეთია. (ცხრ. 12.).

**ცხრ. 12. ტოქსიკური ლითონების შედარებითი დასაშვები შემცველობა აშშ სარწყავ და ტიპიურ ჩამდინარე წყლებში**

ელემენტი	ირიგაციული წყალი (სტანდარტი, 1972)		ტიპიური ჩამონადენი	
	კონცენტრაცია მგ/ლ	რაოდენობა კგ/ჰა წელიწადში	კონცენტრაცია მგ/ლ	რაოდენობა კგ/ჰა წელიწადში
კადმიუმი	0,01	0,02	0,005	0,01
სპილენძი	0,20	4,00	0,10	2,0
ნიკელი	0,20	4,00	0,02	0,4
ტყვია	5,0	100,0	0,05	1,0
თუთია	2,0	40,0	0,15	3,0
დარიშხანი	0,1	-	0,05	-
მანგანუმი	0,20	-	-	-
რკინა	5,0	-	0,5	-
მოლიბდენი	0,1	-	0,5	-

საკმაოდ დაბინძურებული მდინარე რიონი, რომელშიც ჩადის ქუთაისის ყველა სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო საწარმოებიდან ჩამონადენი დაბინძურებული წყლები. მას უერთდება ჭიათურის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის მიერ მანგანუმითა და სხვა მძიმე ლითონებით ძლიერ დაბინძურებული მდინარე ყვირილა და შედარებით უფრო ნაკლებად გაჭუჭყიანებული მდინარე ენგური, რომლის დაბინძურება წარმოებს ქალაქ ზუგდიდის საწარმოებიდან ჩამონადენი წყლებით.

დამაბინძურებელ ნივთიერებათა შემცველობის მიხედვით, ჩამდინარე წყლები იყოფა 4 ჯგუფად:

1. წყლები, რომლებიც შეწონილ მდგომარეობაში შეიცავენ დიდი  $10^{-4}$  ზომის წყალში უხსნად ნაწილაკებს. მათ გასაწმენდად გამოიყენება დაწმენდის და ფილტრაციის მეთოდები.
2. წყლები, რომლებიც შეიცავენ  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  ზომის მაღალმოლეკულურ წვრილდისპერსიული ნაწილაკების კოლოიდების ზოლებს. მათ მოსაცილებლად იყენებენ ქიმიური დალექვის, კოაგულაციის და ელექტროქიმიური გაწმენდის მეთოდებს.
3. წყლები, რომლებშიც მოიპოვება ბიოლოგიური და სამრეწველო წარმოშობის აირები და  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  ზომის ორგანული ნაერთები. მათ გასაწმენდად იყენებენ ბიოქიმიურ მეთოდებს. აირების მოსაცილებლად აწარმოებენ გაცხელებას და დესორბციას.
4. წყლები, რომლებიც შეიცავენ  $10^{-7}$ - $10^{-6}$  სმ ზომის იონებად დისოცირებულ ნივთიერებებს, ძირითადად არაორგანულ მჟავათა მარილებს. მათ გასაწმენდად იყენებენ რეაგენტულ და იონგაცვლით მეთოდს.

ჩამონადენი წყლებისადმი მთავარი მოთხოვნა არის ის, რომ მასში ხსნადი ჟანგბადის შემცველობა უნდა იყოს 4 მლ/ლ; შეწონილი ნივთიერებების შემცველობა

პირველი და მეორე კატეგორიის წყლებში 0,25 და 0,75 მგ/ლ-ს არ უნდა აღემატებოდეს, მინერალური მარილების შემცველობა 1000 მგ/ლ, მათ შორის ქლორიდების 350 მგ/ლ, სულფატების 500 მგ/ლ. მისი pH მაჩვენებელი უნდა იყოს 6,5-8,5 ფარგლებში, არ უნდა შეიცავდეს ინფექციური დაავადებების გამომწვევ მიკროორგანიზმებს.

ჩამონადენი დაბინძურებული წყლების გასაწმენდად საჭიროა შემდეგი ღონისძიებების გატარება:

1. საწარმოებში, საყოფაცხოვრებო და კომუნალურ მეურნეობებში ჩამდინარე წყლების მექანიკური გაწმენდა მინარევებისაგან.

2. ჩამდინარე წყლების ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით გაწმენდა (კოაგულაცია, ფლოტაცია, ადსორბცია). ამ გზით მას სცილდება წვრილდისპერსიული ხსნადი არაორგანული მინარევები, რომელთა დაშლისათვის იყენებენ ქლორს, რკინის ქლორიდებს, გოგირდმჟავიან თიხას, მიწას და სხვა.

3. ჩამდინარე წყლების ბუნებრივი ბიოლოგიური გაწმენდა ნიადაგის აერობულ ფენაში გაფილტვრით, სადაც გაწმენდასთან ერთად მიმდინარეობს გაფილტვრული ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაცია. აღნიშნული მიზნით იყენებენ ბიოლოგიურ ფილტრს – კოქსს, საქვების წიდას და ტორფს.

4. ჩამდინარე წყლების გაწმენდა უმაღლესი საფეხურის წყლისა და ხმელეთის მცენარეების გამოყენებით და შემდგომში მათი ბიომასის უტილიზაცია ბაქტერიების, სოკოების, უმარტივესი წყალმცენარეების და ზოგიერთი უხერხემლო ცხოველების მონაწილეობით.

5. ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად ისეთი გამწმენდი დანადგარების დაპროექტება, რომლებიც აღკვეთენ არა მარტო მექანიკური მინარევების, არამედ მავნე ნივთიერებების მდინარეებში და წყალსატევებში დასაშვებ ნორმაზე მეტი რაოდენობით ჩაშვებას.

6. წყალმომხმარებელმა საწარმოებმა უნდა შეძლონ წყლის ხარჯის შემცირება და მისი მრავალჯერადი გამოყენება, დაწერონ უწყლო ტექნოლოგიური პროცესები, მაგალითად, ჰაერით გაცივება.

7 წყლის ლოკალური გამწმენდი სისტემის შექმნა, რომელიც უზრუნველყოფს წყლიდან ძვირფასი ნივთიერებების მოცილებას, ასევე დიდი ტევადობის სალექარების აშენებას ფეკალური მასის და სხვა ორგანული დამაბინძურებლების დასაღეჭად.

8. ავტომეურნეობებთან, რძის ქარხნებთან, სოფლის მეურნეობების ობიექტებთან და სახელოსნოებთან, ფერმებთან, შხამქიმიკატების საწყობებთან და სხვა საწარმოებთან მცირე ზომის გამწმენდი სისტემების დამონტაჟება.

9. ღონისძიებათა გატარება ნიაღვრების ჩამონატანის გასაწმენდად, წყასაცავებში, მდინარეებში და ტბებში გაუწმენდავი წყლების ჩაშვების აღსაკვეთად.

## თავი II

### საკვები ელემენტების არასამეურნეო დანაკარგები

მიწათმოქმედებას, სასუქების მრეწველობას და მთლიანად სახალხო მეურნეობას დიდ ზარალს აყენებენ საკვები ელემენტების არასამეურნეო დანაკარგები.

ნიადაგში და სასუქში შემავალი საკვები ელემენტებიდან ყველაზე მეტია აზოტის დანაკარგი და იგი საშუალოდ ყოველი მესამე ქიმიური ქარხნის მიერ გამოშვებულ პროდუქციას უტოლდება. ჩეხი მეცნიერების გამოთვლებით, აზოტის დანაკარგმა

შეიძლება 30-50% შეადგინოს. მცენარე სასუქიდან იყენებს 35-60% აზოტს; 20-30% შეიძლება დაიკარგოს გაზისებრი ფორმით, ნიტრიფიკაციის და დენიტრიფიკაციის პროცესის შედეგად, ხოლო 20-30% მაგრდება ნიადაგში, რომლის ნაწილის გამორეცხვა შეიძლება მოხდეს ფესვთა სისტემის ცხოველმყოფელობის ზონიდან.

ფოსფორი პრაქტიკულად არ გადაადგილება ნიადაგის პროფილში, ამიტომ მისი დანაკარგი არ აღემატება შეტანილი სასუქის 5%-ს. ნიადაგის ზედა ფენაში ფოსფორმჟავას 90 % უერთდება კალციუმს, რკინას, ალუმინს და წარმოიქმნება მცირედ ხსნადი შენაერთები, რომლებიც იცავენ მას ჩარეცხვისაგან. მაგრამ თუ ნაკვეთი მცენარეებით არ არის დაკავებული, შთანთქმული ფოსფორის დიდი რაოდენობა შეიძლება დაიკარგოს მზრალად ნახნავიდან ზედაპირული ჩამონადენებით და ქარისმიერი ეროზიით. ფოსფორიანი სასუქების მაღალი ნორმების შეტანისას დანაკარგები 1,5 ჯერ იზრდება გაუნოყიერებელ ნაკვეთებთან შედარებით.

კალიუმისანი სასუქები ძირითადად იკარგება ეროზიით, მსუბუქ ნიადაგებზე ეს ელემენტი ექვემდებარება ჩარეცხვას.

სამეურნეო და ბიოლოგიურ წრებრუნვაში საკვები ელემენტების დიდი რაოდენობით დანაკარგები განპირობებულია სასოფლო-სამეურნეო წარმოების დაბალი კულტურით, სასუქების არაწესიერი შენახვით, გადაზიდვითა და უყარათო გამოყენებით. სასუქების დანაკარგების სრული ლიკვიდაცია შესაძლებელია ქიმიური მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის, ვაგონმშენებელი, ტრანსპორტისა და სახალხო მეურნეობის სხვა დარგების ერთობლივი მეცადინეობით.

## **მინერალური სასუქების დანაკარგები ქარხნიდან მინდვრამდე**

მინერალური სასუქების ეფექტურობის გადიდების საქმეში მთავარ როლს ასრულებს საკვები ელემენტების დანაკარგების შემცირება ყველა ეტაპზე, მათ შორის ქარხნიდან მინდვრამდე გადაზიდვის დროს. ვ. გ. მინაევის მონაცემებით, მინერალური სასუქების დანაკარგი ქარხნიდან მინდვრამდე შეადგენს 10-15%, რაც გამოწვეულია გადაზიდვისა და შენახვის ცუდი ორგანიზაციით, სასუქების ცუდი ფიზიკური თვისებებით. კერძოდ, მაღალი ფხვიერებით, შებელტვის უნარიტა და ჰიგროსკოპულობით, წვრილმარცვლიანობით. თხევადი სასუქების გადაზიდვისას 2-2,5-ჯერ ნაკლებია დანაკარგები.

## **სასუქების დანაკარგები ქარხნებში და გადაზიდვის დროს**

საკვები ელემენტების დანაკარგების შესამცირებლად ქარხანამ სასუქი უნდა დაამზადოს სტანდარტების შესაბამისი პარამეტრების მიხედვით. არასტანდარტული სასუქიდან ცუდი გრანულირებისას, ზედმეტად წვრილად დაფქვისას, დანაკარგი შეადგენს 0,3%, რაც გამოწვეულია მტვრის წარმოქმნით, გადაზიდვის და დატვირთვა-გადმოტვირთვის სამუშაოების წარმოებისას. გადაზიდვის პროცესში გრანულების დანაწევრება იწვევს ჰიგროსკოპიული სასუქის ძლიერ შებელტვას, რის გამოც აუცილებელი ხდება მათი დაქუცმაცება, ეს კი იწვევს გრანულების დაშლას და

აგრონომიული ეფექტურობის შემცირებას. თუ თხევადი სასუქების მომზადებისას მისი PH მეტია 7-ზე, ასეთი სასუქი არ ინახება.

სასუქების ხარისხსა და ეფექტურობაზე დიდ გავლენას ახდენს პირდაპირი დანაკარგები. საჭიროა სასუქების ხარისხის მიხედვით შერჩეულ იქნეს სატრანსპორტო საშუალებები და დატვირთვა-გადმოტვირთვის ხერხები. 2,5 ჯერ მეტი დანაკარგი მიიღება სასუქების შეუფუთავი გადაზიდვისას, ამიტომ, ამჟამად მარტივ აზოტიან და რთულ სასუქებს უშვებენ ცელოფნის ტომრებში შეფუთული სახით, რაც მათი მექანიზებული დატვირთვა-გადმოტვირთვის საშუალებას იძლევა. ღია ვაგონით გადაზიდვისას დანაკარგმა შეიძლება 7-8% შეადგინოს, თვითმცლელების და მისაბმელების გამოყენებისას – 1,5-2%; თვითმცლელი ვაგონებით გადაზიდვისას – 0,5-1,0%.

### საკვები ელემენტების დანაკარგები სასუქების შენახვისას

სასუქების მნიშვნელოვანი რაოდენობა იკარგება ლიანდაგიან და ჩაღრმავებულ საწყობებში, აგრეთვე მინდორში შენახვისას, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს არა მარტო სასუქების დაბალი ხარისხით, არამედ არსებული საწყობების არასწორი გამოყენებით და საწყობის შიგნით არასრულყოფილი მექანიზაციით. სასუქების საწყობებში შეუფუთავი შენახვისას ადგილი აქვს მის შრეებად დაშლას. მსხვილი გრანულები ექცევა კონუსის ქვემოთ, წვრილი – ზემოთ. ეს იწვევს არათანაბარ განაწილებას მათი შეტანისას. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებელია სასუქების გრანულები უნდა იყოს სტანდარტული, 1-3 მმ სიმსხოსი. ამასთან. გადატვირთვის სამუშაოები უნდა მოხდეს სექტორებად, რაც თავიდან აგვაცილებს კონუსის წარმოქმნას და შრეებად დაშლას. კარგად მოწყობილ ტიხრებიან საწყობში დანაკარგები 4-5-ჯერ მცირდება.

შეუფუთულ სასუქებს საწყობში აწყობენ ფრთხილად რათა ტომრები არ დაზიანდეს. ტომრების დაზიანებისას საჭიროა სასუქი ხელახლა შეიფუთოს.

საწყობის შიგნით დატვირთვა-გადმოტვირთვის სამუშაოების შესრულებისას, თანამედროვე მანქანებისა და მოწყობილობების გამოყენებისას, მნიშვნელოვნად მცირდება დანაკარგები. საწყობში სასუქი შეიძლება დაიკარგოს მისი იატაკზე, საწყობის კედლებზე შეწებებით, მანქანის თვლებით და ქარით გატანა-გამოტანით.

შენახვისას მყარი სასუქების დანაკარგი შეადგენს **2%**, თხევადის – **0,5%**. მაგრამ თხევადმა სასუქმა შეიძლება დააზიანოს სპეციფიკური საცავის შედუღებული ადგილები და ამით შესაძლებელია დანაკარგებმა 100 %-ს მიაღწიოს.

### მინერალური სასუქების დანაკარგები მათი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ შეტანისას

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ შეტანისას დანაკარგმა შეიძლება **2-3%** შეადგინოს. ამ მომენტში სასუქი, არაჰერმეტიული გადასაზიდი საშუალებებიდან იკარგება ტრანსპორტირებისას წარმოქმნილი მტვრის ჩამოცვენით. მნიშვნელოვანი რაოდენობის სასუქი რჩება მინდვრად, გროვებად დაყრის ადგილზე. სასაწყობო მეურნეობის არსებობისას დანაკარგები ბევრად ნაკლებია. მნიშვნელოვნად იზრდება დანაკარგები ქარიან ამინდში სასუქის შემტან აპარატებში ჩატვირთვისას და თვითმფრინავით ხრამებში და აუთვისებელ ნაკვეთებზე შეტანისას.

სასუქი იკარგება შემტანი აპარატით არათანაბარი შეტანით, რაც შეიძლება გამოიწვევოს იყოს არა მარტო მომზნევი მანქანის კონსტრუქციით, არამედ სასუქის ხარისხით, პირველ რიგში კი მისი გრანულომეტრული შედგენილობით. ტენიანი და მტვრის მაღალი შემცველობის მქონე სასუქი არ იძლევა თანაბარი განაწილების საშუალებას, რადგან ეწებება აპარატის მუშა ორგანოებზე, ამიტომ დანაკარგები 3%-ს აღწევს.

არათანაბარი შეტანისას ხორბლის მოსავალი შეიძლება შემცირდეს 6,3%-ით; შაქრის ჭარხლის – 10,5%; კარტოფილის – 12,5%. გერმანიაში ამონიუმის გვარჯილის არასწორი შეტანისას 5-10 ც შემცირდა ხორბლის მოსავალი.

სასუქების შეტანის ხარისხი და დანაკარგები არსებითადაა დამოკიდებული გამოყენებულ ტექნიკასა და სასუქების ტენიანობაზე. ამჟამად დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში გამოიყენება პნევმატური მომზნევეები, რომლებიც ჩვენთან გავრცელებულ ცენტრიდანულთან შედარებით, გამოირჩევიან მაღალი მწარმოებლობით, სასუქების თანაბარი განაწილებით და მცირე დანაკარგებით. სასუქების დანაკარგები დიდად არის დამოკიდებული მათი შეტანის ხერხებზე. ლოკალურად შეტანისას მცირდება დანაკარგები, რადგან სასუქი თავსდება მცენარის ფესვთა სისტემის ახლოს, ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფილ სიღრმეზე, ამასთან ერთად, მცირდება სასუქის ნიადაგთან შეხების ფართი და მისი წყალხსნადი ფორმის ძნელადხსნად ფორმაში გადასვლა. აზოტის გამოყენების კოეფიციენტი ლოკალური შეტანისას შეადგენს 60%-ს, დანაკარგი მცირდება 9,2 % \_ მდე. მომზნევი შეტანისას დანაკარგი შეადგენს 20-30 %, აზოტის გამოყენების კოეფიციენტი კი არ აღემატება 50%-ს.

სასუქები შეიძლება დაიკარგოს ნიადაგში არასწორი შეტანისას. მაგ. აზოტიანი და ორგანული სასუქების ნიადაგში ჩაკეთების გარეშე დატოვებისას, დანაკარგმა შეიძლება საკმაოდ მაღალ მაჩვენებელს მიაღწიოს.

სასუქიდან საკვები ელემენტების დანაკარგს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ნიადაგში შეტანის შემდეგაც აგროტექნოლოგიური ღონისძიებების ვადებისა და მათი შესრულების ხარისხის დარღვევისას, რაც აპრობებს საკვები ელემენტების შეუთვისებელ ფორმაში გადაყვანას, აქროლებას, ჩარეცხვას და გადარეცხვას იწვევს.

### **ნიადაგისა და სასუქებიდან საკვები ელემენტების მიგრაცია ბუნებრივ-სამეურნეო ფაქტორების მოქმედებით**

#### **ნიადაგის ეროზია, როგორც საკვები ელემენტების დანაკარგების ძირითადი წყარო**

ეროზია ნიადაგის რღვევის პროცესია, რომლის გამომწვევი შეიძლება იყოს სხვადასხვა ფაქტორი. ნიადაგის ეროზიას უდიდესი ზარალი მოაქვს სოფლის მეურნეობისათვის, რადგან ამ გზით იკარგება არა მარტო ნიადაგის უდიდესი მარაგი, არამედ მასში არსებული საკვები ელემენტების და შეტანილი სასუქების უმეტესი რაოდენობაც, რითაც 2-3 ჯერ მცირდება, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა. კაცობრიობამ უკანასკნელი საუკუნის მანძილზე დაკარგა 2 მილიარდი ჰა მიწის ფართობი. ვ.ა. კოვდას მონაცემებით, ყოველწლიურად მსოფლიოში 6-7 მილიონი ჰა ფართობი იკარგება. საქართველოში გასული საუკუნის ბოლოს, დაბალი კატეგორიის სავარგულებში გადაყვანილ იქნა რესპუბლიკის სახნავი მიწების 13 % ანუ 94 ათასი ჰა. მარტო ზემო იმერეთის ზონაში ეროზიის შედეგად სახნავი ფართობი 30-40%-ით შემცირდა.

ნიადაგის ეროზიის განვითარების ძირითადი მიზეზია ბუნებრივი სავარგულების გადახვნა, ტყეების ინტენსიური ჭრა და პირუტყვის უსისტემო ძოვება, ფერდობებზე

სათოხნი კულტურების მოყვანა, ინტენსიური წვიმების და ქარების პერიოდში სავარგულების მცენარეებით დაუკავებლობა და სხვ.

ფაოს მონაცემებით დედამიწაზე წყლისმიერი ეროზიით დაზიანებულია 6 მილიარდი ჰა სავარგული. თუ გასულ საუკუნეებში მსოფლიო ოკეანეებში ჩაიტანებოდა 3-8 მილიარდი ტონა ნიადაგი, თანამედროვე პირობებში ჩაიტანება 60 მილიარდი ტონა. აქედან ევროპაში – 840 მლნ. ტონა, აფრიკაში – 21 მლნ. ტონა, ჩინეთში – 10-15 მლნ. ტონა და ა.შ. ჩარეცხილ ნიადაგთან ერთად მდინარეებში, ოკეანეებში, ტბებში ჩაიტანება 5,4 მლნ. ტონა აზოტი, 1,8 მლნ. ტონა ფოსფორი და 36 მლნ. ტონა კალიუმი. მრავალი მილიონი ტონა სხვა მაკრო და მიკროელემენტები.

აღმოსავლეთ საქართველოში სახნავი ფართობებიდან ნიადაგის სახნავი ფენის ჩამორეცხვა საშუალოდ 60-70 ტონას შეადგენს ჰა-ზე. აზოტის დანაკარგი ჩამონადენი წყლით 23-24% აღწევს. ძალიან ხშირად ნიადაგიდან მოსავლით გატანილი საკვები ელემენტები იმის ნახევარსაც არ შეადგენს, რაც ეროზირებული პროცესებით იკარგება.

გადარეცხვით და ქარისმიერი ეროზიით დანაკარგებს ხელს უწყობს რელიეფის დახრილობა, ნიადაგის ტიპი, ჰუმუსის შემცველობა, თავსხმა წვიმები, თოვლის დნობის პირობები, მცენარეთა საფარის არ არსებობა, ჩამონადენი წყლების დაურეგულირებლობა, მიწათმოქმედების ექსტენსიური სისტემა, ხშირი მექანიზებული დამუშავება, მონოკულტურა, ნიადაგდაცვითი ღონისძიებების არარსებობა. ყველა შემთხვევაში ჩარეცხვას უფრო ექვემდებარება მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის მაღალი დახრილობის მქონე ნიადაგები. წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიის განვითარებას ხელს უწყობს ატმოსფერული მოვლენების მოქმედებით მიმდინარე ინტენსიური გამოფიტვის პროცესი, რის შედეგადაც ადვილად წარმოებს მთის ქანების და ციცაბო ფერდობების ჩამორეცხვა. ჩამორეცხილი ნიადაგის რაოდენობა იზრდება ფერდობებზე მაქსიმალური წყალმოვარდნის პერიოდში და მეწყერული მოვლენების დროს. იმ შემთხვევაში, როდესაც მდინარეებში ჩადის წყლის მაქსიმალური, კატასტროფული რაოდენობა, ინტენსიურად წარმოებს ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის გადარეცხვა, იტბორება და ისპობა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების და ნათესი ფართობების მნიშვნელოვანი რაოდენობა.

ფერდობის დახრილობის ზრდასთან ერთად, იზრდება ჩამონადენი წყლის რაოდენობა და ნიადაგის გადარეცხვა. ჩვენს რესპუბლიკაში არსებულ წყლისმიერი ეროზიის სიდიდეზე შეიძლება ვიმსჯელოთ დიდ მდინარეებში ჩატანილი მყარი ჩამონადენებით. თბილისთან მდინარე მტკვარში მყარი ჩამონადენი ყოველწლიურად 14 მლნ ტონაა. ალაზანში – 8-9 მლნ, რიონში, ქუთაისთან – 5 მლნ ტონა. მდინარე რიონს ყოველწლიურად შავ ზღვაში 10 მლნ ტ მყარი მასა ჩააქვს.

უნგრელი მეცნიერების მონაცემებით 5° დახრილ ფართობზე ყოველწლიურად იკარგება 20,2 ტ ნიადაგი და 185 კგ საკვები ელემენტი, 5-10° დახრილობაზე 55,8 ტ ნიადაგი და 512 კგ საკვები ელემენტები. 12-17° – 114,2 ტ და 1047 კგ; 17-25° – 205,5 ტ და 1884 კგ.

ყველა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულზე წყლისმიერ ეროზიას იწვევს თავსხმა წვიმები და თოვლის დნობის შედეგად წარმოქმნილი ჩამონადენი წყლები. თოვლის დნობისას დიდი რაოდენობით ჩამონადენი მაშინ წარმოიქმნება, როცა დიდია თოვლის საფარი, ნიადაგი ღრმად არის გაყინული და სუსტია ინფილტრაცია. თოვლის დნობისას ჩამონადენი წყლებით შეიძლება დაიკარგოს აზოტის 60%, ფოსფორის 95%, K – 70%, Mg და Ca – 70%.

წყლისმიერი ეროზიით ნიადაგის ჩარეცხვაზე დიდ გავლენას ახდენს მცენარეულიUL საფარი. ლიტვაში მრავალწლიანი ბალახებით დაკავებულ ფართობზე მინიმალური იყო საკვები ელემენტებისა და ნიადაგის გადარეცხვა. ერთწლიანი კულტურების ქვეშ

ჩაირეცხებოდა 1,5 ტ ნიადაგი, შავ ანუულზე – 54,4 ტ. წყლითა და მყარი ჩამონადენით Gჩამოიტანება აზოტის, კალიუმის და კალციუმის დიდი, ფოსფორისა და მაგნიუმის შედარებით მცირე რაოდენობა. მყარი ჩამონადენით გამოიტანება 70% N, 60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> და 65% K<sub>2</sub>O.

წყლისმიერი ეროზიის ხარისხის მიხედვით აზოტისა და კალიუმის ყველაზე მეტი რაოდენობა იკარგება ანუულზე, ფოსფორის – სათოხნი კულტურების მოყვანისას. ერთწლიანი ბალახების ქვეშ აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის დანაკარგი მეტია, ვიდრე მრავალწლიანი ბალახების ქვეშ. სათიბ-სამოვრებზე ძირითადი საკვები ელემენტების დანაკარგები გამორიცხული ან მინიმალურია.

წყლისმიერი ეროზიის ერთ-ერთი სახეა ირიგაციული ეროზია, რომელშიც იგულისხმება ნიადაგის ჩამორეცხვა და გადარეცხვა დროებითი არხებიდან და სარწყავი ქსელის კვლებიდან სარწყავი წყლის ხელოვნური მიწოდების დროს. ეს გამოწვეულია სარწყავი და დროებითი ქსელების ელემენტების არასწორი შერჩევით და არარაციონალური რწყვის ტექნიკით. ირიგაციული ეროზია წააგავს წყლისმიერს, მაგრამ ის უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს და მის წინააღმდეგ ბრძოლა ექვემდებარება ტექნიკურ გადაწყვეტას.

საქართველოს წყალთა მეურნეობის და საინჟინრო ეკოლოგიის ინსტიტუტის მონაცემებით, ირიგაციული ეროზიით ნიადაგის საფარის გამოტანა ჰექტარზე 80-100 ტონას შეადგენს. საქართველოს მთიან რეგიონებში მას შეუძლია 10-15 წლის განმავლობაში მწყობრიდან გამოიყვანოს სარწყავი – სახნავი ფართობების დიდი ნაწილი. მათ მიერ დროებითი სარწყავი ქსელის შესწავლისას დადგინდა, რომ ნიადაგის გადარეცხვა, როდესაც სარწყავი კვლის სიგრძე 50-60 მ-ია, ხოლო წყლის ხარჯი 0,6 ლ/წმ, ერთ ჰა-ზე შეადგენს 71,8 ტონას, ხოლო 125 მ-იანი სარწყავი კვლების შემთხვევაში – 138-143 ტ/ჰა-ზე. წყლის ნაკადის გადიდებით და სარწყავი წყლის კვლის სიგრძის შემცირებით იზრდება საკვები ელემენტების დანაკარგები. წყლის ნაკადის 2-ჯერ გადიდებით 4-ჯერ გაიზარდა საკვები ელემენტების გამოტანა. სარწყავი წყლის კვლის სიგრძის 4-ჯერ გადიდებით 10-20-ჯერ მცირდება გამოტანა.

წყლისმიერი ეროზია სარწყავი მიწათმოქმედების პირობებში დიდ ზიანს აყენებს სოფლის მეურნეობას, რადგან ამ გზით დაკარგული საკვები ელემენტები უკან აღარ უბრუნდება ნიადაგს.

ქარისმიერი ეროზია ძლიერ გავრცელებულია ქართლის, სამგორის ვაკეზე, გარე კახეთის ზეგანზე შირაქში. ის გარე კახეთისა და ქართლის ზონაში მოკლე ვადაში ხსნის ნიადაგის 3-5 სმ ნიადაგის შრეს, რაც საშემოდგომო კულტურების ნათესების ძლიერ დაზიანებას და ზოგიერთ შემთხვევაში სრულ განადგურებას იწვევს. ამასთან, ქარის მიერ გადატანილი ნიადაგი ავსებს სარწყავ არხებს, წყალსატევებს, საცხოვრებელ და სამეურნეო ნაგებობებს, რაც დიდ მატერიალურ ზარალს აყენებს მოსახლეობას. ქარისმიერი ეროზიით დაზიანებულ ნიადაგებზე მარცლოვანი კულტურები ჩვეულებრივზე 25-50%-ზე ნაკლებ მოსავალს იძლევიან. ჩრდილოეთ კავკასიაში ქარი 1-2 სმ ნიადაგს ხსნის წელიწადში. 10-15 წელიწადში 20 სმ ფენის ჰუმუსოვან ფენას, რაც ექვივალენტურია 100 ტ ჰუმუსის, 5-6 ტ აზოტის, 5-6 ტ ფოსფორის 1 ჰა-ზე. დანაკარგები უფრო მაღალია მსუბუქ ნიადაგებზე – მსუბუქ თიხნარებზე 40-60%, საშუალო თიხნარებზე – 35 %, ჩვეულებრივ შავმიწებზე – 12,1 %. აღმოსავლეთ საქართველოში სართიქალის სტაციონარის შავმიწებზე ჩატარებული გამოკვლევებით, ქარისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების გატარების გარეშე, აზოტის დანაკარგი საშუალოდ 90 კგ შეადგენდა ჰა-ზე, ცალკეულ წლებში კი – 200 კგ-ს აჭარბებდა.



ნიადაგის ქარგამძლეობა დამოკიდებულია ორგანული ნარჩენების რაოდენობაზე, მის მექანიკურ შედგენილობაზე. ნიადაგის ზედა ფენაში 40-70 ტ ფესვებისა და მიწისზედა ანარჩენების არსებობის დროს მთლიანად დაცულია სავარგულები. ქარისმიერ ეროზიას ძლიერ ექვემდებარებიან მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის და მცენარეული საფარით დაუკავებელი ნიადაგები.

### საკვები ელემენტების დანაკარგები ნიადაგის და სასუქის გადარეცხვისას

წყლისმიერი ეროზია აპრობებს მცენარისათვის აუცილებელი საკვები ელემენტების როგორც საერთო, ისე მოძრავი ფორმების დანაკარგებს, რომელთა ოდენობა ფართო ფარგლებში მერყეობს რელიეფური პირობებისა და მიწათმოქმედების კულტურის მიხედვით.

ძირითადი საკვები ელემენტებიდან დანაკარგების უმეტესი ნაწილი მოდის აზოტზე. ასევე დიდია ეროზიით ნიადაგისა და სასუქით შეტანილი ფოსფორის დანაკარგები, რომლის ოდენობაც ნიადაგის მაგარი ფაზის დანაკარგების პროპორციულია. სხვადასხვა ავტორთა მონაცემებით ფოსფორის დანაკარგები მერყეობს 20%-დან (თიხნარი და თიხა ნიადაგები) 75%-მდე (მსუბუქი ნიადაგები მათზე სათოხნი კულტურების მოყვანისას). ფოსფორიანი სასუქების ღრმად ჩახვნისას შეიძლება თავიდან ავიცილოთ წყლისმიერი ეროზიით ფოსფორის დანაკარგები.

კალიუმში ყველაზე მეტი რაოდენობით იკარგება ნიადაგიდან, რაც მის მაღალ შემცველობასთანაა დაკავშირებული. ყოფილ დსთ-ს, ბალტისპირეთის და საქართველოს ტერიტორიაზე იკარგება 35 მლნ. ტონა საერთო კალიუმში. საერთო აზოტის დანაკარგი 6-ჯერ ნაკლებია ამ მაჩვენებელზე, ფოსფორის – 20-ჯერ ნაკლები.

ყველაზე ნაკლებად ეროზიას ექვემდებარება ტყის ნიადაგის საფარი, შემდეგ მოდის სათიბ-სადოვარი, სულ ბოლოს – სახნავი ფართობები. ვ.ნ. კუდიაროვას და სხვათა 1984 მონაცემებით, 1 ჰა სახნავიდან გადაირეცხება 100კგ N, 5კგ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> და 60 K<sub>2</sub>O. მაშინ, როცა ტყის ნიადაგებიდან დანაკარგები შეადგენდა 18კგ, 0,2კგ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> და 55კგ K<sub>2</sub>O.

სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან გადარეცხილი საკვები ელემენტების რაოდენობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთაგან მთავარია მცენარეებით სავარგულების დაკავება, ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ადგილის რელიეფი, ნალექების და გამოყენებული სასუქების რაოდენობა. საკვები ელემენტების დანაკარგები მნიშვნელოვნად იზრდება სასუქების ზედაპირული შეტანისას.

NPK მაქსიმალური დანაკარგი წყლისმიერი ეროზიით აღინიშნება სუფთა ანეულზე და სათოხნი კულტურებით დაკავებულ ფართობებზე, სადაც არ ტარდება ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებები. მასზე გავლენას ახდენენ სასუქების ნორმები, დოზები, შეტანის ვადები და ტექნიკა. საკვები ელემენტების დანაკარგები იზრდება სასუქების გადიდებული ნორმების შეტანისას. თუ გაუნოყიერებელ ნაკვეთზე იკარგება 3კგ/ჰა აზოტი, N<sub>100-200</sub> შეტანისას – 2-2,5-ჯერ მეტი.

ყველაზე მეტი რაოდენობის საკვები ელემენტების დანაკარგს ადგილი აქვს სასუქის გაყინულ ნიადაგზე და თოვლის საფარზე შეტანისას. ამონიუმის გვარჯილის ჭვავის ქვეშ 70 კგ/ჰა ანგარიშით აზოტის შეტანისას, 10 დღეში ზედაპირული შეტანისას შეიძლება დაიკარგოს 21,5კგ; 5 სმ ჩაკეთებისას დანაკარგი 3-ჯერ მცირდება. თოვლის დნობის შედეგად 10 დღეში ჩაირეცხება 28-57 გ/ჰა კალიუმში და 0,6-0,2 გ/ჰა ფოსფორი.

## სასუქების შეტანის ხერხების გავლენა საკვები ელემენტების დანაკარგებზე

საკვები ელემენტების მაქსიმალურ დანაკარგს ადგილი აქვს სასუქების ზედაპირულად შეტანისას. ამ შემთხვევაში აზოტის დანაკარგი ინტენსიური წვიმების პერიოდში შეადგენს 726 გ/ჰა, ფოსფორის – 336 გ/ჰა, კალიუმის – 4,7 კგ/ჰა. უსასუქო ვარიანტზე იკარგებოდა აზოტი – 89 გ, ფოსფორი – 54 გ, კალიუმი – 2,9 გ. სასუქების 7სმ-ზე ჩაკეთებისას დანაკარგები ბევრად ნაკლები იყო.

წყლისმიერი ეროზიის დროს იკარგება დიდი რაოდენობით კალციუმი. პერიოდული წვიმების დროს მისმა დანაკარგმა შეიძლება 500კგ შეადგინოს. ყველაზე დიდი რაოდენობა იკარგება მცენარეებით დაუკავებელ ნაკვეთებზე და შავ ანეულზე. მრავალწლიანი ბალახებით დაკავებულ ფართობებზე დანაკარგი მინიმალურია.

მაგნიუმის დანაკარგი წყლისმიერი ეროზიით, საშუალოდ მერყეობს 85-230 კგ/ჰა ფარგლებში, გოგირდის 2-30 კგ/ჰა. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით მაგნიუმი და გოგირდი იკარგება კულტურებით დაუკავებელ ფერდობებზე და ანეულზე.

ჩამორეცხილ ნიადაგებზე 1,5-2-ჯერ მეტი მიკროელემენტი ჩამორეცხება, ჩამორეცხავთან შედარებით.

### ნიადაგის, ჰუმუსისა და ძირითადი საკვები ელემენტების დანაკარგები ზემო იმერეთის სიბინდის კულტურით დაკავებულ სხვადასხვა ხარისხით ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგებზე

ნიადაგის, ჰუმუსისა და საკვები ელემენტების დანაკარგები ჩვენ მიერ შესწავლილ იქნა ზემო იმერეთის სხვადასხვა ხარისხით ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგებზე, რომლის აგროქიმიური მაჩვენებლები მე-13 ცხრილშია მოტანილი, საიდანაც ჩანს, რომ სხვადასხვა ხარისხით ეროზირებული ყომრალი ნიადაგები თითქმის არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ნიადაგის არეს რეაქციით. pH მაჩვენებელი ნიადაგის ზედა ფენაში უფრო დაბალია და 6,2-6,3 ფარგლებში მერყეობს, ნიადაგის ქვედა ფენებში მისი რაოდენობა თანდათან მატულობს და 6,7 აღწევს.

ჰუმუსის შემცველობა ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგში საკმაოდ დაბალია და 0-20 სმ ფენაში 1,6 % აღწევს, რაც წყლისმიერი ეროზიით ნიადაგთან ერთად მისი დიდი რაოდენობით გადარეცხვით არის გამოწვეული. მისი რაოდენობა ნიადაგის ქვედა ფენებში კიდევ უფრო მცირდება და სულ ქვედა ჰორიზონტში 0,7% აღწევს. საერთო აზოტის შემცველობა, ჰუმუსის რაოდენობის მიხედვით ცვალებადობს და ზედა ფენაში 0,12 % შეადგენს, ქვედაში კი – 0,6 %. ნიადაგის ზედა ფენაში საკმაოდ დაბალია ჰიდროლიზური აზოტის რაოდენობა – 3,1 მგ 100 გ ნიადაგში. საერთო და მოძრავი ფოსფორის შემცველობა, შესაბამისად, 0,12 % და 3,2 მგ აღწევს.

საერთო კალიუმი ყველა ხარისხით ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე თითქმის ერთნაირია და ნიადაგის ზედა ფენაში 1,3-1,4 % ფარგლებშია. რაც შეეხება გაცვლით კალიუმს, მისი რაოდენობა ძლიერ ეროზირებულ ნიადაგში ძალზე დაბალია და 12,8 მგ შეადგენს 100 გრ ნიადაგში.

ცხრ.13. ძლიერ, საშუალოდ და სუსტად ეროზირებული ყომრალი ნიადაგების ფოტოქიმიური მაჩვენებლები

ჰორიზონტი, ადგილმდებარეობა	სიღრმე, სმ	PH H <sub>2</sub> O	სიციფიკატი	აზოტი		ფოსფორი		კალიუმი	
				საერთო %	პირველი ფორმის მგ/100გ ნიადაგში	საერთო %	მოდრაგის მგ/100გ ნიადაგში	საერთო %	გაცვლითი მგ/100გ ნიადაგში
1. ხარაგაული ლაშქ. ძლიერ ეროზირებული	0-20	6,3	1,6	0,12	3,1	0,11	3,2	1,4	12,8
	20-40	6,3	1,2	0,1	1,4	0,11	1,8	1,2	9,4
	40-60	6,6	0,7	0,6	კვალი	0,12	1,1	1,1	10,6
2. ხარაგაული ლაშქ. საშუალოდ ეროზირებული	0-20	6,2	2,1	0,14	5,4	0,13	5,75	1,3	18,7
	20-30	6,4	1,4	0,12	4,6	0,10	2,5	1,2	16,2
	50-60	6,7	1,1	0,1	კვალი	0,11	1,9	1,4	15,6
3. ხარაგაული ლაშქ. სუსტად ეროზირებული	0-20	6,3	3,2	0,19	6,76	0,14	8,85	1,4	28,7
	20-40	6,45	2,1	0,15	2,19	0,13	4,43	1,3	23,2
	40-60	6,7	1,5	0,08	კვალი	0,10	4,4	1,5	24,5
	80-90	6,6	0,7	0,04	კვალი	0,08	1,2	1,4	18,7

როგორც ძლიერ ეროზირებული ყომრალი ნიადაგის აგროქიმიური მაჩვენებლებიდან ჩანს სიმინდის მოსავლის მაღალიმიტირებელ პირველ ელემენტს აზოტი წარმოადგენს. მინიმუმში მყოფი მეორე ელემენტებია \_ ფოსფორი და კალიუმი.

საშუალოდ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობა დაბალია \_ 2,1 %, საერთო აზოტის \_ 0,14% და მოძრავი აზოტის 5,4 მგ 100 გრ ნიადაგში. შემცველობის მხრივ ეს ნიადაგი დაბალი უზრუნველყოფის კატეგორიას მიკუთვნება.

საერთო ფოსფორი, საშუალო ხარისხით ეროზირებული ნიადაგის ზედა ფენაში 0,13 % შეადგენს, ქვედა ფენებში კი 0,10 %-მდე ეცემა. მოძრავი ფოსფორის შემცველობა ძლიერ ეროზირებულ სახესხვაობასთან შედარებით 2,5 მგ-ით არის გადიდებული და 5,75 მგ შეადგენს 100 გრ ნიადაგში. საერთო კალიუმი 1,3 %-ს არ აღემატება, გაცვლითი 18,7მგ-ს \_ 100გრ ნიადაგში. როგორც ვხედავთ, საშუალოდ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზეც მინიმუმში მყოფ პირველ ელემენტს აზოტი წარმოადგენს.

სუსტად ეროზირებული ყომრალი ნიადაგის ზედა ფენა ჰუმუსის 3,2 და A საერთო აზოტის 0,19 % შემცველობით საშუალოდ არის უზრუნველყოფილი, ჰიდროლიზური აზოტით დაბალ უზრუნველყოფილ კატეგორიას მიეკუთვნება და 6,76 მგ-ს შეადგენს 100 გრ ნიადაგში.

საერთო და მოძრავი ფოსფორის შემცველობის მიხედვით, სუსტად ეროზირებული ნიადაგი საშუალოდაა უზრუნველყოფილი. მათი რაოდენობა, შესაბამისად, 0,14 % და 8,85 მგ შეადგენს 100გრ ნიადაგში. საერთო კალიუმი ჰორიზონტების მიხედვით 1,3-1,5 %, გაცვლითი – 18,7- 28,7 მგ ფარგლებშია 100 გრ ნიადაგში.

როგორც ვხედავთ, სუსტად ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე მოსავლის მაღლიმილიტირებელ მინიმუმში მყოფ პირველ ელემენტს აზოტი შეადგენს, მეორეს – კალიუმი, მესამეს – ფოსფორის.

სხვადასხვა ხარისხით ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგში, ჩამორეცხვის ხარისხის მიხედვით, დიდ ფარგლებში ცვალობადობს ჰუმუსის და ძირითადი საკვები ელემენტების საერთო და მოძრავი ფორმების მარაგი (ცხრ. 14).

**ცხრ. 14. ჰუმუსისა და ძირითადი საკვები ელემენტების მარაგი სხვადასხვა ხარისხით ეროზირებული ყომრალი ნიადაგის 0-20 სმ ფენაში.**

№	ნიადაგის ეროზირების ხარისხი	ჰუმუსი ტ-ით	აზოტი		ფოსფორი		კალიუმი	
			საერთო ტ-ით	ჰიდროლიზური კბ-ით	საერთო ტ-ით	მოძრავი კბ-ით	საერთო ტ-ით	გაცვლითი კბ-ით
1	ძლიერ ეროზირებული	37,6	2,82	72,9	2,59	75,2	32,9	300,8
2	საშუალოდ ეროზირებული	49,3	3,29	126,9	3,06	135,1	30,55	439,5
3	სუსტად ეროზირებული	75,0	4,47	158,9	3,3	208,0	32,9	674,5

სუსტად ჩამორეცხილ ყომრალ ნიადაგზე ჰუმუსის მარაგი ნიადაგის 0-20 სმ ფენაში შეადგენს 75,0 ტ/ჰა-ზე, საშუალოდ ეროზირებულ ნიადაგზე – 49,35 ტ/ჰა, რაც 25,65 ტ-ით, ანუ 34,25 %-ით ნაკლებია პირველთან შედარებით. ძლიერ ეროზირებულ ნაკვეთებზე ჰუმუსის მარაგი სახნავ ფენაში 37,6 ტ/ჰა შეადგენს, რაც ორჯერ, 37,4 ტ-ით, ანუ 49,9 %-ით ნაკლებია სუსტად ეროზირებულ ნიადაგთან შედარებით.

საშუალოდ ეროზირებულ ნაკვეთებზე, სუსტად ეროზირებულ ფართობებთან შედარებით, საგრძნობლადაა შემცირებული საერთო აზოტის და ფოსფორის მარაგი. აზოტის მარაგი 3,29 ტ/ჰა უდრის, რაც 1,18 ტ/ჰა, ანუ 26,4 % ნაკლებია სუსტად ეროზირებულ ნიადაგთან შედარებით. საერთო ფოსფორის მარაგი 0,6 ტ-ით, ანუ 17,7 %-ით არის შემცირებული. საერთო კალიუმის მარაგი თითქმის ერთნაირია, რადგან ყომრალი ნიადაგის როგორც სახნავ ისე ქვედა ფენებში მისი შემცველობა მაღალია და 30,55-32,9 ტონის ფარგლებშია.

რაც შეეხება გაცვლითი კალიუმის მარაგს, მისი რაოდენობა სუსტად ეროზირებულ ნაკვეთზე 674,5 კგ შეადგენს. ამ ელემენტის დანაკარგი ძლიერ ეროზირებულ ნიადაგზე

ორჯერ, 373,7 კგ-ით, ანუ 55,4%, არის გაზრდილი და 300,8 კგ შეადგენს. რაც შეეხება საშუალოდ ეროზირებულ ნიადაგს აქაც კალიუმის მარაგი 235 კგ-ით, ანუ 34,8 %-ით არის გადიდებული და 439,5 კგ ტოლია.

ჰიდროლიზური აზოტის მარაგი ძლიერ, საშუალოდ და სუსტად ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგში, შესაბამისად, შეადგენს 72,9; 126,9 და 158,9 კგ/ჰა-ზე. ძლიერ ეროზირებულ სახესხვაობაში მისი მარაგი 2-ჯერ ნაკლებია სუსტად ეროზირებულთან შედარებით. მოძრავი ფოსფორის მარაგი, შესაბამისად, 75,2; 135,1 და 208,0 კგ/ჰა. ამ ელემენტის შემთხვევაში სხვაობა ძლიერ ეროზირებულსა და სუსტად ეროზირებულ ნიადაგს შორის სამის ტოლია. გაცლითი კალიუმის მარაგი 300,8; 439,5 და 674,5 კგ-ია ჰა-ზე. სხვაობა ამ შემთხვევაში ორის ტოლია.

ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე სიმინდის კულტურას შეუძლია შეითვისოს მხოლოდ 19,2 კგ აზოტი, რაც 6-7 ც სიმინდის მოსავლის მიღების შესაძლებლობას იძლევა. საშუალოდ ეროზირებულ ნიადაგზე მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმაში იმყოფება 32,4 კგ აზოტი, რაც საკმარისია 10-12 ც სიმინდის მარცვლის მისაღებად. სუსტად ეროზირებულ ნიადაგში აზოტის შესათვისებელი ფორმის მარაგი 40,6 კგ შეადგენს, რაც უზრუნველყოფს მხოლოდ 14 ც სიმინდის მარცვლის მიღებას.

ფოსფორის შესათვისებელი ფორმის მარაგიც დაბალია, მაგრამ აზოტთან შედარებით უზრუნველყოფს ორჯერ მეტი მოსავლის მიღებას. ფოსფორის მარაგი ძლიერ ეროზირებულ ნიადაგზე 14,4 კგ-ს, შეადგენს, საშუალოდ ეროზირებულზე – 26,0კგ-ს, სუსტად ეროზირებულზე – 40,0 კგ. აღნიშნული მარაგები, შესაბამისად, 12; 21 და 33,0 ც სიმინდის მარცვლის მიღებას უზრუნველყოფს.

ამ ნიადაგებში არსებული კალიუმის მოძრავი ფორმის მარაგი 38,4; 56,1 და 86,0 კგ-ია, რაც სიმინდის 12 ; 15 და 26 ც მიღების შესაძლებლობას იძლევა. როგორც მიღებული მონაცემებიდან ჩანს, ყომრალ ნიადაგში, პირველ რიგში მინერალური სასუქების გამოყენებით უნდა შეივსოს აზოტის, შემდგომში კი – კალიუმისა და ფოსფორის მარაგი.

ჩვენ მიერ სხვადასხვა ხარისხით ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე გადარეცხილი ნიადაგის, ჰუმუსისა და ძირითადი საკვები ელემენტების ზუსტად აღრიცხვისათვის ცალ-ცალკე ფიცრებით შემოიფარგლა 5 მ<sup>2</sup> ფართობი, საიდანაც გადარეცხილი ნიადაგის რაოდენობა გროვდებოდა ფიცრებისაგან და ცელოფნისაგან შეკრულ მიმღებ მოწყობილობაში. ამ დაკვირვების შედეგები მოტანილია მე-15 ცხრილში, საიდანაც ჩანს, რომ ძლიერ ეროზირებულ ნიადაგზე 2008 წელს გადაირეცხა 38,6 ტ ნიადაგი, რაც შეადგენს 1 ჰა ფართობის 0-20 სმ ფენის მთლიანი მასის 1,64 %. ეს მაჩვენებელი 7- ჯერ მეტია სუსტად ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე გადარეცხილ ოდენობასთან შედარებით. თუ ასეთი ტემპით გაგრძელდა გადარეცხვის პროცესი, დაახლოებით 70 წელიწადში მთელი სახნავი ფენა დაიკარგება. საშუალოდ ეროზირებულ ნაკვეთზე 17,0 ტ ნიადაგი გადაირეცხა, რაც სამჯერ მეტია სუსტად ეროზირებულ ნიადაგზე გადარეცხილ რაოდენობასთან, 5,7 ტ-თან შედარებით.

სხვადასხვა ხარისხით ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე დიდი რაოდენობით ნიადაგის ჰუმუსისა და საკვები ელემენტების გადარეცხვას ხელი შეუწყო 2008 აგვისტოს თვეში ძლიერმა გვალვებმა, რამაც გამოიწვია ნიადაგის ძლიერ გამოშრობა და გამტვერიანება, ხოლო შემდგომში, სექტემბერ-ოქტომბერში მოსულმა თავსხმა წვიმებმა გამოიწვია დიდი რაოდენობით გაფუებული ნიადაგის და მასში არსებული საკვები ელემენტების გადარეცხვა, რის გამოც გადარეცხვის მაჩვენებლები ყველა ხარისხით ეროზირებულ ნიადაგზე ორჯერ მეტია ჩვეულებრივ მიღებულ პარამეტრებთან შედარებით.

საკმაოდ დიდია ჰუმუსის დანაკარგებიც. ძლიერ ეროზირებულ ნიადაგებზე გადაირეცხება 617 კგ ჰუმუსი, საშუალოდ ეროზირებულ ნიადაგზე – 357 კგ, რაც 260 კგ-ით ნაკლებია ძლიერ ეროზირებულთან შედარებით. ჰუმუსის ასეთი დიდი რაოდენობით გადარეცხვამ გამოიწვია სახნავ ფენაში მისი მარაგის ძლიერ შემცირება. სუსტად ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე გადარეცხილი ჰუმუსის რაოდენობა სამჯერ ნაკლებია ძლიერ ეროზირებულ სახესხვაობასთან შედარებით და 182 კგ-ს შეადგენს. ძლიერ და საშუალოდ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე საგრძნობლადაა გადიდებული საერთო აზოტის გადარეცხვითი დანაკარგები და, შესაბამისად, შეადგენსა 46,3 და 23,8 კგ. ეს მაჩვენებელი 4,5 და 2 ჯერ მეტია სუსტად ეროზირებულ ნიადაგზე გადარეცხილ აზოტის რაოდენობასთან შედარებით და 10,8 კგ-ის ტოლია.

მართალია, ძლიერ და საშუალოდ ეროზირებულ ნიადაგზე მცირე რაოდენობით 1,2 და 0,9 კგ ჰიდროლიზური აზოტი იკარგება, მაგრამ სუსტად ეროზირებულ ნიადაგთან შედარებით (0,4 კგ) სხვაობა სამჯერ მეტია.

საერთო ფოსფორის დანაკარგები საერთო აზოტის იდენტურია, ძლიერ ეროზირებულ ნიადაგზე 42,5 კგ-ის ტოლია, საშუალოდ გადარეცხილზე – 22,1 კგ-ის, სუსტად ეროზირებულზე – 8,0 კგ-ის, რაც 5ჯერ ნაკლებია ძლიერ ეროზირებულ სავარგულთან შედარებით. მოძრავი ფოსფორის დანაკარგი ყველა სახის ეროზირებულ ნიადაგზე მოძრავი აზოტის ექვივალენტური რაოდენობით წარმოებს.

ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე საშუალოდ 465 კგ კალიუმი გადაირეცხება, საშუალოდ ეროზირებულ ნიადაგზე – 235 კგ-ით ნაკლები და მთლიანი დანაკარგი 221 კგ-ს არ აღემატება. ყველაზე მცირე რაოდენობით კალიუმი იკარგება სუსტად ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე – 79,8 კგ. გაცვლითი კალიუმის დანაკარგი ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე 4,9 კგ შეადგენს, საშუალოდ და სუსტად ეროზირებულზე, შესაბამისად, 3,2 და 1,6 კგ-მდე მცირდება.

სუსტად ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე გადარეცხილი ჰუმუსის რაოდენობა სამჯერ ნაკლებია ძლიერ ეროზირებულ სახესხვაობასთან შედარებით და 182 კგ-ს შეადგენს. საერთო აზოტის გადარეცხვითი დანაკარგები 10,8 კგ-მდეა შემცირებული, ჰიდროლიზური აზოტის – 0,4 კგ-მდე. საერთო ფოსფორის – 8,0 კგ-მდე, მოძრავი ფოსფორის დანაკარგი ყველა სახის ეროზირებულ ნიადაგზე მოძრავი აზოტის ექვივალენტური რაოდენობით წარმოებს.

ყველაზე მცირე რაოდენობით საერთო და გაცვლითი კალიუმი იკარგება სუსტად ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე – შესაბამისად 79,8 და 1,6 კგ.

ამრიგად, ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე ყოველწლიურად 38,6 ტ ნიადაგი გადაირეცხება, რის გამოც ნიადაგის 0-20 სმ ფენა მთლიანად გაიტანება ნაკვეთიდან და რჩება ქვედა დაბალი ნაყოფიერების მქონე ფენა, რომელის გადარეცხვა კვლავ ინტენსიურად მიმდინარეობს ყოველწლიურად. თუ ასეთი ინტენსივობით გაგრძელდა ნიადაგის გადარეცხვის პროცესი, 70 წელიწადში დაიკარგება მეორე 0-20 სმ ფენაც. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად, საჭიროდ მიგვაჩნია ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელება და ნიადაგის ნაყოფიერების აღდგენა ორგანული და მწვანე სასუქების გამოყენებით. წინააღმდეგ შემთხვევაში უმჯობესია თავი შევიკავოთ ძლიერ ეროზირებული ნაკვეთების დამუშავებისაგან.

ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე ყოველწლიურად იკარგება 617,6 კგ ჰუმუსი, 46,3 კგ აზოტი, 42,5 კგ ფოსფორი და 456 კგ კალიუმი. ფოსფორისა და კალიუმის დანაკარგი მცენარეთა საერთო მოთხოვნილების 30 % შეადგენს, კალიუმის დანაკარგი კი ბევრად აღემატება ყველა კულტურის მიერ ამ ელემენტის გამოტანის საშუალო დონეს. აქედან

გამომდინარე, ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების გატარების გარეშე ასეთი სავარგულების დამუშავება ყოვლად გაუმართლებელია.

საშუალოდ ეროზირებულ ნიადაგზე, მართალია, ორჯერ მეტად არის შემცირებული ნიადაგის 17,0 ტ, ჰუმუსის 357 კგ, აზოტის 46,3 კგ, ფოსფორის 42,5 კგ და კალიუმის 456 კგ დანაკარგები, მაგრამ თუ ასეთი ინტენსივობით გაგრძელდა მათი გადარეცხვის პროცესი, 150 წელიწადში მთლიანად მოიხსნება სახნავი ფენა. ამიტომ ამ სავარგულის დამუშავება უნდა განხორციელდეს ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებებთან ერთად.

ცხრ. 15. ჰუმუსისა და ძირითადი საკვები ელემენტების გადარეცხვითი დანაკარგები ზემო იმერეთის სუსტად, საშუალოდ და ძლიერ ეროზირებულ ყომრალი ნიადაგის 0-20 სმ ფენიდან.

№	ნიადაგის ეროზირების ხარისხი	ღ ა ნ ა ა კ ა ბ ე ბ ი									
		ნიადაგი		ჰუმუსი	აზოტი		ფოსფორი საერთო	მოძრაეი	კალიუმი		
		ტ/ჰა	%-ით		საერთო	ჰიდრო- კლიზუ რი			საერთო	გაცვლითი	
1	ძლიერ ეროზირებული	38,6	1,64	617,6	46,3	1,2	42,5	1,2	456	4,9	
2	საშუალოდ ეროზირებული	17,0	0,72	357,0	23,8	0,9	22,1	1,0	221	3,2	
3	სუსტად ეროზირებული	5,7	0,19	182,0	10,8	0,4	8,0	0,5	79,8	1,6	

სუსტად ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე მინიმალური რაოდენობით 5,7ტ ნიადაგი, 182 კგ ჰუმუსი, 10,6კგ აზოტი, 8,0 კგ ფოსფორი და 79,9 კალიუმი იკარგება. ასეთი ხარისხით ეროზირებულ ნიადაგზე აუცილებელია განხორციელდეს სიდერატების თესვა.

### საკვები ელემენტების გამორეცხვა ფესვთა სისტემის განვითარების ზონიდან

ჩარეცხვითი წყლის რეჟიმის დროს ნიადაგში აღწევს სარწყავი, წვიმისა და თოვლის დნობის შედეგად წარმოშობილი წყალი, მასთან ერთად ფესვთა სისტემის განვითარების ზონიდან ნიადაგის ქვედა ფენებში ჩაირეცხება საკვები ელემენტები და სხვა ხსნადი ნივთიერებები, რომელთა გადაადგილება წარმოებს აგრეთვე გვერდითი დინებით.

ნიადაგში საკვები ელემენტების გადაადგილება წარმოებს ფილტრაციით, ბზარებში გაჟონვით, ფულუროებით, მცენარეთა მკვდარი ფესვებით. ამასთან, წარმოებს წყლის აღმავალი დინებით ზედა ფენებში მათი გადმოადგილება. აღმავალი დინებით ზედა ფენებში შეიძლება დაბრუნდეს ჩარეცხილი საკვები ელემენტების საერთო რაოდენობიდან 14,3-35,1 % Ca და 22,1-34,4 % Mg და კვლავ ჩაებნენ ბიოლოგიურ წრებრუნვაში.

მარილების ჩარეცხვა პირველ რიგში დამოკიდებულია ინფილტრირებული წყლის რაოდენობაზე, რომელიც მაშინ წარმოიქმნება, როცა ნიადაგში წყლის შემცველობა აღემატება მისი წყალშეკავების უნარს. მაშასადამე, ნიადაგში და სასუქში შემავალი საკვები ელემენტების დანაკარგები, პირველ რიგში დამოკიდებულია შემოსული წყლის რაოდენობაზე (ატმოსფერული ნალექები, სარწყავი წყალი) და ნიადაგის წყლის რეჟიმზე (ჩარეცხვითი, არაჩარეცხვითი). ამიტომ, საკვები ელემენტების მაქსიმალური რაოდენობით ჩარეცხვა ხდება ზამთარში და ადრე გაზაფხულზე, როცა ნიადაგში ხვდება ყველაზე მეტი რაოდენობით წყალი. ზაფხულში საკვები ელემენტები უმნიშვნელო რაოდენობით იკარგება, რადგან შემოსული ტენის მნიშვნელოვან რაოდენობას ითვისებენ მცენარეები, გადიდებულია აორთქლებაც, რის გამოც შემცირებულია ინფილტრატის რაოდენობა.

უხვნალექიან წლებში წარმოიქმნება დიდი რაოდენობით ინფილტრატი, რომელშიც დაბალია საკვები ელემენტების შემცველობა, მაგრამ საერთო დანაკარგები მაინც მაღალია. ფინეთში, საშემოდგომო ხორბლის ქვეშ, თიხა ნიადაგზე 373 მმ ნალექის მოსვლისას წარმოიქმნა 21 მმ ზედაპირული და 65 მმ დრენირებული წყალი, რომლებითაც გატანილი იქნა 4 და 25 კგ/ჰა N- NO<sub>3</sub>, აზოტის საერთო დანაკარგი შეადგენდა 30 კგ/ჰა. როცა ზედაპირული და დრენირებული წყლების რაოდენობა გაიზარდა 96 და 225 მმ, N- NO<sub>3</sub> ჩარეცხვითი დანაკარგებიც გადიდდა 5 და 43 კგ-მდე/ჰა-ზე. რწყვის დროს ნიადაგისა და სასუქით შეტანილი საკვები ელემენტების დანაკარგები ლაგდება შემდეგი კლებადი რიგის მიხედვით: Ca>Mg>K>NH<sub>4</sub>>NO<sub>3</sub>>HPO<sub>4</sub>. იუგოსლავიის მსუბუქ ნიადაგებზე, სუდანის ბალახის ქვეშ საშუალო წლიური ჩარეცხვითი დანაკარგი აღწევდა კგ /ჰა: Ca-1315; Mg- 704; K -1,2-7,4; NH<sub>4</sub>-N -1,56; NO<sub>3</sub> - N - 193; HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - 0,96 კგ/ჰა. იონჯას ქვეშ, მძიმე ნიადაგზე, დაახლოებით სასუქების იმავე ნორმების შეტანისას, მაქსიმალური დანაკარგი შეადგენდა Ca-800; Mg-79; K-2,4-2,7; NH<sub>4</sub>-N- 2,21; NO<sub>3</sub>- N-1,34; HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-1,48.

ნიადაგში გაჟონილი წყლის და მასთან ერთად ჩარეცხილი საკვები ელემენტების რაოდენობა დამოკიდებულია წვიმის სიძლიერესა და ხანგრძლივობაზე, წელიწადის დროზე, ნიადაგის თვისებებზე. როგორც წესი, რაც უფრო მსუბუქი მექანიკური შედგენილობისაა ნიადაგი, მით უფრო მეტი წყალი გაიჟონება. ჩებმა მეცნიერებმა დაამტკიცეს, რომ ქვიშნარ ნიადაგში ამიაკური ფორმის აზოტი მიგრაციას განიცდის



სამჯერ, ნიტრატული 1,5 - ჯერ მეტი რაოდენობით, ვიდრე მძიმე თიხნარებზე. ამასთან, ფოსფორიანი და კალიუმის სასუქების შეტანა ნიადაგში 1,8 - ჯერ ზრდის ამიაკური აზოტის მიგრაციას. გერმანიაში ერთნაირი რაოდენობით ნალექების შემთხვევაში (140-150მმ), ნიადაგის 100 სმ ფენიდან გამოირეცხებოდა ქვიშნარ ნიადაგზე 29%, თიხნარებზე 15 %, ტყის თიხნარებზე 16 % აზოტი. აზოტის ჩარეცხვითი დანაკარგი ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის მიხედვით მერყეობდა 18,7-38,1 კგ/ჰა ფარგლებში, აქედან სასუქის აზოტის ხვედრითი წილი მერყეობდა 6,0-15,5 %-ის ფარგლებში (ცხრ. 16).

აზოტის ძირითადი ნაწილი ჩაირიცხება ნიადაგის მარაგიდან. მისი სამმაგი ნორმის გამოყენებისას დანაკარგების 90% მოდის არა სასუქზე, არამედ ნიადაგის მარაგზე.

ჩები მეცნიერების მონაცემებით, ანეულზე 9-ჯერ მეტი აზოტი ჩაირეცხება, ვიდრე მცენარეებით დაკავებულ ფართობებზე. ამასთან, სასუქების გამოყენებისას იკარგება შეტანილი აზოტის თითქმის 91%. მაგალითად, გერმანიაში ანეულზე აზოტის ჩარეცხვითი დანაკარგი შეადგენდა 120 კგ/ჰა, სახნავზე 33 კგ/ჰა, ტყის ქვეშ 7 კგ/ჰა, ხოლო სამოვარზე – 5 კგ/ჰა. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით აზოტი იკარგება ვენახის ქვეშ და ბოსტნეული კულტურების მოყვანისას. სახნავზე უფრო მეტი რაოდენობით საკვები ელემენტები იკარგება. სათოხნი კულტურების ქვეშ – 34კგ/ჰა, მარცვლეული კულტურების ქვეშ უფრო ნაკლები – 22 კგ/ჰა. მრავალწლიანი ბალახების ქვეშ საკვები ელემენტების ჩარეცხვითი დანაკარგები მინიმალურია. სამოვარზე საშუალოდ წელიწადში იკარგება 5 კგ/ჰა აზოტი. თეთრი სამყურას ქვეშ 10 კგ/ჰა, ხორბლის ქვეშ – 60 კგ/ჰა, ბარდას ქვეშ – 90 კგ/ჰა აზოტი.

**ცხრ. 16. აზოტის დანაკარგი შაქრის ჭარხლის ქვეშ სხვადასხვა ნიადაგებზე**

ნიადაგი	აზოტის დანაკარგი		
	სულ	მათ შორის მინერალური სასუქიდან	
		კგ/ჰა	%-ით
ქვიშნარი	38,0	5,9	15,5
ტყის ნიადაგი	18,7	1,7	9,0
თიხნარი	31,1	2,0	6,5
თიხიანი	39,1	2,5	6,0

საკვები ელემენტების ჩარეცხვით დანაკარგებზე ასევე გავლენას ახდენს სასუქების, ფორმები, ნორმები, შეტანის ვადები, ხერხები და სხვ. გერმანიაში ანეულზე სიღნარ ნიადაგებზე ჩაირიცხებოდა 139კგ N, მინდვრის კულტურების ქვეშ – 49,0კგ, მრავალწლიანი ბალახების ქვეშ 5კგ. აზოტიანი სასუქების გამოყენებით ჩარეცხილი აზოტის რაოდენობა ანეულზე გაიზარდა 280კგ-ით; მინდვრის კულტურების ქვეშ 69 კგ-ით და მრავალწლიანი ბალახების შემთხვევაში, შედარებით უმნიშვნელოდ – 6 კგ-ით/ჰა-ზე.

სასუქის ჩარეცხვაში მთავარ როლს ასრულებს არა მისი რაოდენობა, არამედ მათი შეტანის ვადები და წყლის რეჟიმი. აზოტის 2/3 ჩაირეცხება ზამთარში, 1/3 გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში. კალიუმის დანაკარგის 60-70% ასევე ზამთარში წარმოებს. ამიტომ, არაეფექტურია სასუქის შეტანა მაქსიმალური ჩარეცხვის პერიოდში. აზოტი ადვილად ჩაირეცხება აზოტიანი სასუქების ნიტრატული ფორმებიდან, ვიდრე ამიდური და ამონიუმის ფორმებიდან.

აზოტიანი სასუქების ნორმების გადიდებისას ძლიერდება პროფილში არა მარტო აზოტის, არამედ ნიადაგის ფუმინისა და ფულვომჟავების, კალციუმისა და მაგნიუმის მიგრაცია. ამ პროცესს აძლიერებს ქლორიდების და სულფატების გამოყენებაც.

ფიზიკურად მჟავე სასუქების გამოყენება ადიდებს Ca და Mg დანაკარგებს. ქლორის შემცველი კალიუმის სასუქების გამოყენებით იზრდება Ca და Mg-ის შემცველობა ლიზიმეტრულ წყლებში. ამასთან, კალიუმის სასუქები ხელს უწყობენ ამიაკის შეკავებას, რის გამოც იცავენ მას ჩარეცხვისაგან.

### აზოტისა და გოგირდის ჩარეცხვა

ნიადაგში ნიტრიფიკაციის და სულფიკაციის პროცესები პარალელურად მიმდინარეობენ, რის გამოც ორივე ეს ელემენტი საკმაოდ მოძრავია და ექვემდებარება ჩარეცხვას.

აზოტის ჩარეცხვითი დანაკარგი, პირველ რიგში, დამოკიდებულია ნალექების რაოდენობაზე. გერმანიაში 374, 615 და 779 მმ ნალექის მოსვლისას სილნარ ნიადაგებზე ჩაირეცხებოდა 33; 41 და 56 კგ/ჰა აზოტი, თიხებზე 21; 23 და 42 კგ/ჰა.

რაც უფრო მსუბუქი მექანიკური შედგენილობისაა ნიადაგი, მით მეტი წყალი ჩაიჭონება პროფილში და მით მეტია აზოტის დანაკარგი. ჩეხოსლოვაკიაში აზოტიანი სასუქების სილნარ ნიადაგზე შეტანისას ირეცხებოდა 61 კგ/ჰა აზოტი, შავმიწებზე – 15 კგ/ჰა.

აზოტიანი სასუქი დიდი რაოდენობით ჩაირიცხება მცენარეებით დაუკავებელ ნაკვეთებზე. ანეულზე იკარგება შეტანილი სასუქის 91%, მრავალწლიანი ბალახების და სათიბ-სადოვრების ქვეშ დანაკარგები მცირდება 4%-მდე. სათოხნი კულტურების შემთხვევაში 11 % ტოლია.

აზოტიანი სასუქები წყალში კარგად იხსნება, რის გამოც ადვილად გადაადგილდება პროფილში. აზოტის მიგრაცია წარმოებს ნიტრატების, ნიტრიტების, წყალხსნადი ამიაკისა და აზოტის ორგანული შენაერთების სახით. ჩარეცხილი აზოტის 80-90% მოდის ნიტრატული ფორმის აზოტზე. ამიაკური აზოტი შთაინთქმება თიხა-მინერალებისა და მიკროორგანიზმების მიერ, ამიტომ მისი ჩარეცხვა შეიძლება მოხდეს მხოლოდ ჭარბი რწყვის პირობებში, მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებზე და სასუქების ინტენსიური გამოყენების პირობებში.

მინერალური სასუქების შეტანა ზრდის აზოტის გამორეცხვას ნიადაგიდან. გაუნოყიერებელ თიხა ნიადაგზე ჩაირიცხება 3,9 კგ N, თიხნარზე – 3,8 კგ/ჰა. სასუქების ინტენსიური გამოყენებისას აზოტის ჩარეცხვა იზრდება 15,0 და 41,0 კგ-მდე/ჰა-ზე.

აზოტიანი სასუქების მაღალი ნორმების სისტემატიური გამოყენება, როგორც წესი, იწვევს ინფილტრატში აზოტიანი შენაერთების კონცენტრაციის გადიდებას. ბულგარეთში, ტყის ყავისფერ ნიადაგზე, აზოტ-ფოსფორიანი სასუქების მაღალი ნორმების შეტანისას, ინფილტრატში აზოტის შემცველობა 2,5-3-ჯერ გაიზარდა საკონტროლო ვარიანტთან შედარებით. გერმანიის ტყის ნიადაგებზე აზოტიანი სასუქების N<sub>100-160</sub> ნორმით შეტანისას ანეულის ინფილტრატში N-NO<sub>3</sub> შემცველობა 220 მგ/ლ შეადგენდა. მცენარეებით დაკავებულ ფართობებზე – 31 მგ/ლ. ფოსფორ-კალიუმის სასუქების ფონზე აზოტიანი სასუქების შეტანისას ინფილტრატში დაბალი იყო ნიტრატების კონცენტრაცია, ვიდრე ცალკე აზოტიანი სასუქების გამოყენებისას. ამ შემთხვევაში ნიტრატების კონცენტრაცია ანეულზე 214 მგ/ლ შეადგენდა, მცენარეებით დაკავებულ ფართობზე - 26 მგ/ლ-ში.

ამერიკელი მეცნიერების მონაცემებით, ჩარეცხვითი დანაკარგები იზრდება სასუქების ნორმების გადიდებით არა მარტო სასუქიდან, არამედ ნიადაგიდანაც. აზოტიანი სასუქის 250, 500 და 900 კგ/ჰა N შეტანისას ჩაირეცხებოდა 0,14; 3,1 და 18,1%,

რაც საერთო ჩარეცხვითი დანაკარგის 9,0; 39,0 და 79,0% შეადგენდა. NPK ფონზე კირის შეტანისას ჩარეცხვითი დანაკარგი არ შეცვლილა.

ჩარეცხვითი დანაკარგები განსხვავებულია აზოტიანი სასუქების ფორმების მიხედვით. ყველაზე მცირე რაოდენობით ნიტრატული აზოტი ჩაირიცხება აზოტიანი სასუქების ციანამიდური ფორმებიდან, შემდეგ მოდის ამიდური და ამიაკური ფორმები, ყველაზე მეტი რაოდენობით აზოტი იკარგება ნიტრატული ფორმის სასუქებიდან. ჩარეცხვითი დანაკარგებისადმი უფრო მდგრადია ურეა ფორმები. მათთან შედარებით ამონიუმის გვარჯილის აზოტი ( $\text{NH}_4^+$  და  $\text{NO}_3^-$ ) ირეცხება 12-ჯერ უფრო სწრაფად, კომპლექსური სასუქების აზოტიც 10,6-ჯერ უფრო სწრაფად გადაადგილდება.

ყველაზე მეტი რაოდენობით აზოტი ჩაირეცხება სასუქების შემოდგომით შეტანისას. გერმანიაში ხორბლის კულტურის ქვეშ 37 მინდვრის ცდის მონაცემებით, კირიანი ამონიუმის გვარჯილის შეტანისას აზოტის დანაკარგი ნიადაგის 0-60სმ ფენიდან შეადგენდა 43%, 100 სმ ფენიდან – 20%. ყველაზე მეტი რაოდენობით აზოტი იკარგებოდა სექტემბერში შეტანისას, უფრო ნაკლები – ოქტომბერში, შემდეგ ნოემბერში. ყველაზე ნაკლები კი – დეკემბერში.

რუსი მეცნიერების გამოკვლევებით, კორდიან ეწერ ნიადაგზე აზოტიანი სასუქების ადრეულ ვადებში შეტანისას, აზოტის გამოყენების კოეფიციენტი მცირე იყო – 36,3%, ხოლო ამ ელემენტის ჩარეცხვითი და აქროლებითი დანაკარგები დიდი – 46,3%, რაც მცენარის ინტენსიური ზრდის პერიოდში მათის თვეში შეტანასთან შედარებით, მნიშვნელოვნად, 16,9 % მეტია.

აზოტიანი სასუქების მობნევით შეტანისას მცენარეები იყენებენ შეტანილი სასუქების ნახევარზე ნაკლებს, მისი მესამედი იკარგება ნიადაგიდან. ლოკალურად შეტანისას დანაკარგები მცირდება 1,4-3,3-ჯერ. სასუქების 30 სმ სიღრმეზე ჩაკეთებისას, მობნევით შეტანასთან შედარებით დანაკარგები მცირდება 2,4-ჯერ.

გოგირდი, როგორც ერთ-ერთი ძირითადი ბიოგენური ელემენტი, თავისი გარდაქმნის ხასიათით წააგავს აზოტს. უკანასკნელ პერიოდში მიწათმოქმედებაში შეიმჩნევა ამ ელემენტის დეფიციტი, რაც დაკავშირებულია მის ინტენსიურ გამორეცხვასთან. გოგირდი ძირითადად გამოირეცხება სულფატონის სახით. ბარიუმის, სტრონციუმის, ალუმინის და რკინის უხსნადი სულფატები პრაქტიკულად არ გამოირეცხება ნიადაგიდან. ნატრიუმის, კალიუმის, მაგნიუმის და სხვა ხსნადი სულფატები ადვილად ექვემდებარებიან მიგრაციას და ჩაირეცხებიან ნიადაგის ქვედა ჰორიზონტში.

ჩრდილოეთ ევროპაში სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან ყოველწლიურად იკარგება დაახლოებით 60კგ გოგირდი. ეს ელემენტი ყველაზე მეტი რაოდენობით ჩაირეცხება მცენარეებით დაუკავებელ ანეულზე. განსაკუთრებით დიდია მისი დანაკარგი ნეიტრალურ ნიადაგზე, სადაც გრუნტის წყლებში ჩაირეცხება 100 კგ/ჰა მეტი  $\text{SO}_4$ , მრავალ შემთხვევაში ინფილტრატში მეტი რაოდენობით გოგირდია, ვიდრე სასუქით იქნა შეტანილი, რაც მიუთითებს ატმოსფეროდან ნიადაგში მის ჩარეცხვაზე. ნალექებით ნიადაგში შეიძლება მოხდეს 13-დან 45კგ-მდე გოგირდი, სამრეწველო დაწესებულებებიდან – 160კგ და მეტიც.

განოყიერებული ნაკვეთებიდან აღებული ლიზიმეტრული წყლები შეიცავენ უფრო მეტი რაოდენობით გოგირდს, ვიდრე გაუნოყიერებელი ნაკვეთებიდან აღებული. მისი რაოდენობა ინფილტრატში იზრდება სასუქების ნორმების გადიდებისას. ბულგარეთში გაუნოყიერებელი ნაკვეთის ლიზიმეტრულ წყლებში გოგირდის კონცენტრაცია შეადგენდა 37,2 მგ/ლ,  $\text{N}_{110}\text{P}_{70}$  შეტანისას 48,3მგ/ლ,  $\text{N}_{210}\text{P}_{130}$  შემთხვევაში 61,6 მგ/ლ.

კირის შეტანა რამდენჯერმე ადიდება გოგირდის მიგრაციას ნიადაგის სახნავ ფენაში. ღია რუხ ნიადაგზე NPK შეტანისას გოგირდის დანაკარგი შეადგენდა 7-56 კგ/ჰა. NPK და კირის შეტანისას 7-75 კგ/ჰა.

### ფოსფორისა და კალიუმის ჩარეცხვა

ნიადაგის სახნავი ფენიდან ფოსფორის ჩარეცხვა წელიწადში მერყეობს 0,2კგ-დან რამდენიმე კგ/ჰა-მდე. არაშავმიწა ნიადაგების ზონაში მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებზე ფოსფორი საერთოდ არ ჩაირეცხება გრუნტის წყლებში. მსუბუქ ქვიშნარ ნიადაგზე ჩარეცხვითი წყლის რეჟიმის დროს შესაძლებელია მისი ჩარეცხვა. ფოსფორის დანაკარგმა ფოსფორიანი სასუქების მაღალი ნორმების გამოყენებისას შეიძლება შეადგინოს 10-15 კგ/ჰა.

ჩეხოსლოვაკიაში ფოსფორის წლიური ჩარეცხვითი დანაკარგი არ აღემატება 2-3 კგ/ჰა. აქედან მხოლოდ 5-10% შეტანილი ფოსფორიანი სასუქის ფოსფორი.

ფოსფორიანი სასუქების გამოყენება გავლენას არ ახდენს ფოსფორის ჩარეცხვაზე. გერმანელი მეცნიერების ლიზიმეტრული გამოკვლევებით, მხოლოდ ძალიან მაღალი ნორმების N<sub>1000</sub>P<sub>800</sub>K<sub>1500</sub> ანეულზე შეტანისას შეინიშნებოდა მისი შემცველობის რამდენადმე გადიდება ინფილტრატში. მდინარე ვისლის ჭალის ალუვიურ ნიადაგზე ორმაგი სუპერფოსფატის გადიდებული ნორმის P<sub>180</sub> შეტანისას NK ფონზე ფოსფატიონის H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> კონცენტრაცია შეადგენდა A<sub>0,30</sub>Mგ/ლ, Lრაც 0,12 -0,14 გ/ლ მეტი იყო ფოსფორიანი სასუქების დაბალი ნორმების შეტანასთან შედარებით.

კალიუმი ჩაირეცხება უფრო მეტი რაოდენობით, ვიდრე ფოსფორი, რაც აიხსნება ნიადაგში მისი მაღალი შემცველობით და მაღალი გადაადგილების უნარით. ის გამოირეცხება წყალხსნადი და გაცვლითი ფორმით. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით კალიუმი გამოირეცხება ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ნიადაგებზე, სადაც ის პრაქტიკულად არ კავდება ორგანული ნივთიერებების მიერ. კალიუმის ფიქსაციას აწარმოებენ თიხა მინერალები: ილიტი, ვერმიკულიტი და მონტმორილონიტი, რომელთაც გააჩნიათ მაღალი მუხტი და იცავენ მას ჩარეცხვისაგან. კალიუმის ნიადაგიდან ჩარეცხვაში მთავარ როლს ასრულებენ ნიადაგის თვისებები, მექანიკური შედგენილობა, ჰუმუსის შემცველობა, კალიუმის მარაგი და მისი გადაადგილების უნარი, მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა.

პოლონეთში სხვადასხვა მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებზე ჩატარებული ცდებიდან ჩანს, რომ დრენირებულ წყლებში კალიუმის შემცველობა 5-130 კგ/ჰა ფარგლებში მერყეობს. მსუბუქ ნიადაგებზე ჩაირეცხებოდა შეტანილი ნორმის 24-67%, მსუბუქ თიხებზე – 3-22%, მძიმეზე – 2-15%. კალიუმის დანაკარგი მეტია ანეულზე, ვიდრე მრავალწლიანი ბალახების ქვეშ. მინერალური სასუქების გამოყენება არავითარ გავლენას არ ახდენს ინფილტრატში კალიუმის შემცველობაზე.

გერმანიაში კალიუმიანი სასუქების შეტანის გარეშე ინფილტრატში მისი შემცველობა 0,24 მგ/ლ შეადგენდა. K<sub>120-240</sub> შეტანისას 0,26 მგ/ლ, ნაკელისა და კალიუმიანი სასუქების გამოყენებისას – 0,36 მგ/ლ. აზოტისა და მინერალური სასუქების ანეულზე შეტანა არავითარ გავლენას არ ახდენს ინფილტრატში კალიუმის შემცველობაზე.

## კალციუმის, მაგნიუმის მიკროელემენტებისა და სასუქების სხვა კომპონენტების ჩარეცხვა

**კალციუმი.** ლიზიმეტრული და დრენირებული წყლების შემადგენლობაში, ყველა კათიონს კალციუმი ჭარბობს. მისი ყოველწლიური დანაკარგი ფართო ფარგლებში მერყეობს და დამოკიდებულია მთელ რიგ გარემო ფაქტორებზე, პირველ რიგში ნიადაგში საერთო და გაცვლითი კალციუმის შემცველობასა და ნალექების რაოდენობაზე.

ჩეხოსლოვაკიის მუავე ნიადაგზე საშუალოდ ირეცხება 21,3-43,0კგ კალციუმი, კარბონატულ ნიადაგზე 300 კგ/ჰა. სასუქების შეტანა ზრდის კალციუმის დანაკარგებს. უსასუქო ვარიანტზე წელიწადში იკარგებოდა 69,6 კგ/ჰა კალციუმი NPK შეტანისას – 102,2 კგ/ჰა.

მრავალწლიანი მონაცემები ადასტურებენ, რომ მოკირიანებისას იზრდება Ca ჩარეცხვითი დანაკარგები, განსაკუთრებით მსუბუქ ნიადაგზე. ღია რუხ ნიადაგებზე ამ ელემენტის დანაკარგი შეადგენდა 101-225 კგ/ჰა, კირის შეტანისას 239-293 კგ/ჰა. სასუქებისა და კირის დოზების გადიდებისას მკვეთრად იზრდება კალციუმის ჩარეცხვა. მაგალითად, ჩეხოსლოვაკიის გაუნოყიერებელ და მოუკირიანებელ ტყის რუხ ნიადაგებზე წელიწადში საშუალოდ ჩაირეცხება 96 კგ/ჰა  $Ca^{2+}$ ; 300 კგ NPK და 800 კგ Ca (კირის) შეტანისას 168 კგ/ჰა. 600კგ NPK და 2000კგ Ca გამოყენებისას – 243კგ Ca.

კალციუმის ჩარეცხვითი დანაკარგი მცირდება მცენარეული საფარის ქვეშ. ყველაზე დიდი რაოდენობით იკარგება სუფთა ანეულზე, თესლბრუნვაში დანაკარგი მცირდება 42%-მდე, მრავალწლიანი ბალახების ქვეშ – 35%-მდე.

**მაგნიუმი.** მაგნიუმი ნიადაგიდან გამოირეცხება 10-ჯერ ნაკლები რაოდენობით, რაც განპირობებულია არა მარტო იმით, რომ ის მცირე რაოდენობითაა შთანთქმული ფუძეების შემადგენლობაში, არამედ იმითაც, რომ მას ენერგიულად ითვისებენ მცენარეები. სასოფლო-სამეურნეო კულტურებით დაკავებული ნაკვეთების ლიზიმეტრულ წყლებში მაგნიუმის შემცველობა 30 მგ/ლ, სუფთა ანეულის ლიზიმეტრულ წყლებში – 50 მგ/ლ.

მაგნიუმის ჩარეცხვით დანაკარგზე არსებით გავლენას ახდენენ მინერალური სასუქები. ახალ ზელანდიაში მსუბუქ ნიადაგებზე განვითარებულ სამოვრებზე  $N_{110}P_{70}$  და  $N_{210}P_{130}$  გამოყენებისას, მაგნიუმის დანაკარგი, საკონტროლოსთან შედარებით 66 და 81% გაიზარდა. ჩეხოსლოვაკიაში ქლორის შემცველი კალიუმის სასუქების გამოყენებამ ინფილტრატში გაადიდა მაგნიუმის შემცველობა.

კირი ზოგიერთ შემთხვევაში ადიდებს ინფილტრატში მაგნიუმის შემცველობას, ზოგჯერ კი – ამცირებს.

მინერალური სასუქების გამოყენება მნიშვნელოვნად ადიდებს კალციუმისა და მაგნიუმის დანაკარგებს, რომელთა არადეფიციტური ბალანსის შესაქმნელად აუცილებელია კალციუმისა და მაგნიუმის შემცველი სასუქების გამოყენება. დანაკარგების შესამცირებლად აუცილებელია ნიადაგის ორგანული ნივთიერებით გამდიდრება და ისეთი სასუქების გამოყენება, რომლებიც ადიდებენ ფუძეებით მამღრობის ხარისხს.

**ქლორი.** ქლორს უმნიშვნელო რაოდენობით აკავებს ნიადაგი. 60კგ  $K_2O$  შემცველი კალიუმის სასუქის შეტანისას მცენარე შეითვისებს 10კგ Cl-ს, დანარჩენი 50კგ ჩაირეცხება გრუნტის წყლებში.

ჩეხოსლოვაკიაში კალიუმის სასუქებით სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე შეაქვთ საშუალოდ 65კგ Cl, მოსავლით გამოიტანება 11 კგ/ჰა, ხოლო ჩაირეცხება 105კგ ბალანსური სხვაობა იფარება ატმოსფერული ნალექებით შემოტანილი Cl-ით.

ქლორის ჩარეცხვაზე არსებით გავლენას ახდენს ამ ელემენტის შემცველი კალიუმისანი სასუქების გამოყენება. აზოტიანი, ფოსფორიანი და კალიუმისანი სასუქების სულფატური ფორმები არსებით გავლენას არ ახდენენ ლიზიმეტრულ წყლებში ქლორის შემცველობაზე და საერთო გამორეცხვით დანაკარგზე.

ქლორის გამორეცხვა სასარგებლოა, რადგან ეს ელემენტი ქლორის შემცველ კალიუმისანი სასუქებთან ერთად, დიდი რაოდენობით ხვდება ნიადაგში ატმოსფერული ნალექებით და მკვეთრად აუარესებს ქლორისადმი მგრძობიარე კულტურების ზრდა-განვითარებას, მოსავლიანობას და პროდუქციის ხარისხს.

**ნატრიუმი.** ნიადაგში შთანთქმული ნატრიუმის შემცველობა არც ისე დიდია და შთანთქმული ფუძეების ჯამის 1-2% შეადგენს, მაშინ, როცა ბიც და ბიცობ ნიადაგებში 20% და ზოგჯერ 60-75% აღწევს. ნიადაგების ტიპების მიხედვით, ნატრიუმის ჩარეცხვითი დანაკარგები 2-დან 15-70 კგ/ჰა ფარგლებშია წელიწადში.

**მიკროელემენტები.** მიკროელემენტები ნიადაგის სახნავი ფენიდან ან საერთოდ არ იკარგება, ან მცირე რაოდენობით ჩაირეცხება. ჩეხოსლოვაკიელი მეცნიერების მონაცემებით ბორის საშუალო დანაკარგი 0,1-0,25 კგ/ჰა, მანგანუმის 0,1-1,0 კგ/ჰა, სპილენძის 0,01-0,05 კგ/ჰა. გამონაკლისს წარმოადგენს მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგები, სადაც დიდი რაოდენობით ნალექების მოსვლის დროს (600მმ და მეტი) ხდება ყველა ელემენტის, მათ შორის მიკროელემენტების ჩარეცხვაც. უკრაინის კორდიან ეწერი ნიადაგის 0-100 სმ ფენიდან ფილტრირებული წყლით უსასუქო ვარიანტიდან ჩაირეცხებოდა Mn 35 გ/ჰა, Cu 4,4 გ/ჰა, Co 0,7 გ/ჰა, F 50,6 გ/ჰა, კირის ფონზე მინერალური ქების N<sub>180</sub>P<sub>160</sub>K<sub>360</sub> შეტანისას Mn ჩარეცხვითი დანაკარგი თითქმის ოთხჯერ გაიზარდა და 134 გ/ჰა შეადგინა, თუთიის დანაკარგი 27გ-მდე გაიზარდა ჰა-ზე. სხვა ელემენტების ჩარეცხვითი დანაკარგი თითქმის არ განსხვავდებოდა უსასუქო და კირის ცალკე შეტანის ვარიანტთან შედარებით. ფონი + ნაკელი 60 ტ/ჰა და ფონი + ნაკელი 60 ტ/ჰა+ N<sub>180</sub>P<sub>160</sub>K<sub>360</sub> ერთობლივი შეტანისას, თუთიის გამოკლებით თითქმის ერთნაირი რაოდენობით მიკროელემენტები ჩაირეცხებოდა (ცხრ. 17).

**ცხრ. 17. მიკროელემენტების ჩარეცხვითი დანაკარგი**

ცდის ვარიანტები	Mn	Zn	C u	Co	Co
უსასუქო კირი 1,0 ჰიდრ.	35,0	არ განს.	4,4	0,7	50,6
მჟავ.ეკვ./ფონი/	26,0	არ განს.	7,1	0,0	არ განსაზ.
ფონი + N <sub>180</sub> P <sub>160</sub> K <sub>360</sub>	134,0	27,0	7,7	1,0	55,0
ფონი + ნაკელი 60ტ/ჰა	102,0	28,0	7,7	0,0	არ განსაზ.
ფონი+ ნაკელი 60ტ/ჰა+ N <sub>180</sub> P <sub>160</sub> K <sub>360</sub>	99,0	10,0	6,3	0,0	არ განსაზ.

### აზოტის აქროლებითი დანაკარგები

სასუქიდან აზოტის გაზისებრი ფორმით დანაკარგი შეადგენს 10-50% და ძირითადად დაკავშირებულია დენიტრიფიკაციის, ამონიფიკაციის და ნიტრიფიკაციის პროცესებთან. ნიადაგიდან ატმოსფეროში შეიძლება გამოიყოს აზოტის ქვეყანგი, ჟანგი, ორჟანგი, ამიაკი და მოლეკულური აზოტი.

ნიადაგიდან აზოტის გაზისებრი ფორმით გამოყოფა დამოკიდებულია ნიტრიფიკაციის ინტენსივობაზე. ამ პროცესის შედეგად წარმოქმნილი ნიტრატები და ნიტრიტები ექვემდებარებიან აღდგენას დენიტრიფიკაციის და ჰემოდენიტრიფიკაციის ბაქტერიებით, რომელიც წარმოებს მჟავე ნიადაგზე. დენიტრიფიკაციით აზოტის დანაკარგი საკმაოდ მაღალია და შეადგენს 11-12 კგ/ჰა.

დენიტრიფიკაციით აზოტის გაზისებრი ფორმით დანაკარგი ბევრად აჭარბებს აზოტის გაზისებური დანაკარგების ყველა წყაროს, მათ შორის ამიაკური ფორმის დანაკარგს, რომელმაც აზოტიანი სასუქების ზედაპირული შეტანისას და არადროული ჩაკეთებით შეიძლება შეადგინოს 20-30%; სასუქების გამოყენების ტექნოლოგიის დაცვა ხელს უწყობს ამიაკის დანაკარგის 2-7%-მდე შემცირებას.

ნიადაგში აზოტის გაზისებრი ფორმით დანაკარგი დამოკიდებულია ჰაერაციაზე, ტენიანობაზე, ტემპერატურაზე, არეს რეაქციაზე და სხვა ფაქტორებზე, რომლებიც განსაზღვრავენ გაზისებრი ფორმის დანაკარგების რაოდენობას და შედგენილობას.

აზოტის გაზისებრი ფორმის დანაკარგები საგრძნობლად დიდია აერობულ პირობებში, არათანაბარი და ცვალებადი ტენიანობის მქონე ნიადაგებზე. მიჩიგანის უნივერსიტეტის თანამშრომლებმა, ნიშანდებული აზოტის გამოყენებით ჩატარებული ცდებით დაადგინეს, რომ აზოტის გაზისებრი დანაკარგები მნიშვნელოვნად მცირდება ნალექების რაოდენობის და ნიადაგის ტენიანობის გადიდებით. ძლიერი წვიმების დროს დანაკარგები შეტანილი აზოტის 12,1%-ს შეადგენდა, საშუალო რაოდენობით ნალექების მოსვლისას – 22,3%, მცირე წვიმის დროს – 38,7%.

მაღალი მჟავიანობისა და დაბალი გაცვლითი უნარის მქონე ნიადაგებზე უფრო დაბალია აზოტის გაზისებრი ფორმით დანაკარგი, ვიდრე ნეიტრალურ და მასთან მიახლოებული მჟავიანობის მქონე ნიადაგებზე. ავსტრალიის კარბონატულ ნიადაგზე უწყლო ამიაკის შეტანიდან 30 დღის შემდეგ, აზოტის დანაკარგი 6,9 PH მაჩვენებლის დროს, ტოლი იყო 48 გ/ჰა-ზე, PH 7,5 დროს – 54გ, ხოლო PH 8,5 – 70გ.

სასუქიდან აზოტის გაზისებრი ფორმის დანაკარგი დამოკიდებულია ნიადაგის თვისებებზე. კორდიან ეწერ ნიადაგზე დანაკარგი 1,5-ჯერ მაღალია, ვიდრე ტყის რუხ და შავმიწა ნიადაგებზე, რაც განპირობებულია კორდიან ეწერ ნიადაგზე ამ ელემენტის დაბალი გამოყენების კოეფიციენტით და მათი უფრო მოძრავი შენაერთების ფორმაში დამაგრებით, რომლებიც ადვილად მინერალიზდებიან ვეგეტაციის მეორე ნახევარში ჰემოდენიტრიფიკაციისათვის უფრო ხელსაყრელი პირობების გამო (მჟავე რეაქცია, მაღალი მჟავიანობა, არასაკმარისი აერაცია.)

აზოტის გაზისებრი შენაერთების დანაკარგები დამოკიდებულია სასუქების ნორმებზე, დოზებზე, ფორმებზე, ჩაკეთების სიღრმეზე.  $N_{100}$  შეტანისას საერთო გაზისებრი ფორმით დანაკარგი შეადგენდა 4,6:  $N_{200}$  - 12,6;  $N_{400}$  - 42,8კგ/ჰა-ზე.

ყველაზე მაღალი დანაკარგი აღინიშნება ნიტრატული ფორმის სასუქების შეტანისას, შემდეგ მოდის შარდოვანა, ამონიუმის სულფატი და ამონიუმის ქლორიდი. ამონიუმის გვარჯილიდან ყველაზე მაღალი დანაკარგი აიხსნება იმით, რომ ამ სასუქიდან დანაკარგი ხდება როგორც  $NH_3$  აქროლებით, ისე  $NO_3^-$  და  $NO_2$  აღდგნით დენიტრიფიკატორი ბაქტერიებით, თანაც ორივე პროცესი შეიძლება წარმართოს ერთდროულად, რის გამოც დანაკარგების ჯამი კიდევ უფრო იზრდება. მისი საგრძნობი მატება შეიმჩნევა კარბონატულ ნიადაგებზე.

აზოტის აქროლებით დანაკარგებზე არსებით გავლენას ახდენს სასუქების ჩაკეთების სიღრმე. 15 სმ ჩაკეთებისას დანაკარგები თითქმის ორჯერ ნაკლებია, ვიდრე 5სმ ჩაკეთებისას, რაც აიხსნება ამ ფენაში ნიტრიფიკაციის პროცესის ნაკლები ინტენსივობით წარმართვით და გაზისებრი აზოტის დიდი რაოდენობით შთანთქმით. სასუქების 20-30 სმ

ჩაკეთებისას, კიდევ უფრო მცირდება აზოტის აქროლებითი დანაკარგები, მაგრამ მისი ნაწილი ექცევა ფესვთა სისტემის ცხოველყოფილობის ფენის ქვემოთ და ვერ გამოიყენება მცენარეთა მიერ.

აზოტის გაზისებრი ფორმის დანაკარგის მეტი წილი მოდის დენიტრიფიკაციის პროცესზე, ზამთრის დასასრულსა და მაისის დასაწყისში. თოვლის დნობის შემდეგ, მიუხედავად დაბალი ტემპერატურისა, განსაკუთრებით მაღალია დენიტრიფიკაციის სიჩქარე. ამ პერიოდში აზოტიანი სასუქიდან N-NO<sub>3</sub> იმობილიზაცია 15-50% ფარგლებში მერყეობს. ნიადაგის აზოტი უმნიშვნელო რაოდენობით იკარგება.

აზოტიანი სასუქების გამოყენებისას N<sub>2</sub>O გაძლიერებული გამოყოფა იწყება შეტანიდან 9-12 დღის შემდეგ, ამასთან, დენიტრიფიკაციით დანაკარგი იზრდება სასუქების ნორმების გადიდებით. უწყლო ამიაკის N<sub>220</sub> კგ/ჰა ნორმით გამოყენებისას, N<sub>2</sub>O დანაკარგი ორჯერ აღემატებოდა N<sub>110</sub> შეტანის დროს დაფიქსირებულ დანაკარგს. ავსტრალიის კარბონატულ ნიადაგზე გაუნყოფიერებელი ნაკვეთიდან ძალზე მცირე რაოდენობით ხდება N<sub>2</sub>O აქროლება და ერთ დღელამეში 1,1-1,6 გ/ჰა შეადგენს, 29 დღის შემდეგ – 34 გ/ჰა. აზოტიანი სასუქის N<sub>140</sub> გამოყენებისას დანაკარგი ორჯერ გაიზარდა და 71 გ/ჰა შეადგინა, რაც შეტანილი ნორმის 0,05 %-ზე ნაკლებია. უწყლო ამიაკის N<sub>200</sub> ნორმით შეტანისას სეზონური დანაკარგი შეტანილი აზოტის 1,3 % შეადგენდა. ამავე სასუქის N<sub>220</sub> კგ/ჰა ნორმით გამოყენებისას შეტანიდან 96 დღის შემდეგ – 4,0-6,8 % ტოლი იყო.

დენიტრიფიკაციით აზოტის დანაკარგზე გავლენას ახდენენ აზოტიანი სასუქების ფორმები. მაქსიმალურ დანაკარგს ადგილი აქვს ნიტრატული ფორმის სასუქების შეტანისას, რადგან N-NO<sub>3</sub> სწრაფად განიცდის დენიტრიფიკაციას. ყველა ნიადაგზე შარდოვანადან იკარგება უფრო ნაკლები რაოდენობით აზოტი, ვიდრე ამონიუმის გვარჯილის შემთხვევაში, რომლიდანაც დანაკარგი შეადგენდა 41-59%, ამონიუმის ქლორიდიდან დანაკარგი შავმიწებზე 3,2-ჯერ ნაკლები იყო, ტყის რუხ ნიადაგებზე 2,2-ჯერ, კორდიან ეწერ ნიადაგებზე – 1,3-ჯერ ნაკლები.

ამიაკის აქროლება ნიადაგიდან წარმოებს ამონიუმის სულფატის დაშლის და შარდოვანას ჰიდროლიზის შემდეგ. ამერიკელ მეცნიერთა მონაცემებით, შარდოვანას შეტანის შემდეგ აზოტის დანაკარგი კარბონატულ ტენიანი ნიადაგის ზედაპირიდან 45% აღწევს. დანაკარგების ოდენობა დამოკიდებულია ტენიანობაზე, მჟავიანობაზე, ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობაზე, სასუქების ნორმებზე, დოზებზე, ფორმებზე, შეტანის ვადებსა და ხერხებზე.

ამიაკის გაზისებრი ფორმის მაქსიმალური დანაკარგი აღინიშნება ნიადაგის ზედაპირზე ტენიანობის იმდენად გადიდებისას, რომელიც საკმარისი იქნება შარდოვანას ჰიდროლიზისათვის. ეს პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს 80-95% ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის დროს, ანუ ყოველ სამ დღეში 3 მმ ნალექის მოსვლისას. ნიადაგის ტენიანობის და ნალექების რაოდენობის გადიდებისას, NH<sub>3</sub> გამოყოფა მცირდება. ამერიკელი მეცნიერების მონაცემებით მშრალ ამინდში 180 საათის განმავლობაში, გაზისებრი ფორმით დანაკარგი შეადგენდა 25%, 16 მმ ნალექის დროს – 10%, 24 მმ ნალექის დროს დანაკარგი მცირდებოდა.

სუსტ მჟავე არეს რეაქციის ნიადაგებზე ამიაკის აქროლებითი დანაკარგი ბევრად ნაკლებია, ვიდრე კარბონატულზე. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებზე უფრო დიდია, ვიდრე მსუბუქზე.

ამიაკის აქროლებაზე გავლენას ახდენს ქარის სიჩქარე. სასუქების შეტანის მომენტში ძლიერი ქარების დროს დანაკარგები ნაკლებია, ხოლო როცა ქარის სიჩქარე 1,74 მ/წმ შეადგენდა, აზოტის დანაკარგმა სასუქიდან 19% შეადგინა, 3,4 მ/წმ სიჩქარის დროს – 7,5%.



აზოტის ნორმის გადიდებით  $\text{NH}_3\text{N}$  აქროლებითი დანაკარგი იზრდება. PK ფონზე შარდოვანას 18,4 გ/მ<sup>2</sup> გამოყენებისას დანაკარგი შეადგენდა 4,2%, შარდოვანას ნორმის ორჯერ გადიდებით 36,8 გ/მ<sup>2</sup> -ზე, დანაკარგი 32,4%-მდე გაიზარდა.

ამიაკის აქროლებითი დანაკარგიც დამოკიდებულია აზოტიანი სასუქების ფორმებზე. ამერიკელი მეცნიერების მონაცემებით, კარბონატულ ნიადაგზე სუდანის ბალახის მოყვანის დროს, ამონიუმის სულფატის შეტანისას, ამიაკის აქროლებითი დანაკარგი შეადგენდა 80,3%, შარდოვანას შემთხვევაში, 68,9%, ამონიუმის ქლორიდიდან – 47,5 %. (ცხრ. 18.)

**ცხრ. 18. ამიაკის დანაკარგი % --ით შეტანილი სასუქებიდან ნიადაგის ტენიანობასთან დამოკიდებულებით**

სასუქის დასახელება	ნიადაგის ტენიანობა %-ით		
	25	50	75
ამონიუმის სულფატი	5,95	5,0	3,1
ამონიუმის გვარჯილა	2,75	1,15	1,05
შარდოვანა	3,15	2,50	2,1

### საკვები ელემენტების დანაკარგების წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებები

ინტენსიური მიწათმოქმედების პირობებში, საკვები ელემენტების დანაკარგების წინააღმდეგ ბრძოლა შედის ბუნებრივი რესურსების დაცვის გლობალურ პრობლემაში. სოფლის მეურნეობაში საკვები ელემენტების დანაკარგების შემცირების ღონისძიებათა სისტემაში მთავარ როლს ასრულებს იმ იაფფასიანი აგროტექნიკური ღონისძიებების განხორციელება, რომელიც უზრუნველყოფენ ნიადაგიდან და სასუქებიდან ეროზიული, ჩარეცხვითი და აქროლებითი პროცესების შედეგად დანაკარგების შემცირებას.

ნიადაგდაცვით და ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებებში შედის ნიადაგის რაციონალური ტექნოლოგიით მინიმალური და ნულოვანი დამუშავება ნიადაგის ზედაპირზე მცენარეული ნარჩენების შენარჩუნებით, კონტურული და ზოლოვანი დამუშავება, დატერასება, ნიადაგდამცავი კულტურების და ბალახების თესვა, სასუქების ოპტიმალური ნორმების, დოზების გამოყენება, შეტანის ვადებისა და ხერხების და წესების დაცვა და სხვ. დახრილ ნაკვეთებზე საკვები ელემენტების დანაკარგების თავიდან ასაცილებლად, საჭიროა ნიადაგის დამუშავების ყველა სახე და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების თესვა ჩატარდეს დახრილობის გასწვრივ. ეს ღონისძიებები მთლიანად აგვაცილებს თავიდან ნიადაგის და საკვები ელემენტის დანაკარგებს 4-5<sup>0</sup> დახრილობის მქონე ფერდობების ეროზირებულ და სუსტად ეროზირებულ ნიადაგებზე. ძლიერ ეროზირებულ ნიადაგებზე მათი გატარება მართალია ამცირებს დანაკარგებს, მაგრამ გარდიგარდმო დამუშავება იწვევს წყლის შეგუბებას, რის გამოც კიდევ უფრო იზრდება ჩარეცხვისა და გადარეცხვის პროცესები. ასეთი რელიეფის პირობებში ნიადაგის მოხვნა, კულტივაცია, აოშვა, დადისკვა და რიგთაშორისების დამუშავება უნდა ჩატარდეს ზედაპირული ჩამონადენების მიმართულებით ე.ი. ჰორიზონტალურად.

ეროზიისაგან ნიადაგის დაცვის საიმედო ხერხს წარმოადგენს დამულჩვა. რაც უფრო მეტი ნიადაგის ზედაპირი იქნება დაფარული მულჩით, მით უფრო მცირეა ნიადაგისა და საკვები ელემენტების დანაკარგები. კარგ შედეგს იძლევა მულჩად ნამჯისა და მიწისზედა

ანარჩენების გამოყენება. დასავლეთ ნიგერიის ტერიტორიაზე 1100-1200 მმ ნალექის მოსვლისას 1-15<sup>0</sup> დახრილობის ფერდობზე ბრინჯის ნამჯის 0; 2; 4; 6 ტ/ჰა მულჩად გამოყენებისას ზედაპირული ჩამონადენი შეადგენდა ნალექების საერთო რაოდენობის 50; 10; 4 და 2 %. ნიადაგის დანაკარგი შესაბამისად 143; 16,2; 3,9 და 0,4 კგ /ჰა. N-NO<sub>3</sub> დანაკარგი ჩამონადენით 15,1; 1,8; 1,1 და 0,6 კგ/ჰა. ნიადაგთან ერთად აზოტის მაქსიმალური წლიური დანაკარგი აღწევდა 180 კგ/ჰა, 2 ტ ნამჯით დამულჩვისას 64 კგ/ჰა, 4 ტ/ჰა გამოყენებისას – 8,7; 6 ტ-ის შემთხვევაში – 2,7 კგ/ჰა. მულჩირებულ ნაკვეთზე ფოსფორი და კალიუმი იკარგებოდა 4-70 – ჯერ ნაკლები რაოდენობით დაუმულჩვასთან შედარებით. ნიადაგის ზედაპირის დამულჩვას იყენებენ ძირითადად გვალვიანი კლიმატის პირობებში.

მრავალ ქვეყანაში, უკანასკნელ წლებში, ფართო გავრცელება ჰპოვა მინიმალურმა და ნულოვანმა დამუშავებამ, რომელიც უზრუნველყოფს ნიადაგის ზედაპირზე მცენარეული ნარჩენების შენარჩუნებას. მინიმალური დამუშავებისას მცირდება ნიადაგის დაშლა და დამუშავება იცვლება ქიმიური საშუალებების გამოყენებით (ჰერბიციდები და სხვ.). ნულოვანი დამუშავებისას კულტურები მოჰყავთ ნიადაგის მექანიკური დამუშავების გარეშე ან კულტურათა დასათესად ხდება ვიწრო ზოლის დამუშავება. მისისიპის შტატში საშუალოდ 1308 მმ ნალექის პირობებში, ნულოვანი დამუშავებისას, სოიას ქვეშ იკარგებოდა სულ 0,4 ტ/ჰა ნიადაგი. ტრადიციული დამუშავებისას – 29,4 ტ/ჰა; აზოტისა და ფოსფორის ჯამური დანაკარგი შეადგენდა 4,7 და 46,4 კგ/ჰა. ზედაპირული ჩამონადენი – 428 და 832 მმ.

ნიადაგისა და სასუქში შემავალი საკვები ელემენტების დანაკარგების შემცირების ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს ზოლოვანი მიწათმოქმედების სისტემა. ის მოიცავს ნიადაგის დამცავი ეფექტის მქონე კულტურების – შვრიას, ხორბლის, ბალახების და სხვა ზოლების და ეროზია საშიში კულტურების შაქრის ჭარხლის, კარტოფილის და სხვა ზოლების მორიგეობას. ნიადაგდამცავი კულტურების ზოლის სიგანის გადიდებისას, ნიადაგის გადარეცხვა მნიშვნელოვნად მცირდება.

ნიადაგის წყლისმიერი ეროზიისაგან დაცვის ეფექტურ და ხელმისაწვდომ ხერხს ეროზია საშიშ რაიონებში კონტურული მიწათმოქმედება წარმოადგენს, რომლის დროსაც მინდვრის საზღვრები გადიან ჰორიზონტალურად, საკუთრივ მინდორს კი არ გააჩნია მართკუთხედის ფორმა. ამ ხერხის გამოყენება არსებითად ამცირებს ეროზიით გამოწვეულ დანაკარგს.

ფერდობზე, სადაც დამულჩვა, მინიმალური დამუშავება, კონტურული და ზოლოვანი მიწათმოქმედება და სხვა ხერხები ვერ უზრუნველყოფენ ეროზიისაგან ნიადაგის საკმარის დაცვას, საჭიროა ჩატარდეს ფერდობის დატერასება, რომელიც მიმართული უნდა იყოს ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების გასამლიერებლად და არა მათ შესაცვლელად.

საკვები ელემენტების მაქსიმალური დანაკარგი წყლისმიერი ეროზიით და ჩარეცხვით წარმოებს სუფთა ანუელზე, სადაც ნიადაგის ნაწილაკები არ არიან დამაგრებული ფესვებით და ადვილად ჩამოირეცხებიან ჩამონადენი წყლებით. მცენარეულობა განსაკუთრებით მრავალწლიანი ბალახები და საშემოდგომო კულტურები ინვითარებენ მძლავრ ფესვთა სისტემას და მიწისზედა მასას და საიმედოდ იცავენ ნიადაგს ჩარეცხვისაგან. ამიტომ, დიდი მნიშვნელობა აქვს ერთწლიანი და მრავალწლიანი ბალახების თესვით საანულო პერიოდის შემცირებას ძირითადი კულტურების აღების შემდეგ. სილნარ ნიადაგებზე, რომლებიც ეროზიისაგან დაცვას მოითხოვენ ძირითადი კულტურების ზრდა-განვითარების დასაწყისშივე, ნიადაგდამცავ კულტურებს თესვენ ძირითად კულტურებთან ერთად ან რიგთაშორისებში.

ძირითადი საკვები ელემენტების ჩარეცხვითი, გადარეცხვითი და აქროლებითი დანაკარგების შესამცირებლად, დიდი მნიშვნელობა აქვს მინერალური სასუქების რაციონალურ გამოყენებას და მათი დანაკარგების შემცირებას გადაზიდვის, შენახვის და შეტანის დროს. აგროქიმიური სამსახურის წარმომადგენლებმა არა მარტო უნდა აღმოაჩინონ ქარხნიდან მინდვრამდე სასუქების გადაზიდვის და გამოყენების ტექნოლოგიის დარღვევის ფაქტები, არამედ სასწრაფოდ უნდა გამოასწორონ ის. ამისათვის უნდა განახორციელონ შემდეგი ღონისძიებები:

- სასუქების შესანახი საწყობისათვის ხელსაყრელი და ადვილად მისაწვდომი ადგილის შერჩევა.

- მაღალმექანიზებული სასაწყობო კომპლექსის აშენება, კომპლექსური მექანიზაციისა და ავტომატიზაციის დანერგვა სასუქების მიღება - შენახვისას და დანახარჯების შემცირება.

- სასუქების შეტანა უნდა მოხდეს მათი ქიმიური, ფიზიკური და მექანიკური თვისებების გათვალისწინებით. ნიტრატული ფორმის სასუქები, იმის გამო, რომ მაღალი ხსნადობითა და გადაადგილების უნარით ხასიათდებიან, უფრო ეფექტურია შეტანილ იქნენ საშემოდგომო და სათოხნი კულტურების გამოკვებისას და საგაზაფხულო კულტურების თესვის წინ. აზოტის ეს ფორმა უკეთ შეითვისება მცენარეთა მიერ მუშავ ნიადაგზე, ვიდრე ამიაკური ფორმა. თუ ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქების სრული ნორმა შეიტანება ერთხელ, ნიადაგის ძირითადი დამუშავებისას, აზოტიანი სასუქების გამოყენება უნდა მოხდეს დიფერენცირებულად. პირველ რიგში საჭიროა შეირჩეს მათი საუკეთესო ფორმა - ნიტრატული, ამონიუმის, ამიდური და სხვა და ისინი შეტანილ იქნენ წილადობრივად, საუკეთესო ვადებში.

მინერალური სასუქების დანაკარგები შეიძლება გამოწვეული იყოს ცალკეული კულტურების ქვეშ მათი შეტანის ტექნოლოგიის დარღვევით. ამიტომ, საჭიროა სასუქების გამოყენების ახალი ტექნოლოგიის შემუშავება და დანერგვა მცენარის ბიოლოგიური თავისებურებების, კლიმატის, ნიადაგის თვისებებისა და ნაყოფიერების, მემცენარეობის სპეციალიზაციის, მაღალმოსავლიანი ჯიშების საკვებ ელემენტებზე მოთხოვნილების გათვალისწინებით. აუცილებელია სწორად შეირჩეს საკვები ელემენტების ნორმები და მათი შეფარდება, სასუქების ოპტიმალური ფორმები, შეტანის ვადები და ხერხები. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის განხორციელება საშუალებას იძლევა გავადიდოთ სასუქებიდან საკვები ელემენტების გამოყენების კოეფიციენტები და შევამციროთ მათი დანაკარგები.

საკვები ელემენტების არასაწარმოო დანაკარგების შესამცირებლად, აუცილებელია სასუქების რაციონალური გამოყენება და მათი მეცნიერულად დასაბუთებული ნორმით შეტანა. დაუშვებელია აზოტიანი სასუქების მაღალი ნორმების ან დოზების 90 კგ მეტი რაოდენობით ერთჯერადი შეტანა. უფრო მაღალი ნორმების გამოყენება უმჯობესია მოვახდინოთ წილადობრივად, მცენარეთა მოთხოვნილების შესაბამისად, რაც საშუალებას იძლევა სრულად დავაკმაყოფილოთ მცენარეთა მოთხოვნილება აზოტზე მისი მაქსიმალური მოთხოვნილების პერიოდში, შევამციროთ დანაკარგები და გავადიდოთ მარაგი.

მინდვრისა და საწარმოო ცდები გვიჩვენებენ მარცვლეულის 70-80 ც მოსავლის მისაღებად აზოტიანი სასუქების ორი, სამი და ოთხჯერადი წილადობრივი გამოკვების ჩატარების მაღალ ეფექტურობას. გამოსაკვებად უმჯობესია თხევადი სასუქების გამოყენება, რადგან ისინი კარგად შეითვისებიან როგორც ნიადაგში შეტანისას, ისე ფესვგარეშე გამოკვებისას. ფესვგარეშე გამოკვების სახით თხევადი სასუქების შეტანისას, ფოსფორის 85 % გამოიყენება, ფესვური გამოკვებისას - 10-50 %. თხევადი სასუქების

უპირატესობა იმითაცაა საყურადღებო, რომ ისინი შეიძლება გამოვიყენოთ მცენარათა დაცვის ქიმიურ საშუალებებთან და ზრდის სტიმულატორებთან ერთად.

საჭიროა თავი შევიკავოთ აზოტიანი სასუქების შემოდგომაზე შეტანისაგან. ამ პერიოდში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მხოლოდ 30 კგ/ჰა აზოტი. პარკოსანი წინამორბედების შემდეგ საერთოდ არ არის საჭირო მათი გამოყენება.

დაუშვებელია თოვლის საფარზე სასუქებისა და კირის შეტანა, რადგან თოვლის დნობის შედეგად წარმოქმნილი ჩამონადენებით დიდი რაოდენობით კალციუმი და საკვები ელემენტები გადაირეცხება.

პრაქტიკულად დამტკიცებულია გრანულირებული სასუქების – შარდოვანას და სუპერფოსფატის მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარების ზონაში ლოკალური წესით – თესვისას მწკრივში და ლენტისებურად თესლიდან და აღმონაცენიდან ოდნავ მოშორებით შეტანის მაღალი ეფექტურობა. ამ შემთხვევაში 6-10 % იზრდება მცენარის მიერ საკვები ელემენტების გამოყენების კოეფიციენტები და არსებითად მცირდება დანაკარგები.

დაუშვებელია შეტანილი აზოტიანი სასუქების ნიადაგში ჩაკეთების გარეშე დატოვება, ვინაიდან ამ შემთხვევაში შესაძლებელია აქროლებითი დანაკარგმა 30%-ს გადააჭარბოს. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად, ისინი უნდა ჩაკეთდნენ ოპტიმალურ სიღრმეზე.

საკვები ელემენტების დანაკარგების შესამცირებლად ერთ-ერთ მთავარ ღონისძიებას ორგანული და მინერალური სასუქების შეთანაწყობილი გამოყენება წარმოადგენს. კერძოდ, აზოტის მაღალი დოზების ნამჯასთან და სხვა ორგანულ ნარჩენებთან ერთად შეტანისას, მკვეთრად მცირდება აზოტის დანაკარგები გუმინიფიკაციის პროცესში მისი იმობილიზაციით და ადვილად ჰიდროლიზებადი ორგანული შენაერთების წარმოქმნით.

იქ, სადაც არსებობს ჩარეცხვით საკვები ელემენტების დანაკარგების საშიშროება, უარი უნდა ვთქვათ სუფთა ანეულზე, სადაც მათი დანაკარგები 50-60 %-ით მეტია, მცენარეებით დაკავებულ ფართობებთან შედარებით.

საკვები ელემენტების დანაკარგების შესამცირებლად, საჭიროა დაბალი ხსნადობის მქონე მინერალური სასუქების ფორმების გამოყენება, რომელთა შედგენილობა დადებითად მოქმედებს ნიადაგის მიკროფლორაზე და ნივთიერებათა წრებრუნვაზე.

აზოტის დანაკარგების შესამცირებლად მიზანშეწონილია ნიადაგში მიმდინარე იმ არასასურველი მიკრობიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესების ქიმიური გზით ინგიბიტორება, რომლებიც ზრდიან აზოტის გაზისებრი ფორმის დანაკარგს და აძლიერებენ ნიტრატების წარმოქმნას. ამისათვის წარმოებაში უნდა დაინერგოს ნიტრიფიკაციის ინგიბიტორების, სასუქების ახალი ფორმების და კაფსულირებადი ნელმოქმედი სასუქების გამოყენება.

აზოტის არასაწარმოო დანაკარგების შესამცირებლად, მისი გამოყენების კოეფიციენტის გასადიდებლად და მაღალი მოსავლის შესაქმნელად, საკმაოდ საიმედო საშუალებას წარმოადგენს ნიტრიფიკაციის ინგიბიტორების გამოყენება. ნიტრიფიკაციას ამუხრუჭებს აგრეთვე ფუმიგანტების, პესტიციდების, მცენარეთა და მათი ფესვების ექსტრაქტებისა გამოყენება.

თანამედროვე პირობებში აღწერილია 200 –მდე ნიტრიფიკაციის ინგიბიტორი. მათგან უფრო შესწავლილია სამი: ციანგუანილინი, ნიტრაპირინი (2 ქლორ 6 სამქლორმეთილი, პირიდინი ანუ N-serve) და AM (2-ამინო-6 ქლორ მეთილ პირამიდინი). ეს პრეპარატები აფერხებენ ნიტრიფიკაციის ბაქტერიების ცხოველმყოფელობას და ანელებენ ნიადაგში როგორც ორგანული ნაერთების, ისე შეტანილი აზოტიანი სასუქების ამიაკური აზოტის ნიტრატებად გარდაქმნას.

გაკულტურებული ნიადაგები ფლობენ ნიტრიფიკაციის მაღალ უნარს და აგროვებენ დიდი რაოდენობით ნიტრატულ აზოტს. რომელიც მთლიანად ვერ შეითვისება მცენარეთა მიერ და ჩაირეცხება ნიადაგის ქვედა ფენებში. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ნიტრატები იკარგება აზოტიანი სასუქების შეტანის შემდეგ, რადგან ახლად აღმოცენებული მცენარეები ვერ ასწრებენ ნიადაგში არსებული ნიტრატების სრულ შეთვისებას.

ნიტრიფიკაციის ინგიბიტორი N-serve, ჩეხი მეცნიერების გამოკვლევებით, ამონიუმის სულფატის ამონიუმის ნიტრატებად გარდაქმნას 5-7 კვირით აგვიანებენ, ამონიუმის გვარჯილის ამონიუმისას 3-5 კვირით. ამ პერიოდისათვის მცენარეებს უვითარდებათ ფესვთა სისტემა და ინტენსიურად იწყებენ აზოტის შთანთქმას.

ნიტრიფიკაციის ინგიბიტორები ამცირებენ აზოტის აქროლებით დანაკარგებს. კანადელმა მეცნიერებმა დაამტკიცეს, რომ აზოტიანი სასუქებისა და ინგიბიტორ N-serve – ესთან ერთად შეტანით, აზოტის ოქსიდების გამოყოფა განახევრდა. N-serve და აზიდის ( $C_2H_2$ ) ერთობლივი გამოყენებით მთლიანად შეწყდა  $N_2O$  აქროლება.

ნიტრიფიკაციის ინგიბიტორები ყველაზე კარგ შედეგს იძლევიან მსუბუქ ნიადაგებზე და მაღალი ტენიანობის პირობებში, ასევე აზოტიანი სასუქების მაღალი დოზების გამოყენებისას.

საკვები ელემენტების დანაკარგების შესამცირებლად, პერსპექტიულია ისეთი ნელმოქმედი სასუქების გამოყენება, როგორცაა: შარდოვანა ფორმალდეჰიდური სასუქები, ასევე სასუქების კაფსულირება და დამცავი აფსკით დაფარვა. მათი გამოყენებით სასუქების გამოყენების კოეფიციენტი იზრდება 4-6%-ით. გაზისებრი ფორმით დანაკარგი მცირდება 1,5 ჯერ.

ნელმოქმედი სასუქებიდან, რომლებიც შარდოვანას ალდეჰიდებთან კონდენსაციით მიიღება, აღსანიშნავია: შარდოვანა ფორმალდეჰიდი, შარდოვანა აცეტალდეჰიდი, შარდოვანა კროტონური ალდეჰიდი, შარდოვანა იზობუთილის ალდეჰიდი და სხვ. ნელმოქმედი სასუქების უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი ნელა-ნელა, თანდათან ათავისუფლებენ აზოტს, რითაც ამცირებენ მის ჭარბ შთანთქმას. ამასთან, გამორიცხავენ თესლების დაზიანებას სასუქთან უშუალო შეხების დროს და ახანგრძლივებენ სასუქების მაღალი დოზების მოქმედებას. მშეიმჩნევა აგრეთვე აზოტისა და კალიუმის ჩარეცხვითი და გადარეცხვითი დანაკარგების შემცირება. ნელმოქმედი სასუქებს არაპერსპექტიულად მიიჩნევენ ინგლისში, გერმანიაში – პერსპექტიულად.

ნელ-ნელა თავისუფლდება საკვებ ელემენტები სასუქის გრანულების სხვადასხვა სინთეტიკური მასალებით, პოლიეთილენით, პარაფინური შენაერთებით, აკრილის ფისებით და გოგირდით დაფარული გრანულებიდან, რითაც იზრდება მათი გამოყენების კოეფიციენტები. აშშ-ში ჩვეულებრივი კალიუმისანი სასუქებიდან დანაკარგები 86 %-ს შეადგენდა, ვინილ აცეტატის გარსით დაფარვისას 30%, პარაფინის გარსით დაფარვისას – მხოლოდ 5,4 %. ჩეხოსლოვაკიაში მარტივი მინერალური სასუქებიდან სიმინდის მიერ აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის გამოყენების კოეფიციენტი 39; 10 და 30 % შეადგენდა, პოლიეთილენის გარსით დაფარული გრანულებიდან – 47; 19 და 50 %.

რუსი მეცნიერების მონაცემებით, აზოტის დანაკარგი ჩვეულებრივი შარდოვანიდან 11,1% შეადგენდა, ამონიუმის სულფატიდან 10,2 %, კაფსულირებული შარდოვანიდან 1,9-2,9 %. მისი ეფექტურობა განსაკუთრებით მაღალია ბრინჯის კულტურის ქვეშ, სადაც ნიტრატული და ამიაკური ფორმის სასუქების შეტანისას დანაკარგები შეადგენდა შეტანილი სასუქის 30-35 %.

მიუხედავად იმისა, რომ ნელმოქმედი და კაფსულირებული სასუქების გამოცდით მრავალი დადებითი შედეგი იქნა მიღებული, მათი გამოყენება მაინც შეზღუდულია

არამარტო მაღალი ღირებულების გამო, არამედ იმ მიზეზითაც, რომ ვერ ხერხდება საჭირო რაოდენობით საკვები ელემენტების გამოთავისუფლება მცენარის მაქსიმალური მოთხოვნილების პერიოდში.

### თავი III

#### ატმოსფეროს დაბინძურება და მისი გავლენა გარემოსა და მოსახლეობაზე

##### ატმოსფეროს შედგენილობა

ატმოსფერო ჩვენი პლანეტის გარე გარსია, იგი წარმოადგენს ჰაერის ფენას დედამიწის გარშემო, რომელიც მისი მიზიდულობის ძალის გავლენით, კი არ იფანტება სამყაროში, არამედ ეკვრის დედამიწას და ბრუნავს მასთან ერთად.

ჰაერის სიმკვრივე 0,001 გ/სმ-ია, ე.ი 10 ჯერ ნაკლებია წყლის სიმკვრივეზე. მისი შედგენილობა მოცულობითი პროცენტობით შეიძლება გამოვსახოთ ასე: აზოტი\_78,09 %, ჟანგბადი\_20,95%, არგონი\_0,93 %, ნახშირორჟანგი\_0.03 %. სხვა აირთა შემცველობა შედარებით უმნიშვნელოა.

ჰაერის ზოგიერთი აირული კომპონენტები, როგორებიცაა  $N_2$ ,  $O_2$ , He,  $H_2$ ,  $N_2$ , Ar, Kr Xe, ძალიან ხანგრძლივად არსებობენ; სხვები, მაგალითად  $CO_2$ ,  $O_3$ ,  $N_2O$ ,  $CH_4$ , არსებობენ წლების განმავლობაში, ხოლო  $H_2O$ ,  $NO_2$ ,  $NO$ ,  $NH_3$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $I_2$ ,  $Cl_2$ ,  $SO_3$  და HCl - რამდენიმე დღე ან კვირა.

100 კმ სიმაღლეზე ატმოსფეროს ჰაერს თითქმის მუდმივი შედგენილობა აქვს, რაც აიხსნება აირების გრიგალისებური გადაადგილებით. ეს ხელს უშლის მისი შემადგენელი ნაწილების კუთრი წონის მიხედვით განაწილებას. ატმოსფეროს ზედა ზღვრად პირობითად 2000 კმ მიიჩნევენ, რომელსაც ტემპერატურის ცვლილების ხასიათის მიხედვით, ყოფენ რამდენიმე შრედ. დედამიწის მიმდებარე შრეს ტროპოსფერო ეწოდება, რომელიც გრძელდება 11-12 კმ სიმაღლემდე. ტროპოსფეროში თავმოყრილია ჰაერის ძირითადი მასის 4/5 და ატმოსფეროს მთელი ტენი. ამ შრეში ტემპერატურა ყოველ კმ-ზე 6° მცირდება, რაც აიხსნება ჰაერის მხოლოდ დედამიწის ზედაპირზე გათბობით.

ტროპოსფეროს ზემოთ, 55 კმ სიმაღლემდე, არის სტრატოსფერო, სადაც თავმოყრილია ჰაერის 1/5 ნაწილი, წყლის ორთქლი თითქმის არ არის. ამ შრეში ტემპერატურა, სიმაღლის მიხედვით ყოველ კმ-ზე 1-2° მატულობს. სტრატოსფეროში 30-50 კმ სიმაღლეზე არის ოზონის შრე, რომელიც წარმოიქმნება მზის ულტრაიისფერი სხივების გავლენით. ის იცავს დედამიწაზე არსებულ მცენარეულ საფარს და ცხოველთა სამყაროს ამ სხივების გამანადგურებელი მოქმედებისაგან.

სტრატოსფეროს ზემოთ, 80 კმ სიმაღლემდე გრძელდება მეზოსფერო, სადაც ტემპერატურა ყოველ კმ-ზე კლებულობს 2-3° და ზედა საზღვართან 75-95°C აღწევს. მეზოსფეროს ზემოთ, 80-800 კმ სიმაღლეზე მდებარეობს თერმოსფერო, რომელშიც ტემპერატურა სიმაღლის მიხედვით განუწყვეტლივ იზრდება. 150 კმ-ზე აღწევს 220-240°C, 200 კმ-ზე \_ 500°C, 500-600 კმ-ზე 1500°C-ს. 800კმ-ზე ზემოთ მოთავსებულია ეგზოსფერო, სადაც ტემპერატურა მატულობს 2000° C მდე.

ჰაერი არის ყოველივე ცოცხალის კოსმოსის დამლუპველი ზემოქმედებისაგან დამცველი. ატმოსფეროს გავლით დედამიწაზე აღწევს ზოგიერთი რადიოტალდა, ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სხივების ნაწილი, მხოლოდ სიცოცხლისათვის საჭირო სინათლე და სითბო, დანარჩენი კი კავდება.

დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობას ხელს უწყობს მზის ენერჯია, რომლის სასიცოცხლო დოზას ატმოსფერო განსაზღვრავს. ატმოსფეროს გარეშე დედამიწის ტემპერატურათა სხვაობა დღეღამეში 200° C მიაღწევდა +100-დან -100-მდე. ატმოსფერო განსაზღვრავს ტენიანობის პარამეტრებსაც.

ბიოსფეროსათვის მეტად მნიშვნელოვანია აზოტის, ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის აირული ბალანსი. ჰაერში ყველა კომპონენტზე მეტია  $\frac{3}{4}$  აზოტის ხვედრითი წილი, მეორე ძირითადი კომპონენტია ჟანგბადი, რომლის გარეშე შეუძლებელია სუნთქვა და მრავალუჯრედიან ცხოველთა არსებობა. ნახშირორჟანგი ატმოსფეროში შედარებით მცირე რაოდენობითაა. ამ კომპონენტთა თანაფარდობის შეცვლა კატასტროფულად მოქმედებს ცოცხალ ბუნებაზე.

### ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ძირითადი წყაროები

ატმოსფეროს დამაბინძურების წყაროები ორი სახისაა – ბუნებრივი და ხელოვნური (ანთროპოგენური). პირველს მიეკუთვნება ვულკანების მიერ აირებისა და ფერფლის ამოფრქვევა, ტყეებისა და ველების ხანძარი, ნიადაგის, და კოსმოსური მტვერი, უდაბნოს წვრილი ქვიშა, მიკროორგანიზმები, ცხოველთა გამონაყოფები და სხვ. ბუნებრივი წყაროები არ იწვევენ მნიშვნელოვან ცვლილებას ჰაერში.

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების მთავარი და საშიში წყაროებია საწარმოთა, ტრანსპორტისა და საყოფაცხოვრებო გამონაყოფები, ე.ი. ადამიანის საქმიანობის სფერო.

**თბოელექტროსადგურები, თბოცენტრალები და საქვაბე დანადგარები** ატმოსფეროს ყველაზე მძლავრი დამაბინძურებლები არიან, რომელთა ხვედრითი წილი ატმოსფეროს დამაბინძურებაში 27%-ია. ეს საწარმოები გოგირდის მაღალი შემცველობის მქონე, ყველაზე დაბალი ხარისხის ნახშირს იყენებენ საწვავად და ატმოსფეროში გამოყოფენ დიდი რაოდენობით ბოლს, გოგირდის ორჟანგს, ნახშირორჟანგს, ნაცარს, ჭვარტლს და ნახშირწყალბადებს. ასეთი სადგურების მახლობლად ყველაფერი დაფარულია ჭვარტლისა და ნახშირის მტვრის სქელი ფენით, ახლომდებარე ჰაერი გაჯერებული და მოწამლულია გოგირდოვანი აირების სუნით. საშუალო სიმძლავრის თბოცენტრალი დღეღამეში გამოყოფს 40 ტ ნაცარს და 20 ტ გოგირდოვან აირს. გარდა ამისა, ქვანახშირი შეიცავს ქრომს, ტყვიას, ვერცხლისწყალს, ვერცხლს, კალას, ტიტანს, ურანს, რადონს, ცერიუმს და სხვა მეტალებს.

**შავი მეტალურგია.** შავი მეტალურგიის ხვედრითი წილი გარემოს დამაბინძურებაში 24,3 %-ია. ამ ქარხნების მიერ ერთ ტონა თუჯზე გამოყოფილ მავნე გამონაყოფში შედის მტვერი 4,5 კგ, SO<sub>2</sub>-2,7 კგ, Mn-0,5-0,1კგ. ამასთან, ბრძმედის აირებში მცირე რაოდენობით შედის დარიშხანი, ფოსფორის და ტყვიის ნაერთები, ვერცხლისწყლისა და იშვიათი ლითონების ორთქლი, ციანწყალბადები და ფისოვანი ნივთიერებები. შავი მეტალურგიის თანამედროვე საწარმოებს აქვთ ქვანახშირის დაკოქსვის საამქროები, რომლებიც ჰაერს აჭუჭყიანებენ მტვრითა და აქროლადი ნაერთებით.

**ფერადი მეტალურგია.** ფერადი მეტალურგიის ხვედრითი წილი ატმოსფეროს დამაბინძურებაში 8,1 %-ია. ამ საწარმოთა გამონაყოფი აირები შეიცავენ ტოქსიკურ მტვრისებრ ნივთიერებებს: დარიშხანს, ტყვიას, სპილენძს, ალუმინს და სხვ. ელექტროქიმიური წესით ერთი ტონა ალუმინის მიღებისას იხარჯება 33-47 კგ ფტორი, რომლის 65 % ატმოსფეროში გამოიყოფა.

ძნელი დასაჯერებელია, მაგრამ ენერგეტიკული დანადგარების მილში გადის ნედლეულის 10-20 %. უკანასკნელ 100 წელიწადში ატმოსფეროში გამოიყო 1,35 მლნ. ტონა

სილიციუმი, 1,5 მლნ. ტონა დარიშხანი, 1 მლნ. ტონა ნიკელი, 300 ათასი ტონა ნახშირქანგი, 600 ტონა თუთია და ტყვია.

**ნავთობმომპოვებელი, ნავთობგადამამუშავებელი და ნავთობქიმიური მრეწველობის** აირადი გამონაყოფები ატმოსფეროს აბინძურებენ დიდი რაოდენობით ნახშირწყალბადებით, გოგირდწყალბადით და არასასიამოვნო სუნის მქონე სხვა აირებით. მათი ხვედრითი წილი ატმოსფეროს დაბინძურებაში 15,5%-ია. ნავთობი შეიცავს აგრეთვე ვერცხლისწყლის მნიშვნელოვან რაოდენობას 0,02-30მგ/კგ, რომელიც წვის შემდეგ მთლიანად გამოიტყორცნება ჰაერში.

**მანქანების გამონაბოლქვი.** ამჟამად მსოფლიოში 400 მილიონზე მეტი მსუბუქი ავტომანქანაა. ყოველი მათგანი 1000 კმ-ის გავლისას წვავს ადამიანის წლიური ნორმის ჟანგბადს და გამოყოფს 1 ტონამდე CO<sub>2</sub>, 0,2 ტონა ნახშირწყალბადებს და 0,2 ტონა აზოტის ოქსიდებს. მანქანის გამონაბოლქვში შედის აგრეთვე კანცეროგენული ბენზოპირინი, ალდეჰიდები (აკროდენი და ფორმალდეჰიდი), ტყვიის არაორგანული ნაერთები, რომელიც მიიღება ბენზინის წვისას მასში შემავალი ტეტრაეტელენტყვიისაგან და ჰალოგენიდები, რომლებიც ტყვიის აქროლების გასაზრდელად ემატება ბენზინს, მაგალითად დიბრომმეთანი. სულ ავტოტარსპორტის ხვედრითი წილი ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებაში 13,1 %-ია.

ზემოთ დასახელებულმა ენერგეტიკულმა წყაროებმა ატმოსფერო შეიძლება დააბინძურონ სპილენძის, თუთიის, მანგანუმის, ტყვიის, კობალტის და სხვა ლითონების შენაერთებით. მათი უკანასკნელი დასაშვები ზღვარი დასახლებული ადგილებისა და საწარმოთა მოედნების ჰაერში მოტანილია მე – 19 ცხრილში

ზემოთ დასახელებული ოთხი ძირითადი დამაბინძურებლის გარდა, ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებაში მონაწილეობენ ქიმიური მრეწველობის, ქვანახშირის მომპოვებელი, სინთეზური კაუჩუკის, საშენ მასალათა მწარმოებელი საწარმოები.

**ქიმიური მრეწველობის** საწარმოთა მავნე გამონაყოფებია ნახშირორჟანგი, აზოტის ოქსიდები, გოგირდოვანი ანჰიდრიდი, ამიაკი. არაორგანულ ნივთიერებათა გადამამუშავებელი საწარმოებიდან გამოყოფილი მტვერი, გოგირდწყალბადი, გოგირდნახშირბადი, ქრომისა და ფტორის ნაერთები და ა. შ.

**საზურავების ცვეთის** შედეგად თითო ავტომანქანა ყოველწლიურად გამოყოფს 10 კგ-მდე რეზინის მტვერს.

**ქვანახშირის მოპოვებისას** ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების წყაროა ფუჭი ქანების ნაყარი, რომელთა შიგნითაც მიმდინარეობს თვითწვის ხანგრძლივი პროცესი. ნახშირისა და პირიტის წვის შედეგად გამოიყოფა გოგირდისა და ნახშირბადის ოქსიდები და ფისოვან ნივთიერებათა გამოხდის პროდუქტები.

**სინთეზური კაუჩუკის** საწარმოები ატმოსფეროში უშვებენ ისეთ მომწამვლელ ნივთიერებებს, როგორებიცაა სტიროლი, დივინილი, ტოლუოლი, აცეტონი, იზოპრენი და სხვ.

**ცხრ. 19. მძიმე ლითონებისა და დარიშხანის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ატმოსფერულ ჰაერში დასახლებულ ადგილებში და საწარმოო მოედნებზე, მგ/მ<sup>3</sup>.**

ელემენტი (ნივთიერებები)	დასახლებული ადგილები (საშ. დღიური)	სამრეწველო მოედნებზე	საშიშროების კლასი



ვანადიუმი ( $Ba_2O_5$ )	0,02	0,03	1
მეტალური კობალტი	0,001	0,17	1
მანგანუმი ( $MnO_2$ გადაანგარიშებით)	0,01	0,1	2
სპილენძი ( $CuO$ )	0,002	-	2
დარიშხანის არაორგანული შენა- ერთები ( $As$ -ზე –გადაანგარიშებით)	0,003	-	2
ნიკელი (ოქსიდი)	0,001	0,17	2
ტყვია და მისი შენაერთები გარდა ტეტრაეთილენ ტყვიისა. ( $Pb$ -ზე გადაანგარიშებით)	0,0003	0,003	1
გოგირდოვანი ტყვია $PbS$	0,0017	-	1
ქრომი ( $Cr_2O_3$ -ზე გადაანგარიშებით)	0,0015	-	1
თუთია (ოქსიდი)	0,05	2	3
ვერცხლისწყალი მეტალური NGA	0,0003	0,003	1

საშენ მასალათა მრეწველობიდან ცემენტისა და საშენ მასალათა საწარმოები წარმოადგენენ ატმოსფეროს მტვრით გაჭუჭყიანების წყაროს.

რადიაქტიური ნაერთებით ატმოსფეროს გაჭუჭყიანება ხდება მათი მოპოვების, გადამუშავების და გამოყენების დროს.

სოფლის მეურნეობაში ჰაერის გაჭუჭყიანების წყაროებია, ძირითადად, მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის ფერმები, ხორცის დამამზადებელი სამრეწველო კომპლექსები, ენერგეტიკული და თბური საწარმოები. ფერმებიდან ატმოსფეროში აღწევს და საკმაოდ დიდ მანძილზე ვრცელდება არასასიამოვნო სუნის მქონე ნაერთები  $NH_3$ ,  $H_2S$  და სხვ. ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების წყაროებია პესტიციდების შესანახი საწყობები და მინდვრები, რომლებიც მუშავდებიან შხამქიმიკატებით და რომლებზეც არ იცავენ სასუქების შეტანის ტექნოლოგიას.

მარტო მეღორეობის ფერმებიდან ატმოსფეროში ხვდება 138 გაზი. ექსკრემენტებში შემავალი ცილების დაშლის შედეგად, ჰაერში გროვდება ამიაკი, ალკილი, არილამინები, ალკიდდიამინები. მათთან ერთად ატმოსფეროში ხვდება გოგირდის შემცველი შენაერთები – გოგირდწყალბადი, ალკილსულფიდი, დისულფიდები, კარბოლის მჟავას შენაერთები, მეთანი, ეთანი და სხვ. ძირითადი სპეციფიკური სუნის მატარებელი ნივთიერებებია გოგირდწყალბადი, ამიაკი, დიკეტონი, მერკაპტანი, სულფიდები, ორგანული მჟავები, ინდოლი და სკატოლი.

გერმანიის ჰანოვერის ვეტერინარული ინსტიტუტის გამოთვლებით, მეღორეობის ფერმებიდან ატმოსფეროში წელიწადში ხვდება 64031 ტონა დაბინძურებული ჰაერი. ინგლისის სათიბ-სადოვრების და მეცხოველეობის ინსტიტუტის მონაცემებით, მეცხოველეობის ფერმებიდან 302-539 მ<sup>3</sup> ამიაკი გამოიტყორცნება ატმოსფეროში. მსხვილი მეფრინველეობის ფერმების ტერიტორიაზე ატმოსფერულ ჰაერში 3000 მ მანძილზე შეინიშნება ამიაკის გადიდებული კოცენტრაცია და მიკროორგანიზმების გაზრდილი შემცველობა.

მეფრინველეობის ფერმების ეკოლოგიურ საშიშროებაზე მეტყველებს მე-20 ცხრილის მონაცემები.

მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენი პლანეტის საჰაერო ზომები ძალიან დიდია, ატმოსფეროს გაჭუჭყიანება მაინც შესამჩნევია. თანამედროვე პირობებში ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობის შედეგად, ატმოსფეროში ხვდება ნახშირბადის, გოგირდის და აზოტის ოქსიდების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომლებიც ჰაერის მასების მოძრაობის შედეგად გადაიტანება საკმაოდ დიდ მანძილზე. მათი წყალთან ურთიერთქმედებით წარმოიქმნება გოგირდის, გოგირდოვანი, აზოტის, აზოტოვანი, მჟავები და ნახშირმჟავა,

რომლებიც ბრუნდებიან ხმელეთზე „მჟავე წვიმების“ სახით. მჟავე წვიმების დიდი რაოდენობა მოდის ნორვეგიაში, შვედეთში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, სადაც წვიმის წყლის – pH მაჩვენებელი 6-6,5-დან, 4,6-5 მდე დაეცა, ზოგიერთ პერიოდში კი – 3,5-4-მდე. მოსული მჟავე ნალექები შედიან ურთიერთქმედებაში მცენარეებთან, წყალთან, ნიადაგთან და არხელსაყრელ ცვლილებებს იწვევენ ხმელეთისა და წყლის ეკოსისტემებში. მცენარეები მჟავე ატმოსფერული ნალექების ზეგავლენით კარგავენ ფოსფორს, კალიუმს, კალციუმს და მაგნიუმის ნაწილს. „მჟავე წვიმებით“ მძიმე მექანიკური შედგენილობის, ჰუმუსით და კალციუმის კარბონატებით მდიდარი, მაღალი ბუფერობის მქონე ნიადაგების მჟავიანობის შეცვლა პრაქტიკულად არ ხდება. დაბალი ბუფერობის მქონე მჟავე ნიადაგები ადვილად ექვემდებარებიან გამჟავების პროცესს. ძლიერი გამჟავებისას მათში ჩნდება მძიმე ლითონების მაღალტოქსიკური იონები.

**ცხრ. 20. მსხვილი მეფრინველეობის ფერმებიდან ზოგიერთი ტოქსიკური ნივთიერების დანაკარგები**

დამაბინძურებელი ნივთიერებები	საშიშროების კლასი	რაოდენობა ტ-ით წელიწადში
ამიაკი	4	45,32 ± 2,126
გოგირდწყალბადი	2	0,81 ± 0,46
ოდორანტები	-	0,0132 ± 0,002
მტვერი	3	195,14 ± 32,16
ფორმალდეჰიდი	2	22,22 ± 0,32
ნახშირორჟანგი	3	179,13 ± 28,12
აზოტის ორჟანგი	2	61,42 ± 6,46
გოგირდის ანჰიდრიდი	3	3,92 ± 0,16
მჟვარტლი	3	0,14 ± 0,02
ალდეჰიდები	3	0,01 ± 0,001
ამინები	2	0,05
სპირტები	3	0,01
კარბოლის მჟავები	3	0,007
სულფიდები	4	0,01
კეტონები	4	0,006
ფენოლები	2	0,003
მანგანუმის ოქსიდები	2	0,002
ცილა	-	0,63

**ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ძირითადი კომპონენტები**

ატმოსფეროს საშიში დამაბინძურებლები არიან: ნახშირორჟანგი-CO<sub>2</sub>, ნახშირორჟანგი - CO, გოგირდისა და აზოტის ოქსიდები, ფტორის ნაერთები – HF და SiF<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, მტვრის ნაწილაკები, კვამლი, ნაცარი, ნიადაგის წვრილი ნაწილაკები და სხვ. ისინი უარყოფითად მოქმედებენ ადამიანზე, ცხოველზე, მცენარეზე, ნიადაგის მიკროფლორაზე და ფაუნაზე.

**ნახშირორჟანგი.** ყოველწლიურად მსოფლიო წვავს 12 მილიარდ ტონა პირობით საწვავს, რის შედეგადაც ატმოსფეროში გამოიყოფა 39 მილიარდი ტონა CO<sub>2</sub>, მილიარდი ტონა აეროზოლები და მავნე აირები. ამ დამაბინძურებლების დიდი ნაწილი ხვდება მდინარეებში, ტბებში, ზღვებში და ოკეანეებში. ამას ემატება სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ანარჩენები, რომელთა რაოდენობა დაახლოებით 6 · 10<sup>11</sup> ტონას შეადგენს.

ამჟამად ცნობილია 200-ზე მეტი ნივთიერება, რომელიც იწვევს ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებას. მათ შორის ყველაზე გავრცელებულია ნახშირორჟანგი, რაც იმითაა გამოწვეული, რომ უკანასკნელ წლებში ქვანახშირის, ნავთობის, გაზის და სხვა საწვავი ნივთიერებების წვის შედეგად იმდენად გაიზარდა ატმოსფეროში ამ დამაბინძურებლის შემცველობა, რომ მცენარეებს მისი გადამუშავება არ შეუძლიათ და ის იხსნება მსოფლიო ოკეანეებში. თუ შენარჩუნებული იქნება ზემოთ ჩამოთვლილი საწვავი ნივთიერებების წვის ტემპები, მაშინ ატმოსფეროში ყოველწლიურად შეაღწევს 45 მილიარდ ტონაზე მეტი CO<sub>2</sub> 36 მილიონი ტონა SO<sub>2</sub> და 100 მილიონ ტონაზე მეტი აზოტი.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემებით, მეოცე საუკუნის ბოლოსათვის ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია უკანასკნელი 100 წლის განმავლობაში 10 %-ით გაიზარდა, 2000-2010 წლისათვის შეიძლება კიდევ 25%-ზე მეტად გაიზარდოს, ე.ი. 0,32 %-დან 0,04%-მდე. ერთი შეხედვით, აქ არავითარი პრობლემა არ არის, პირიქით, ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის გადიდება ხელს უწყობს მცენარის კვებას და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გადიდებას. მაგრამ ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის გადიდება 0,1 %-ით იწვევს სუნთქვის გაძნელებას, ხოლო 0,4 %-ზე მეტი რაოდენობა ჰაერში ქმნის სიცოცხლისათვის საშიშ მდგომარეობას. ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებისა და აირული შედგენილობის ცვლილებებით გამოწვეული გლობალური შედეგები მჭიდრო კავშირშია პლანეტის ტემპერატურულ ბალანსთან. ატმოსფეროს დამატებით გახურებას იწვევს სათბობის წვის შედეგად CO<sub>2</sub> -ის გამოყოფა.

ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურის 1-2°C-ით გადახურებამ შეიძლება გამოიწვიოს ანტარქტიდისა და გრენლანდის ყინულების დნობა, რითაც აიწვევს ოკეანეთა დონე, დაიტბორება მრავალი დაბალი ადგილი, ასევე მოხდება კლიმატის საერთო ცვლილებები.

**გოგირდის ორჟანგი** აღიზიანებს თვალის ლორწოვან გარსს, აუარესებს ხილვადობას. იგი ტენიან ჰაერში წარმოქმნის გოგირდმჟავას, რომელიც „მჟავე წვიმის“ სახით მოდის დედამიწაზე. მაგალითად, ინგლისში ისეთი დიდი რაოდენობით მოდის „მჟავე წვიმები“, რომ მოსავლის შემცირებას იწვევს. გარდა ამისა, გოგირდმჟავა დაცურავს ჰაერში წვეთების სახით, რაც შლის არამარტო ადამიანის ფილტვებს, არამედ ლითონს, საღებავს და ქვასაც კი, რის გამოც საუკუნეების მანძილზე არსებული ნაგებობები და ისტორიული ძეგლები ქუცმაცდება და იშლება.

გოგირდის ორჟანგი მცენარეთათვის ერთ-ერთი ყველაზე საშიში მტერია. აღწევს რა ჰაერთან ერთად მცენარის ფოთლებში, მაღალი კონცენტრაციის შემთხვევაში ამცირებს უჯრედებისა სიცოცხლის უნარიანობას და მცენარე ხმება.

**ნახშირორჟანგს** ახასიათებს ჰემოგლობინთან – სისხლის წითელ ბურთულაკებთან შეერთების უფრო მეტი სწრაფვა, ვიდრე ჟანგბადს. ამიტომ, მისი მცირე რაოდენობით ჩასუნთქვაც კი იწვევს ცოცხალი ორგანიზმის დაღუპვას.

**აზოტის ოქსიდების** მაღალი კონცენტრაცია დამლუპველად მოქმედებს მცენარეებზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე. აზოტის ორჟანგი მზის ულტრაიისფერი სხივების გავლენით იშლება  $NO_2 \rightarrow NO + O$ . გამოყოფილი ატომური ჟანგბადი ჟანგავს ნახშირწყალბადებს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მომწამლავი აირები, მაგალითად, ფორმალდეჰიდი  $CH_4 \rightarrow CH_3OH \rightarrow CHOH$ .

უკანასკნელ წლებში გაჩნდა ვარაუდი იმის შესახებ, რომ ატმოსფეროს დაბინძურების საქმეში დიდ როლს ასრულებენ აზოტის ის შენაერთები, რომლებიც წარმოიქმნიან ნიადაგში მიმდინარე ნიტრიფიკაციის, ამონიფიკაციის და დენიტრიფიკაციის პროცესების შედეგად. ეს პროცესები განაპირობებენ ატმოსფეროში, აზოტის, ამიაკის, ოქსიდების და დიოქსიდების გამოყოფას. ზოგიერთი მკვლევარი მიუთითებს, რომ აზოტიანი სასუქების ნორმების გაზრდა და აზოტის N<sub>2</sub>O სახით დანაკარგების გადიდება დააჩქარებს ოზონის

შრის დაშლას, რომელსაც ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს დედამიწაზე ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველმყოფელობისათვის, ვინაიდან ისინი შთანთქავენ დიდი რაოდენობით ულტრაიისფერ რადიაციას, რომლის დიდი დოზა მავნეა ყველა ცოცხალი ორგანიზმისთვის. ამერიკელმა მეცნიერებმა გამოთვალეს, რომ სოფლის მეურნეობაში შემოსული სასუქებიდან აზოტის დანაკარგებიდან ატმოსფეროში აღწევს 10-50 %. აზოტის ოქსიდების შემცველობის 20 %-ით გადიდება ოზონის საერთო რაოდენობას ამცირებს 4%-ით.

ზოგიერთი მეცნიერის აზრით ეს საშიშროება რამდენადმე გაზვიადებულია და არ აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა. მეტეოროლოგიის საერთაშორისო ორგანიზაციის დასკვნებით, N<sub>2</sub>O რაოდენობა, რომელიც ამჟამად ატმოსფეროში ხვდება სასუქის სახით, არ იწვევს უარყოფით მოქმედებას, მისი შემცველობის გაორმაგებამ კი შეიძლება გამოიწვიოს ოზონის შემცველობის 2% შემცირება.

უკანასკნელ პერიოდში აშშ-ში ჩატარებული ცდებით დადგენდა, რომ აზოტიანი სასუქების გამოყენება პოტენციურად ხელს უწყობს ოზონის შრის გადიდებას, ვინაიდან N<sub>2</sub>O დაჟანგვისას, ოზონის მოლეკულის დაშლასთან ერთად, ხდება ატომური ჟანგბადის გამოყოფა, რომელიც ურთიერთმოქმედებს ჟანგბადის მოლეკულასთან და წარმოქმნის ისევ ოზონის მოლეკულას. სახელდობრ, დენიტრიფიკაციის შედეგად მიმდინარეობს აზოტის ოქსიდების წარმოქმნა და ოზონის ეკრანის ფორმირება.

**ფტორის ნაერთები.** ფტორის მაღალი შემცველობა ჰაერში იწვევს ადამიანისა და ცხოველთა ძვლოვანი ქსოვილის დაშლას და დამლუპველად მოქმედებს მცენარეულობაზე, რაც განპირობებულია მისი აკუმულაციის უნარით ორგანიზმში, რის გამოც ხანგრძლივად მოქმედებს ორგანიზმზე და საშიშროებას ქმნის მისი მცირე რაოდენობით არსებობის დროსაც კი. ფტორი მონაწილეობს არ ღებულობს ნივთიერებათა ცვლაში, ამიტომ მცენარის ციტოპლაზმაში გროვდება. ფტორის გაზისებრი ნაწარმები მცენარეში შედის ბაგეებით, მყარი ნაერთები კი ნიადაგში ხვდება მტვერთან ერთად, იხსნება წყალში და ფესვით აღწევს მცენარეში.

**ლითონური ნაწილაკები.** თუთია, ტყვია, დარიშხანი, ბერილიუმი და სხვა ლითონები 10 მკმ ნაკლები ზომის ნაწილაკების სახით, ხვდებიან რა ადამიანის ორგანიზმში, იწვევენ ღვიძლის, თირკმლების ქრონიკულ დაავადებებს და შლიან სისხლს.

**მაკრონაწილაკები.** გამონაბოლქვი აირები, სამრეწველო საწვავი, სხვადასხვა ღუმელების ბოლი, საშენი მასალები და სასუქები შეიცავენ ნაწილაკებს, რომლებიც იფანტებიან ატმოსფეროში და ამნელებენ ხილვადობას, აფუჭებენ ნაგებობებს და აზიანებენ ადამიანებისა და ცხოველთა ჯანმრთელობას.

**ნახშირწყალბადები** შიგაწვის ძრავების გამონაბოლქვი აირებია. არასრული წვის ქიმიური პროდუქტები 25-35°C-ზე მზის ულტრაიისფერი სხივების გავლენით ქარის მცირე სიჩქარის დროს წარმოქმნიან ფოტოოქსიდანტებს. ეს აირები, ლითონურ ნაწილაკებთან ერთად ქმნიან “თეთრ ფოტოქიმიურ” სმოგს, რომელიც აზიანებს თვალებსა და ფილტვებს, იწვევს ძლიერ დაავადებებს და სიკვდილსაც კი.

სმოგის წარმოქმნას იწვევს ქალაქის თავზე ჰაერის ძლიერი გაჭუჭყიანება, მაგრამ მის წარმოსაქმნელად სხვა ბუნებრივი პირობებიცაა საჭირო – სუსტი ქარი და ჰაერის მასების სუსტი გადანაცვლება, ნისლი, მაღალი ტენიანობა.

ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებათა შორის, მავნე მოქმედების მიხედვით, მეორე ადგილი ტყვიას უკავია. ამ მეტალის საბადოებთან ახლომდებარე საძოვრებზე პირუტყვის ძოვებისას აღინიშნება მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვისა და ცხვრების დაღუპვის შემთხვევები.

**დიოქსინები.** ატმოსფეროს დაბინძურებისთვის განსაკუთრებით საშიშია სუპერტოქსიკური ნივთიერება დიოქსინები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ტყეების ხანძრების, საწარმოო ანარჩენების, მურა ნახშირის, შემის, ტექნიკური ზეთების, მაზუთის, ავტომობილის ზეთების წვის შედეგად. მის წყაროს წარმოადგენს მეტალურგია, ნიკელისა და მაგნიუმის ელექტროლიზის მეთოდით წარმოება, ქაღალდის ქლორით გათეთრების პროცესი.

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების ძირითადი მსხვერპლი ადამიანია. ამავე დროს დადგენილია, რომ მის მავნე გავლენას ქალაქის მოსახლეობა მეტად განიცდის, ვიდრე სოფლის.

დიოქსინით ატმოსფეროს დაბინძურება ხელს უწყობს ისეთი დაავადებების გაჩენას, როგორებიცაა: ქრონიკული ბრონქიტი, ასთმა, ფილტვების კიბო, ალერგიული, სისხლძარღვებისა და გულის დაავადებები და სხვ. მათი უმრავლესობა გამოწვეულია ქალაქის ატმოსფეროში კანცეროგენული ნივთიერებების – ბენზოპირინისა და ბენზანტრაცენის არსებობით.

**აზოტიანი სასუქები.** ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებს იწვევს აგრეთვე სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული აზოტიანი სასუქები. დადგენილია, რომ ნიადაგში შეტანილი აზოტიანი სასუქები მრავალმხრივი გარდაქმნის შედეგად ხვდება ატმოსფეროში. ნიადაგის ტიპისა და სასუქის ფორმის მიხედვით გამოყენებული სასუქიდან ატმოსფეროში  $N_2$  და  $N_2O$  სახით შეიძლება მოხვდეს 5-25% აზოტი.

პროგნოზის მიხედვით, 2015 წლისათვის წარმოებული იქნება 200 მლნ. ტონა აზოტიანი სასუქი, საიდანაც ატმოსფეროში შეიძლება მოხვდეს 13 მლნ. ტონა  $N_2O$ , მას შეუძლია გამოიწვიოს სტრატოსფეროში ოზონის კონცენტრაციის შეცვლა და ოზონის ეკრანის სისქის შემცირება, რაც ძალზე არასასურველია.

ხშირ შემთხვევაში ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებაზე დიდ გავლენას ახდენს ნაკელის შენახვა საფენის გარეშე. მისი ღია ცის ქვეშ შენახვისას ატმოსფეროში გამოიყოფა ამიაკი, მოლეკულური აზოტი და სხვა შენაერთები, მათთან ერთად ნაკელის გახრწნის პროცესში გამოიყოფა არასასიამოვნო სუნის მქონე გაზები, რომელთა რაოდენობა განსაკუთრებით დიდია მსხვილ მეცხოველეობის კომპლექსებთან. მათგან ყველაზე საშიშია გოგირდწყალბადი, რომელიც მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე.

სასუქები არა მარტო აბინძურებენ გარემოს, არამედ მათ გააჩნიათ ატმოსფეროს ქიმიური და ბიოლოგიური გაჭუჭყიანებისაგან დაცვის თვისება. საქმე ისაა, რომ სასუქების გავლენით უმჯობესდება მცენარის ზრდის პირობები, წარმოიქმნება მეტი ბიომასა, რაც ძლიერ მოქმედებს მის ელექტრო, ჰიგიენურ და სანიტარულ თვისებებზე. იზრდება ატმოსფეროს იონიზაცია, განსაკუთრებით უარყოფითად დამუხტული მსუბუქი იონების ნაწილაკების რაოდენობა. მცენარეულობით მდიდარ ადგილებში, ტყეებში ნახშირბადის იონიზაციის ხარისხი 2-3 – ჯერ მეტია, ვიდრე ზღვისა და მდელოების მიმდებარე ტერიტორიაზე, 5-10 – ჯერ მეტი ქალაქის ჰაერთან შედარებით. ჰაერის იონიზაცია მნიშვნელოვან ბიოკლიმატურ ფაქტორს წარმოადგენს, იგი ატმოსფეროს სიწმინდის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია და აუცილებელია ადამიანისა და ყველა ცოცხალი ორგანიზმისთვის ოპტიმალური სასიცოცხლო გარემოს შესაქმნელად.

მცენარე ახდენს ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობის გაუმჯობესებას, გაზების რეჟიმის ნორმალიზაციას და წყლის ბიოლოგიურ გაწმენდას. მცენარის გავლენით გარდა ჟანგბადისა, ჰაერში ხვდება მთელი რიგი ფოტოგენური ნაერთები, რომელთაც გააჩნიათ ბაქტერიოციდული თვისებები. ისინი ანადგურებენ ადამიანის სხვადასხვა დაავადების გამომწვევ ორგანიზმებს. ამასთან ერთად მცენარე, აქტიური ფილტრატორის როლს ასრულებს, რადგან ჰაერიდან შთანთქავს მტვერს, გაზებს, აეროზოლებს, ამცირებს ჰაერის

ელექტრულ დაბინძურებას, ანეიტრალებს მავნე ხმაურს, ქმნის მიკროკლიმატს, აგრილებს ჰაერს, აუმჯობესებს ჰაერის ვენტილაციას ატმოსფეროსა და ნიადაგში. მცენარის მიერ ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის გაწმენდა ხელს უწყობს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გადიდებას, ადამიანისა და პირუტყვის კვების პირობების გაუმჯობესებას და ბიოლოგიურად სრულფასოვანი საკვები პროდუქტების მიღებას. ყველა აღნიშნული პრობლემა დიდად არის დამოკიდებული სასუქების სწორად გამოყენებაზე, რადგან სწორედ სასუქებზეა დამოკიდებული მცენარეთა ზრდა-განვითარება და პროდუქტიულობა.

### **ატმოსფეროს დაბინძურება პესტიციდებით და დიოქსინით**

პესტიციდებით ატმოსფეროს დაბინძურება ხდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების შეწამვლისას და სხვადასხვა ობიექტის დამუშავებისას გამოყენებული პრეპარატების აქროლებით, აგრეთვე პესტიციდებით დაბინძურებული ნიადაგის ნაწილაკების ატმოსფეროში მოხვედრით. ქარის გავლენით პესტიციდების ორთქლი და მათ მიერ დაბინძურებული ნიადაგის ნაწილაკები გადაიტანება საკმაოდ დიდ მანძილზე. ტოქსიკოლოგიური თვალსაზრისით, საშიშია იმ მაღალტოქსიკური შენაერთების ატმოსფეროში მოხვედრა, რომლებიც ნიადაგში სინთეზირდებიან, სადაც პესტიციდებიდან წარმოიქმნება უფრო ტოქსიკური ნივთიერებები და ფიტოოქსიდანტები. ამასთან, ხდება მტვრის ნაწილაკების მიერ პესტიციდების შთანთქმა, აქროლებული ნივთიერებების კრისტალიზაცია, პესტიციდების შემცველი ნიადაგის ჰაერის გამოყოფა მის ზედაპირთან ახლოს, ატმოსფეროში. არახელსაყრელ მეტეოროლოგიურ პირობებში მაღალაორთქლებადი ფოსფორორგანული პესტიციდების შემცველობა, ნიადაგის ზედაპირთან ახლოს, ატმოსფეროში მნიშვნელოვნად იზრდება. ასე მაგალითად, ბაზუდანის კონცენტრაცია ნიადაგის 60° C გახურებისას და ატმოსფერული წნევის 40 მმ დაცემისას შეადგენს 22,12 მგ/მ<sup>3</sup>, რაც 2212 - ჯერ აღემატება პესტიციდის საშუალო დღეღამურ დასაშვებ კონცენტრაციას ატმოსფერულ ჰაერში. ბაზუდანის ასეთი მაღალი კონცენტრაცია ნიადაგის ზედაპირთან ახლოს, ატმოსფერულ ჰაერში, ძალზე საშიშია ადამიანის ჯანმრთელობისთვის.

პესტიციდების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში, წყალში და ნიადაგში მოტანილია ცხრილ 21-ე ცხრილში. ცხრილში მოტანილი მონაცემები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მემცენარეობაში და მეცხოველეობაში მონიტორინგის ჩატარებისას, აგრეთვე ჰაერის, წყლის და ნიადაგის კონტროლის დროს.

**ცხრ. 21. პესტიციდების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში, წყალში და ნიადაგში**

პესტიციდები	ჰაერში, მგ/მ <sup>3</sup>	საყოფაც ხოვრებო წყალში, მგ/ლ	ნიადაგში მგ/კგ
1	2	3	4
აქტელივი	2,0	0,2	0,5
ანთნო	0,5	0,005	0,2
ატრაზინი	2,0	0,2	0,01

ბაზაგრანი	5,0	–	–
ბაზუდინი	0,2	0,3	0,1
ბაილეტონი	0,5	–	0,35
ბანველ დ	1,0	–	0,25
ბეტანალი	0,05	–	0,25
ბორდოული სითხე	0,3	0,1	–
ვიტავაქსი	1,0	1,0	–
ვოლატონი	0,1	0,2	1,0
გლიფოსატი	3,0	0,1	0,5
დალაპონი	3,0	2,0	0,5
2,4 დ ამინის მარილი	1,0	0,2	0,25
2,4 დ ოკტილის ეთერი	1,0	0,2	0,15
დეცისი	0,1	–	–
დიბრომი	0,01	0,025	1,0
დილორი	0,1	0,1	0,5
დნოკი	0,05	0,05	–
დურსბანი	0,3	0,02	0,2
ზენკორი	–	0,1	–
ილოკსანი	0,5	0,1	–
კარბოფოსი	0,5	0,05	2,0
კოტორანი	5,0	0,3	–
კრონეტონი	0,05	–	–
ლენაცილი	–	0,2	1,0
მეზორაპინი	0,6	–	0,9
2 მ-4 XII	1,0	2,0	–
2 მ-4 X მ	–	–	–
მეტათიონი	0,1	0,25	1,0
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
მეტაფოსი	0,1	–	0,1
მიკალი	–	–	–
მიტაკი	0,5	–	–
ნიტრაფენი	1,0	4,0	–
პირამინი	0,5	2,0	0,7
პოლიკარბაცინი	0,1	2,0	0,6
პროპაზინი	5,0	1,0	–
პრომეტრინი	5,0	3,0	0,5
პროპანიდი	0,1	0,1	1,5
რეგლონი	0,05	0,2	0,2
რიდომილი	–	–	0,05
რონიტი	1,0	–	0,8
სიმაზინი	2,0	–	0,01
სპილენძის სულფატი	0,3	0,1	–
სუმიციდინი	0,3	0,05	–
სუფფიქსი	5,0	1,0	–
ტიოდანი	0,1	–	0,1
ტმტდ	0,5	1,0	–
ტრეფლანი (ნიტრანი)	0,03	1,0	0,1
ფოზალონი	0,5	0,001	0,5
ფოსფამიდი	0,5	0,03	0,3
ფტალოფოსი	0,3	0,2	0,1
ფუნდაზოლი	0,01	0,5	0,1
ეპტანი	2,0	0,1	0,9
ეტაფოსი	0,1	0,05	0,1
ეუპარენი	1,0	0,025	0,2

**დიოქსინები.** დიოქსინების გადატანას ატმოსფეროში აწარმოებენ მტვრისა და ნიადაგის ნაწილაკები. ატმოსფერო უზრუნველყოფს დაბინძურებული ადგილებიდან დიოქსინების უფრო ეფექტურ ტრანსპორტირებას ვიდრე, გარემოს სხვა კომპონენტები.

### **ატმოსფეროს მძიმე ლითონებით დაბინძურება**

მძიმე ლითონები ატმოსფეროს აბინძურებენ ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად. ტყვია და კადმიუმი ატმოსფეროში ხვდებიან იმ აეროზოლებთან ერთად, რომლებიც ცუდად იწმინდებიან გამწმენდი ნაგებობებით. თვითგაწმენდის უნარის გამო, ტყვიის მნიშვნელოვანი ნაწილი ილექება დაბინძურების წყაროს ახლოს ხმელეთზე, მდინარეებში, ტბებში, ზღვებში, ოკეანეებში და მცენარეულ საფარზე. ტყვიის ნაწილი განიცდის გლობალურ ცირკულაციას ჰაერის მასებთან ერთად და ილექება ტექნოგენური დაბინძურების ადგილებიდან საკმაოდ შორს.

კადმიუმი ატმოსფეროში ხვდება შეწონილი ნაწილაკების სახით საწვავის წვის შედეგად გამოყოფილ ჰაერთან ერთად, მყარი საყოფაცხოვრებო ანარჩენების წვის შედეგად. მისი კონცენტრაცია საკმაოდ მაღალი შეიძლება იყოს იმ სამრეწველო ობიექტების სიახლოვეს, რომლებიც ამ მეტალს აწარმოებენ. საწარმოებიდან გარემოში მოხვედრილი კადმიუმის რაოდენობა ბევრად აღემატება ბუნებრივი გზით ატმოსფეროში გაფანტულ მის ოდენობას. ის არის ატმოსფეროში მიმოფანტული მძიმე ლითონების\_თუთიის, ტყვიის და სპილენძის თანამგზავრი.

კადმიუმი, ატმოსფერულ ნალექებთან ერთად, უფრო მეტი რაოდენობით ილექება, ვიდრე მყარი ატმოსფერული აეროზოლებით.

### **ატმოსფეროს დაბინძურება ადამიანისა და ცხოველთა ინფექციური დაავადებების გამომწვევი მიკროორგანიზმებით**

ატმოსფეროში გავრცელებულია მრავალი ინფექციური დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმები, რის გამოც არსებობს ადამიანისა და ცხოველთა დაავადების საკმაოდ დიდი ალბათობა. ატმოსფეროს ჰაერში მიკროორგანიზმთა რაოდენობა არ არის მუდმივი, რაც განპირობებულია საკვები ელემენტებისა და წყლის სიმცირით და მზის რადიაციის მოქმედებით. ატმოსფეროში აღმოჩენილია 120–მდე საპროფიტული მიკროორგანიზმი: თივის, კომბოსტოს, კარტოფილის სოკოს ჩხირები, შავი კომბალა ობი, მჟავე საფუარები, აქტინომიცეტები, მიკროკოკები, სტაფილოკოკები და სხვ. აღნიშნული დამაბინძურებლების ყველაზე დიდი რაოდენობა შეინიშნება ნიადაგის ზედაპირის მიმდებარე ჰაერში.

ატმოსფერული ჰაერის უფრო ინტენსიური დაბინძურება შეინიშნება მეფრინველეობის და მეცხოველეობის ფერმებში, სადაც დამაბინძურებელ მიკროორგანიზმთა რაოდენობა და შედგენილობა დამოკიდებულია მათ სანიტარულ-ჰიგიენურ მდგომარეობაზე, ცხოველთა სიმჭიდროვეზე, მათი ჯანმრთელობის მდგომარეობასა და სხვა ფაქტორებზე. საპროფიტული მიკროორგანიზმების გარდა ფერმების დახურულ შენობებში გვხვდება პათოგენური მიკროორგანიზმები, მათ შორის ტუბერკულიოზის მიკრობაქტერიებიც.



პათოგენური მიკროორგანიზმები, ჰაერში მტვრის სახით გადასვლის შემდეგ, ჰაერის მასების გავლენით ვრცელდებიან შორ მანძილზე. მტვერში ტუბერკულოზის, ციმბირული წყლულის, ბოტულიზმის, ტეტანუსის, სტაფილოკოკის გამომწვევი მიკობაქტერიები დიდი ხნის განმავლობაში ცოცხლობენ. მათი სიცოცხლის უნარიანობა დამოკიდებულია ჰაერის ტემპერატურაზე და ტენიანობაზე, მზის სხივების ბაქტერიციდულ მოქმედებაზე. მიკრობების სიცოცხლის უნარიანობა იზრდება დაბალ, განსაკუთრებით უარყოფით ტემპერატურაზე.

ატმოსფერულ ჰაერში ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების გავლენით, შეიძლება შეიცვალოს მიკროორგანიზმთა სახეობრივი ნიშან-თვისებები, რის გამოც წარმოიქმნება არატიპური ფორმები, რომლებიც იწვევენ არატიპურ ინფექციურ დავადებებს, რომელთა დიაგნოსტიკა ძალზე ძნელია. აქედან გამომდინარე, გაძნელებულია პროფილაქტიკური და მათი სალიკვიდაციო ღონისძიებების განხორციელება.

### ატმოსფეროს დაბინძურების შემცირების გზები

თანამედროვე მრეწველობის ნებისმიერ დარგში საჭიროა ჰაერის გასუფთავება. ასე მაგალითად, ატმოსფერული ჰაერი, რომელიც გამოიყენება საკონდიციო აპარატებში, ჟანგბადის სადგურებში, ელექტროგენერატორების სავენტილაციო მოწყობილობებსა და მძლავრ ელექტროძრავებში, ფოტოფირების საამქროებში და ა.შ. აუცილებლად უნდა გასუფთავდეს მიკროსკოპული მტვრისაგან, მცენარეთა სპორებისაგან, სოკოებისაგან და ა. შ.

აირის მტვერდამჭერი აპარატები ოთხი სახისაა: მშრალი, გამფილტრავი, სველი და ელექტროსტატიკური.

მტვრისაგან აირების მშრალი გაწმენდის უმარტივესი აპარატები მტვერმჭერი კამერებია, რომლებიც აგებულია აგურის, ბეტონის ან ლითონის მასალისაგან. ამ მიზნით იყენებენ აგრეთვე მტვრის ტომრებს. მტვერმჭერ კამერებში მტვრის ნაწილაკების სიმძიმის ძალის გავლენით, წარმოებს ჰაერის მსხვილი ნაწილაკებისაგან (30-40 მმკ) გასუფთავება-დალექვა.

გამფილტრავი აპარატები სამი ტიპისაა: ქსოვილოვანი, ბოჭკოვანი და მარცვლოვანი. ისინი ჰაერს წმენდენ ყველა ზომის ნაწილაკებისაგან. ქსოვილოვანი ფილტრები მზადდება შალისაგან, შტაპელისაგან, სინთეზური ბოჭკოსაგან და უქსოვადი ქეჩის მასალებისაგან. ისინი გამოიყენება მშრალი მტვრის შესაკავებლად. ასეთი ფილტრების ჰაერგამტარობა მცირდება მტვრის ფენის გადიდებასთან ერთად.

ბოჭკოვანი ფილტრები მზადდება თხელი ქეჩისაგან, რომელიც მაგრდება ჩარჩოებზე. ამ ფილტრში კავდება 5-0,1 მმკ ნაწილაკები. მტვრის დაჭერა ხდება ბრუნვითი დიფუზიით და მოდების ეფექტის შედეგად. მარცვლოვან ფილტრებში აირთა გაფილტვრა ხდება მარცვლოვანი მასალის საშუალებით.

აირთა სველი გამწმენდი აპარატებია:

1. აირთა სითხით სარეცხი აპარატები ვერტიკალურ ღრუტანიან კოშკებია, რომლის ზედა ნაწილში მოთავსებული მრავალრიცხოვანი მფრქვევანით შედის სითხე, რომლის წვეთებთან შეჯახებით კავდება 80-90 % 10-15 მკმ-ზე დიდი ზომის მტვრის ნაწილაკები.

2. სითხის აფსკზე მტვრის დამლექი აპარატებში სითხის ზედაპირისადმი დიდი სიჩქარით (20-30 მ/წმ) მოძრავი ჰაერში არსებული მტვრის ნაწილაკები ინერციის ძალით ენარცხება სითხის ზედაპირს და შეკავდება მასზე.

3. ქაფიანი აირგამწმენდი აპარატები წარმოადგენენ წვრილნახვრეტებიან ჰორიზონტალური ცხაურით გადახურულ აპარატს, რომელსაც ჰაერი მიეწოდება ცხაურის ქვემოდან, მტვერსაჭერი სითხე – ცხაურის ზევიდან. ნამუშევარი სითხე ჩაედინება ბუნკერში.

4. აირების მტვრის ნაწილაკებისაგან გამწმენდი ელექტროსტატიკური აპარატებში აირის ელექტროფილტრში გავლისას მტვრის ნაწილაკები იმუხტება, ელექტრული ველის გავლენით მიემართება სალექი ელექტროდებისაკენ და ილექება მათზე, გასუფთავებული ჰაერი გამოდის ელექტროფილტრიდან.

5. აირული კომპონენტების ადსორბციისათვის საწარმოებში იყენებენ ტექნოლოგიურ ციკლში გამოყენებულ ხსნარებით და სუფთა წყლით მტვრის ნაწილაკების გამწმენდ აპარატებს და მყარი ნივთიერებების ადსორბენტების გააქტივებულ ნახშირს, სილიკოგელს, ალუმოგელს, ბუნებრივ და სინთეზურ ცეოლიტებს, იონგაცვლით ფისებს და ა.შ.

6. აირების ქიმიური მეთოდით გაუვნებლობისათვის იყენებენ სხვადასხვა ქიმიურ ნივთიერებებს. ასე მაგალითად, გოგირდის ორჟანგის მოცილებას აირიდან აწარმოებენ მისი ურთიერთქმედებით ამონიუმის სულფიტთან და წყალთან,  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$  მიღებით, ქლორწყალბადის შეკვრას მაგნიუმის ჰიდროქსიდით მისი განეიტრალებით, გოგირდწყალბადს გაუვნებლობას მასთან რკინის ოქსიდის ურთიერთქმედებით და სხვ.

აირების გამწმენდი ოპერაციები საკმაოდ ძვირი ჯდება, ამიტომ უმჯობესია უნარჩუნო ტექნოლოგიების შექმნა. ყველაზე იაფია მაღალი, 100-300 მ სიმაღლის საკვამლე მილების აშენება. რაც უფრო მაღალია მილი, მით უფრო შორს იფანტებიან მავნე ნივთიერებები და უფრო გვიან აღწევენ დედამიწამდე.

ატმოსფეროს მძლავრი დამაბინძურებელია ავტოტრანსპორტი, რომლის საწვავს ბენზინში ემატება ანტიდეტონატორის შემცველი შენაერთი – ტეტრაეთილენტყვია. ამიტომ, ამ საწვავით გარემო ბინძურდება ტყვიით. გარემოს დაბინძურების შესამცირებლად ამ სფეროში პირველ რიგში უნდა განხორციელდეს საწვავის ხარისხის გაუმჯობესება მასში ტყვის შემცველობის შემცირებით 0,4 გ-მდე ლიტრში, რომლის რაოდენობა ბენზინში სინამდვილეში 1 გ-ზე მეტია ლიტრში.

მთელ მსოფლიოში ამჟამად მიმდინარეობს უფრო სრულყოფილი ძრავების შექმნა. მაგალითად, აშშ-ში. შეიქმნა თხევად აზოტზე და წყალბადზე მომუშავე ძრავები. რამდენიმე ქვეყანაში შექმნილია ელექტრომობილების მრავალი სახეობა. ამასთან, უკანასკნელ პერიოდში უპირატესობა ენიჭება ბუნებრივ მეთანზე და თხევად აირებზე მომუშავე მანქანებს, რომელთა ნამწვ აირებში ნახშირჟანგის შემცველობა 3-4 ჯერ ნაკლებია, ვიდრე ბენზინის წვისას გამოყოფილ აირებში.

აზოტის ოქსიდებით გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილება შესაძლებელია აზოტიანი სასუქების შეტანის ტექნოლოგიის სრულყოფით და სავარგულების მცენარეული საფარით მაქსიმალური დაკავებით.

## თავი IV ჰიდროსფეროს გაჭუჭყიანება

### წყლის მნიშვნელობა და მისი სახეები

წყალი სიცოცხლის წყარო და ის საშენი მასალაა, რომელსაც იყენებს ყველა ცოცხალი ორგანიზმი. წყალი უნივერსალური გამხსნელია, მას ორგანიზმში შეაქვს ყველა საჭირო ნივთიერება და გამოაქვს ზედმეტი.

ცხოველებისა და მცენარეების ორგანიზმში 50 % წყალია, ადამიანის ორგანიზმში კი 70%-მდე. ადამიანი 20% წყლის დაკარგვისას, რამდენიმე დღეში იღუპება. ჩვეულებრივ პირობებში წყლის დღეღამური ნორმა შეადგენს 2,5 ლ-ს. აქედან ერთი ლიტრი მოდის სასმელ წყალზე, ერთი ან ორი ლიტრი შედის საკვების დღიურ ნორმაში, 0,3 ლ წარმოიშვება ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის დროს.

წყალი, ამავე დროს, წარმოადგენს მეტად ძვირფას დეფიციტურ სამრეწველო ნედლეულს. მოსახლეობის ზრდა, მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის განვითარება იწვევს წყლის გამოყენების გადიდებას.

ბუნებაში წყალი სუფთა სახით არ გვხვდება. იგი შეიცავს მრავალ ორგანულ და არაორგანულ ნაერთს. გახსნილ ნივთიერებათა შემცველობის მიხედვით წყალი იყოფა შემდეგ ჯგუფებად: მტკნარი, მინერალური და მლაშე (ზღვის წყალი). მტკნარ წყალში გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობა არ აღემატება 1 გ/ლ, მინერალურ წყლებში 6-7 გ/ლ მარილია, ზღვის მლაშე წყლებში მარილთა შემცველობა ცვალებადია: ბალტიის ზღვაში – 5 გ/ლ; შავ ზღვაში – 18 გ/ლ; წითელ ზღვაში – 41 გ/ლ, ოკეანეში – 35 გ/ლ.

**ზღვებისა და ოკეანეების წყლები.** ზღვებს და ოკეანეებს ხმელეთის დიდი  $\frac{3}{4}$  ნაწილი უკავიათ. მსოფლიო ოკეანე არის ცოცხალ და არაორგანულ სიმდიდრეთა საგანძური, რომელიც დიდ როლს ასრულებს დედამიწაზე წყლის წრებრუნვაში. მათი ზედაპირიდან ყოველწლიურად ორთქლდება  $3,35 \cdot 10^{14}$  მ<sup>3</sup> წყალი, აქედან 90 % ნალექის სახით უბრუნდება ოკეანეებს, დანარჩენი კი მოდის ხმელეთზე. წყლის დიდი თბოტევადობის გამო, ოკეანეებში აკუმულირდება მზისგან მიღებული სითბოს ძირითადი ნაწილი, რადგან წყალი 25-50% მეტ სითბოს აკავებს, ვიდრე ხმელეთი.

ოკეანე წარმოადგენს ატმოსფეროს ჟანგბადით მომარაგების ძირითად წყაროს, რომელსაც გამოიმუშავებს ფიტოპლანქტონი. მსოფლიო ოკეანეებს უწოდებენ „დედამიწის ფილტვებს“, რადგან იგი ატმოსფეროში გამოყოფილი ჟანგბადის ნახევარს გამოიმუშავებს, რითაც არეგულირებს ჟანგბად-ნახშირორჟანგის ბალანსს და ხელს უწყობს სიცოცხლის არსებობას დედამიწაზე.

**ატმოსფერული წყლები.** ატმოსფეროში წყლის შემცველობა მისი საერთო მასის 0,001 %-ია. ის შეუცვლელი რგოლია წყლის წრებრუნვაში და სამ აგრეგატულ მდგომარეობაში იმყოფება:

- \_აირადი ( წყლის ორთქლის სახით);
- \_თხევადი (წვიმის წვეთების სახით);
- \_მყარი (ყინულისა და თოვლის კრისტალების სახით).

წყლის ორთქლის განახლება ატმოსფეროში 10 დღის განმავლობაში ხდება. ატმოსფეროს ტენი მონაწილეობს თბოგადაცემის პროცესში. წყალსატევების ზედაპირიდან წყლის აორთქლებაზე იხარჯება მზისგან მიღებული ენერჯის 70%. სითბო,

ორთქლთან ერთად ადის ატმოსფეროში და იქ გამოიყოფა ორთქლის კონდენსაციისა და ღრუბლების ფორმირების დროს.

ღრუბლები გავლენას ახდენენ პლანეტის რადიაციულ რეჟიმზე, ისინი არეკლავენ მზის რადიაციას. ამაში გამოიხატება ატმოსფეროს ტენის, როგორც ამინდის შემქმნელის როლი. გარდა ამისა, ატმოსფერული ნალექებით დედამიწაზე მოდის იმდენი მინერალური მარილი, რამდენიც გააქვს დედამიწის ყველა მდინარეს (3 მილიარდ ტონამდე). ყოველ კმ<sup>2</sup>-ზე მოდის 12 ტ სხვადასხვა მინერალური ნივთიერება, მათ შორის 700 კგ აზოტის შემცველი ნაერთები, აგრეთვე ვიტამინი B<sub>12</sub>, ნიკოტინმჟავა და ბიოტინი, რომლებიც იმ მიკროორგანიზმთა (წყალმცენარეების) ცხოველმყოფელობის პროდუქტებს წარმოადგენენ, რომლებიც 6-9 კმ სიმაღლეზე არიან. მეცნიერთა აზრით, ღრუბლები ცოცხალი ეკოლოგიური სისტემაა, რომლებშიც ცოცხლობენ და მრავლდებიან მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები.

**ხმელეთის წყლები.** ხმელეთის წყლებს მიეკუთვნებიან მდინარეები, ტბები, მიწისქვეშა წყლები, ნიადაგის ტენი, ყინული.

მდინარეები მტკნარი წყლის ბუნებრივი რესურსების ყველაზე მნიშვნელოვანი ნაწილია.

**მიწისქვეშა წყლები.** წყლის დიდი ნაწილი, თითქმის იმდენივე, რამდენიც ოკეანებშია, არის მიწის ქვეშ. მისი მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი ამოდის ზევით წყაროების, ნაკადულების, ორთქლის შადრევნების, გეიზერების სახით, ძირითადი ნაწილი კი – წყალგაუვალი ფენებით არის შებოჭილი. მიწისქვეშა წყლების დიდი ნაწილი ხასიათდება მაღალი მარილიანობით და ტემპერატურით.

**მყინვარები.** მტკნარი წყლების  $\frac{3}{4}$  ყინულის სახით მოიპოვება არქტიკაში, ანტარქტიკაში, მაღალმთიან ზონაში და აისბერგებში.

### **სასმელი, მდინარის და წყალსაცავების წყლების დამაბინძურებელი წყაროები**

ტექნიკურ პროგრესს, პირველ რიგში, თან ახლავს წყლის გაჭუჭყიანება. ხშირად მდინარეებში, ზღვებში, ოკეანეებში ჩადის მრავალი დამაბინძურებელი ნივთიერება.

ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების დაბინძურების წყაროებს წარმოადგენენ წყლის ძირითადი მომხმარებლები:

1. ქიმიური, მეტალურგიული და სხვა საწარმოები, საიდანაც ჩამდინარე წყლები შეიცავენ მინერალურ მჟავებს, ფუძეებს და მარილებს;

2. ცელულოზა-ქაღალდის კომბინატები. მათგან ჩამდინარე წყლები შეიცავენ ნახერხს, ხის ბოჭკოს. ისინი ლპობისას ხარჯავენ ჟანგბადს და გამოყოფენ დაშლის მავნე პროდუქტებს;

3. ხის დაცურების ნარჩენები, რომლებიც ცელულოზა-ქაღალდის ნარჩენების ანალოგიურ მავნე პროდუქტებს გამოყოფენ;

4. ხელოვნური ბოჭკოს, საღებავების, სამკურნალო ნივთიერებების საწარმოებები, საიდანაც ჩამოედინება ძლიერ დაბინძურებული წყლები;

5. სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო საწარმოები. ამ ობიექტებიდან ჩამდინარე წყლები დიდი რაოდენობით შეიცავენ აზოტს და ფოსფორს, რაც აპრობებს წყალმცენარეების გაძლიერებულ ზრდას;

6. ცისტერნების, ავტომანქანების, ტანკერების რეცხვისას და მათი კატასტროფის შემთხვევაში წარმოქმნილი ნავთობპროდუქტებით გაჭუჭყიანებული წყლები, რომლებიც ძლიერ აბინძურებენ წყალსაცავებს;

7. თბოცენტრალები, საიდანაც ცხელი ჩამდინარე წყლების ჩაშვებისას წარმოებს წყალსაცავების თბური გაჭუჭყიანება;

8. ატომური იარაღის წყალქვეშა და ხმელეთზე გამოცდის პოლიგონები, რადიაქტიური ნივთიერებების ჩასამარხი ადგილები, ურანის ატომური საწვავის გადამამუშავებელი და ურანის მადნის ნარჩენებისაგან გამასუფთავებელი საწარმოები. ამ ობიექტებიდან ხდება რადიაქტიური დაბინძურება;

9. ტყეებიდან და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან ნაჟური თოვლის, წვიმისა და სარწყავი წყლები, რომელთა დაბინძურება განსაკუთრებით იზრდება მინერალური და ორგანული სასუქების არასწორი- მაღალი ნორმების ზედაპირული შეტანისას და ჩაკეთების გარეშე დატოვებისას. პესტიციდების არასწორი შერჩევისა და შეტანისას.

წყლის რესურსების გაჭუჭყიანება ორი სახისაა:

1. მინერალური გაჭუჭყიანება;

2. ორგანული გაჭუჭყიანება, რომელიც იყოფა ბიოლოგიურ და ბაქტერიულ დაბინძურებად.

მინერალური გაჭუჭყიანების წყაროებია: ქიმიური, მეტალურგიული, მანქანათმშენებელი ქარხნების ჩამდინარე წყლები, ნავთობისა და სამთომომპოვებელი მრეწველობის ნარჩენები, ქვიშა, თიხა და მადნის ჩანართები, წიდა, მინერალური მჟავებისა და მარილების ხსნარები, მინერალური ცხიმები და სხვ.

ორგანულ გამაჭუჭყიანებლებს მიეკუთვნება ფეკალური მასით დაბინძურებული ჩამდინარე წყლები, ტყავის, ცელულოზა ქაღალდის, ლუდის საწარმოებიდან ჩამონადენი წყლები და ა.შ.

ბაქტერიული, ანუ ბიოლოგიური გაჭუჭყიანების წყაროებია სხვადასხვა მიკროორგანიზმები: საფუარისა და ობის სოკოები, მცირე ზომის წყალმცენარეები, ტიფის და დიზინტერიის გამომწვევი ბაცილები.

წყალსაცავების გაჭუჭყიანების ნიშნებია; სხვადასხვა სახის მოტივტივე ნივთიერება და ნალექი ფსკერზე, წყლის ფიზიკური თვისებების შეცვლა (ფერი, სუნი და გემო), წყლის ქიმიური თვისებების შეცვლა (ხსნარის pH, მომწამვლელ ნივთიერებათა შემცველობა), გახსნილი ჟანგბადის შემცირება, დაავადების გამომწვევი ბაქტერიების შემცველობა.

წყალს გააჩნია მეტად მნიშვნელოვანი A<sub>2</sub> თვითგაწმენდისა და თვით აღდგენის თვისება, რაც შესაძლებელია მზის რადიაციის, ბაქტერიების, წყალმცენარეების, სოკოების მეშვეობით. წყალმა თვითგაწმენდა რომ შეძლოს, გაჭუჭყიანება არ უნდა აღემატებოდეს განსაზღვრულ კონცენტრაციას, რომელსაც წყალსაცავებში მავნე ნივთიერების ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (ზდკ) უწოდებენ.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი დამაბინძურებელი წყაროებიდან, ასევე პესტიციდებისა და სასუქების ანარჩენები და დანაკარგები, თავს იყრის წყლის ობიექტებში, რის გამოც მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში გაჩნდა სასმელი წყლის პრობლემა, ყველა ქვეყანაში სადაც მაღალი ნორმით იყენებენ აზოტთან და ფოსფორთან სასუქებს, დიდია წყლების ნიტრატებით და ფოსფატებით დაბინძურების საშიშროება.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ზედაპირული წყლები უფრო ექვემდებარებიან დაბინძურებას, ვიდრე მიწისქვეშა წყლები, მაგრამ საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნაგავსაყრელების, ქიმიური და მომწამვლელი ნივთიერებების საწყობების, მაზუთისა და ნავთობპროდუქტების რეზერვუარების, მიწისქვეშა მილგაყვანილობების მიმდებარე ტერიტორიების მიწისქვეშა წყლები, ხშირად ბინძურდება. მათი დაბინძურება ხდება აგრეთვე სატრანსპორტო ავარიების, სასუქების და პესტიციდების ბაღებში, მინდვრებში, ტყის მასივებში და ქალაქის სკვერებში არასწორი გამოყენებისას.

## სასმელი, მდინარეების და წყალსაცავების წყლის ნიტრატებით დაბინძურება

ნიტრატების საშუალო შემცველობა მდინარის წყალში მსოფლიოში 0,04-4,0 მგ/ლ ფარგლებში მერყეობს. მათი შემცველობის გადიდება ემთხვევა მინდვრებში და ბაღებში აზოტიანი სასუქების შეტანის ვადებს. არსებობს კორელაციული დამოკიდებულება შეტანილ აზოტიანი სასუქების რაოდენობასა და ზედაპირული წყლების ნიტრატებით დაბინძურებას შორის.

სასმელ წყალში ნიტრატების შემცველობის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ დამუშავებული რეკომენდაციით, შეადგენს 45 მგ/ლ  $\text{NO}_3^-$ . აგროქიმიური მომსახურების საერთაშორისო ორგანიზაციის ნორმატივებით, სასმელ წყალში ნიტრატების შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს: ზომიერი სარტყლის ქვეყნებში-22, ტროპიკულ ქვეყნებში \_ 10, გერმანიაში \_ 20, პოლონეთში და აშშ \_ 10 მგ ლიტრზე.

პირველი კლასის ზედაპირულ წყლებში, რომლებიც გამოიყენებიან კომუნალური წყალმომარაგებისათვის, კვების მრეწველობისათვის და თევზების გამრავლებისათვის მიღებულია შემდეგი ზღვრული კონცენტრაციები:  $\text{N-NH}_4^+ < 1$  მგ/ლ;  $\text{N-NO}_3^- - 13$  მგ/ლ. მეორე კლასისათვის, შესაბამისად  $\text{NH}_4^+ < 3$  და  $\text{NO}_3^- - 30$  მგ/ლ. საქართველოში ამიაკის დასაშვები შემცველობა 2 მგ/ლ, ნიტრატული აზოტისათვის \_ 10 მგ/ლ.

ნიტრატების მაღალი შემცველობის მქონე წყლის სასმელად გამოყენება, არსებით ცვლილებებს იწვევს სისხლში. მეტაბოლიზმის ნიშნით დაავადება მაშინ წარმოიშობა, როცა ნიტრატების შემცველობა წყალში შეადგენს 40-50 მგ/ლ. ხოლო როცა მისი კონცენტრაცია აღემატება 95 მგ/ლ, ეს დაავადება საკმაოდ ხშირი მოვლენაა. ასევე ჩნდება ე.წ. ცისფერი საყმაწვილო დაავადება, რომელიც მავნეა როგორც ადამიანებისათვის, ისე ცხოველებისათვის, განსაკუთრებით ბავშვებისათვის. ნიტრატების მაღალი შემცველობა იწვევს აგრეთვე ჰიპერტონულ დაავადებას. ნიტრატებიდან მათგან წარმოქმნილი ნიტროზამინები და ნიტროზამიდები ხასიათდებიან კარცეროგენული, მუტაგენური და ემბრიოტოქსიკური თვისებებით.

სასმელ წყალში ფოსფორის მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 10 მგ/ლ, ხოლო კალიუმის \_ 1 მგ/ლ. ფოსფორის შემცველობის გადიდება სასმელ წყალში გავლენას არ ახდენს ადამიანისა და ცხოველის ჯანმრთელობაზე.

ბუნებრივი წყლები ღარიბია ფოსფორით, მაშინ როცა მსხვილ სამრეწველო ცენტრებში ჩამონადენის ფოსფატებით გაჭუჭყიანება კატასტროფულ ხასიათს ატარებს. აღნიშნულს ემატება სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული ფოსფორიანი სასუქების დანაკარგები. ამ ჩამონადენების გაწმენდის შემდეგ მაინც რჩება მასში 8 მგ ფოსფორი, ამიტომ წყალსაცავებს ემუქრება ევტროფიკაცია.

სასმელ წყალში სხვადასხვა ნივთიერებების დასაშვები ნორმებია (მგ/ლ) : ამიაკის \_0,1; კადმიუმის \_0,05; სპილენძის \_0,01; დარიშხანის \_0,05; ნავთობის \_0,05; ნიკელის \_0,01; ფტორის \_0 ; ტყვიის \_0,1; ტანინის \_10; ფენოლის \_0,0001; ციანიდების \_0,05; თუთიის \_0,01 და სხვ.

## წყალსატევების ევტროფიკაცია

ჩამდინარე წყლებში გაუსუფთავებელი, სასუქებითა და მასში შემავალი და მინარევებით გაჭუჭყიანებული წყლის ჩაშვება, ხელს უწყობს წყალსაცავების დაბინძურებას და მისი საკვები ელემენტებით, განსაკუთრებით აზოტით და ფოსფორით

გამდიდრებისას, რის გამოც სანაპირო ზოლზე ადგილი აქვს წყალმცენარეების, ბალახების, ბუჩქების ინტენსიურ ზრდა-განვითარებას, რაც ევტროფიკაციის სახელითაა ცნობილი. საკვები ელემენტებით ძლიერ დაბინძურებულ წყალსაცავებში, მდინარეებში და ტბებში ხშირ შემთხვევაში მძლავრად ვითარდება ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, რომელთა ლპობისას წყალში მატულობს გახრწნის პროდუქტების: ფენოლების, ინდოლის, გოგირდწყალბადისა და სხვა მომწამვლელ ნივთიერებათა რაოდენობა

წყალსატევების ევტროფიკაცია მეტად არასასურველ მოვლენას წარმოადგენს. იგი იწვევს ქვირითის დასაყრელი ადგილების და ზოგიერთი თევზის საკვები ბაზის მოსპობას. წყლის სიღრმეში იზრდება ანაერობული ცვლა, წარმოიქმნება დიდი რაოდენობით გოგირდწყალბადი, ამიაკი, მეთანი და სხვა ტოქსიკური გაზები, ირღვევა ჟანგვა-აღდგენითი პროცესები, რაც ქმნის ჟანგბადის დეფიციტს, იწვევს ძვირფასი თევზების და მცენარეების დაღუპვას. ამასთან, ასეთი წყალი გამოუსადეგარი ხდება არა მარტო სასმელად, არამედ ტექნიკური მიზნებისთვისაც. ამგვარად, ევტროფიკაცია წყალსატევების წყალს უკარგავს ყველანაირ სამეურნეო მნიშვნელობას.

ჩამდინარე წყლებში და წყალსატევებში პოლიფოსფატების არსებობა ძალზე აძნელებს მათ ქიმიურ გაწმენდას, რადგან ამ დროს ქიმიური რეაქციის წონასწორობა იხრება ფოსფორის შემცველი შენაერთების ხსნადობის გადიდების მხარეს. სწორედ ეს აძნელებს ბუნებრივი გზით წყალსატევებში ფოსფორის ხსნადი მარილების გამოლექვას და ხელს უწყობს ევტროფიკაციის პროცესის გაძლიერებას. კალიუმისანი სასუქები წყალსაცავებს აბინძურებენ ნაკლები ხარისხით. განსაკუთრებით უარყოფით გავლენას ახდენენ ჩამდინარე წყლებისა და წყალსატევების დაბინძურებაზე ამ სასუქების თანმდევი ანიონები: ქლორიდები, სულფატები და სხვ.

## **ზედაპირული და გრუნტის წყლების დაბინძურება პესტიციდებით**

ზედაპირული წყლების პესტიციდებით დაბინძურდება ხდება სამი გზით:

1. პესტიციდების ტრანსპორტირებისას და შენახვის წესების დარღვევისას მომხდარი ავარიის შედეგად;
2. პესტიციდების გამოყენების პროცესში გამოყოფილი აეროზოლების ორთქლით;
3. პესტიციდების გამოყენების დროს მათი ზედაპირულ წყლებში უშუალო მოხვედრით.

ზედაპირულ წყლებში მოხვედრილი პესტიციდები, წყალთან ერთად, შეიძლება ჩაიჟონოს გრუნტის წყლებში და წყალსაცავებში. მათი შემდგომი გარდაქმნა დამოკიდებულია განათების ინტენსივობაზე, ნიადაგის მჟავიანობაზე, ტემპერატურაზე, მიკროფლორის შედგენილობაზე. პირველი თაობის პესტიციდების უმრავლესობა (ქლორის, ფოსფორის, და ვერცხლისწყლის შემცველი ორგანული შენაერთები) გამოირჩევა წყალხსნარებში მაღალი მდგრადობით. მათი ნახევრად დაშლის პერიოდი გრძელდება 13 საათიდან 205 დღემდე. ამ პესტიციდების დაშლის პროდუქტები უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე თვითონ პრეპარატები. ასე მაგალითად, ჰექსაქლორციკლოჰექსანი 25°C ტემპერატურაზე და 4-7 pH ინტერვალში პრაქტიკულად არ იშლება. ტემპერატურის 35° C-მდე გადიდებისას, იმავე pH ინტერვალში, პრეპარატები იშლება და მათი ტოქსიკურობა ძლიერდება.

ქლორდანი ჰუმინის მჟავების არსებობისას კარგად იხსნება წყალში. ტბის წყლებში აღმოჩენილია დაუშლელი ქლორორგანული პრეპარატები\_დდტ, დიალდრინი, ჰეპტაქლორრაპოქსიდი. მეტაქლორის დაშლის სიჩქარე დამოკიდებულია ამინდის

პირობებზე. ამ პრეპარატის ნახევრად დაშლის პერიოდი ზაფხულში შეადგენს 22 დღეს, ზამთარში – 205 დღეს.

ფოსფორორგანული პესტიციდის ფენილტროტიონის ნახევრად დაშლის პერიოდი, წყალში მიკროორგანიზმების მონაწილეობით შეადგენს 13 საათს.

ზედაპირული და გრუნტის წყლების პესტიციდებით დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად უნდა განხორციელდეს წყლის დაცვის ღონისძიებები, შემცირდეს ჩამონადენი წყლების მოცულობა. ამ მიზნით დიდი მნიშვნელობა აქვს ტყის გაშენებას წყალშემკრებ ადგილებში.

### **წყლის რესურსების მძიმე ლითონებით და რადიონუკლიდებით დაბინძურება**

**მძიმე ლითონები.** მძიმე ლითონები ჩამონადენ წყლებში ხვდებიან მეტალურგიული ქარხნებიდან, სამთომომპოვებელი წარმოებებიდან, წიდების ნაგავს-აყრელებიდან, იმ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან, სადაც სისტემატურად შეიტანება მძიმე ლითონების შემცველი ფოსფორ-კალიუმის სასუქები, ჩამონადენი წყლების ნალექი და კომუნალური და საყოფაცხოვრებო ანარჩენებისაგან მომზადებული კომპოსტები.

ჩამონადენი წყლების ზედაპირზე ხშირად შეიმჩნევა ვერცხლისწყლის, ტყვიის, კადმიუმის და სხვათა არსებობა. ისეთი მძიმე ლითონები, როგორებიცაა სპილენძი, თუთია, ქრომი, წყალში სუსტად ტუტე არეში გადადიან ნალექში. მძიმე ლითონების შემცველობა ნეგატიურად მოქმედებს წყალსატევების თვითგაწმენდაზე, უარყოფით გავლენას ახდენს ჰიდრობიონტებზე და თევზებზე.

**რადიონუკლიდები.** რადიონუკლიდები ჩამონადენ წყლებში, წყალსაცავებში, მდინაარეებში, ტბებში, ზღვებში და ოკეანეებში შეიძლება მოხვდნენ ბუნებრივი წყაროებიდან, თხევადი, მყარი და გაზისებრი რადიაქტიური ნარჩენებიდან, ავარიული გამოფრქვევის დროს. რადიონუკლიდების შემცველობა წყლის ეკოსისტემაში მოტანილია 22-ე ცხრილში.



ცხრ. 22. რადიონუკლიდების ხვედრითი წილი %-ით წყალში, გრუნტში და ბიომასაში

იზოტოპები	წყალი	გრუნტი	ბიომასა	იზოტოპები	წყალი	გრუნტი	ბიომასა
<sup>32</sup> P	10	28	62	<sup>95</sup> Zr	4	77	19
<sup>35</sup> S	93	3	4	<sup>95</sup> Nb	0	85	15
<sup>51</sup> Cr	76	12	12	<sup>105</sup> Ru	27	40	33
<sup>59</sup> Fe	3	8	17	<sup>115</sup> Cd	35	13	52
<sup>60</sup> Co	21	58	21	<sup>131</sup> I	58	13	29
<sup>65</sup> Zn	4	78	18	<sup>137</sup> Cs	6	90	4
<sup>71</sup> Ge	70	25	5	<sup>144</sup> Ce	9	40	51
<sup>86</sup> Rb	23	29	48	<sup>203</sup> Hg	8	22	77
<sup>90</sup> Sr	48	27	25	საშუალო	27	45	28
<sup>94</sup> Tc	0	92	8				

## წყლების დაბინძურების თავიდან აცილების ღონისძიებათა სისტემა

წყლის ობიექტების სუფთად შენარჩუნებისათვის საჭიროა განხორციელდეს შემდეგი ღონისძიებები;

1. სამრეწველო და კომუნალური მომსახურების საწარმოებმა, წყალსატევებში ჩამდინარე დაბინძურებული წყალი უნდა ჩაუშვან მხოლოდ გამწმენდ დანადგარებში სათანადოდ გასუფთავების შემდეგ ისე რომ, წყალში ტოქსიკურ ნივთიერებათა კონცენტრაცია არ აღემატებოდეს დადგენილ ნორმებს.

2. წყალმომხმარებლებმა ყველა ზომა უნდა მიიღონ წყლის ხარჯის, შესამცირებლად, უნდა უზრუნველყონ მისი მრავალჯერადი გამოყენება, ასევე ჩამდინარე წყლების გამოსარიცხად უნდა დანერგონ უწყლო და ჰაერით გაცივებისა ტექნოლოგიური პროცესები.

3. წყლის ლოკალური გამწმენდი სისტემის შექმნა, რომელიც უზრუნველყოფს წყლიდან ძვირფასი ნივთიერებების მოცილებას, აგრეთვე დიდი ტევადობის სალექარების აშენებას ფეკალური მასის და სხვა ორგანული დამაბინძურებლების დასალექად.

4. ავტომეურნეობებთან, რძის ქარხნებთან, სოფლის მეურნეობების ობიექტებთან, სახელოსნოებთან, ფერმებთან, შხამქიმიკატების საწყობებთან და სხვა საწარმოებთან მცირე ზომის გამწმენდი დანადგარების დამონტაჟება.

5. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან სასუქებისა და შხამქიმიკატების გადარეცხვითი და აქროლებითი დანაკარგების შესამცირებლად, საჭიროა მათი გამოყენების ტექნოლოგიის სრულყოფა და საჭიროების შემთხვევაში მათგან ჩამდინარე წყლების გასასუფთავებლად გამწმენდი დანადგარების დამონტაჟება.

6. ღონისძიებათა გატარება ნიაღვრების ჩამონატანის გასაწმენდად, წყასაცავებში, მდინარეებში და ტბებში გაუწმენდავი წყლების ჩაშვების აღსაკვეთად.

7. მდინარეებზე ხე-ტყის დაცურების შეწყვეტა, რადგან მერქნის დანაკარგი 30% შეადგენს, რის გამოც დიდი ზარალი ადგება არა მარტო წარმოებას, არამედ თევზებსა და სხვა ცოცხალ ორგანიზმებს.

8. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს პატარა მდინარეების, გუბურების და ტბების დაცვას.

## თავი V

### ნიადაგის დაბინძურება

#### ნიადაგების აგროეკოლოგიური თავისებურებანი

ნიადაგი ბუნების ერთ-ერთი სიმდიდრე და სოფლის მეურნეობის წარმოების საშუალებაა. ამავე დროს, სოფლის მეურნეობაში ის შრომის საგანიც და შრომის იარაღიცაა.

ადამიანის სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობა მიწის რესურსებზეა დამოკიდებული. თანამედროვე კაცობრიობისათვის კვებითი პროდუქტების თითქმის 88%-ს დამუშავებული ნიადაგები იძლევა, 10%-ს ღებულობენ ბუნებრივი საძოვრებიდან და ტყის სავარგულებიდან და დაახლოებით 2%-ს სოფლიო ოკეანეების რესურსებიდან.

ნიადაგი ბიოცენოზის მეტად მნიშვნელოვანი კომპონენტია და ადვილად ექვემდებარება იმ ცვლილებებს, რომელიც ბიოსფეროში და საკუთრივ მასში მიმდინარეობს. ნიადაგში, როგორც დედამიწის თხელ ორგანულ მემბრანაში, გადის დედამიწის ქერქის, ატმოსფერული ჰაერის, ხმელეთის, ჰიდროსფეროსა და ხმელეთზე არსებული ყველა ორგანიზმში (მათ შორის ადამიანის) კვების, ნივთიერებათა ცვლის უმნიშვნელოვანესი პროცესები და სხვა ეკოლოგიური ჯაჭვები. ამასთან, ნიადაგი მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ფაქტორია და მცენარეთა საყრდენ სუბსტრატს წარმოადგენს. ნიადაგიდან მცენარეები იღებენ თავიანთი სიცოცხლისათვის აუცილებელ საკვებ ელემენტებს და წყალს, რაც ფოტოსინთეზის პროდუქტებთან ერთად, მცენარეთა სხეულის საშენ მასალას წარმოადგენს.

ეკოსისტემაში ნიადაგის ფუნქციები საკმაოდ რთული და მრავალფეროვანია და ეკოლოგიურად მჭიდროდაა დაკავშირებული მცენარეული საფარის ფუნქციონირებასთან. ნიადაგი ორგანული ნივთიერებების უნივერსალური გარდამქმნელი, დამგროვებელი და ბიოქიმიური ციკლის მამოძრავებელი ძალაა. იგი ხელს უწყობს ბიოსინთეზის პროცესებს, არეგულირებს ხმელეთის ჰიდროლოგიურ რეჟიმს, გავლენას ახდენს ატმოსფეროს შედგენილობაზე და წარმოადგენს დამცავ ეკრანს.

ნიადაგი ძნელად განახლებად რესურსია და იქმნება საუკუნეობით, ამიტომ მას ესაჭიროება გონივრული გამოყენება. ისტორიამ იცის არაერთი მაგალითი, როცა ადამიანები თავის და უნებურად ანადგურებდნენ ნიადაგის ნაყოფიერ ფენას, ეს კი ხალხის და ქვეყნის გაჩანაგებას იწვევდა. ამ მოვლენას ახლაც აქვს ადგილი.

მიწათმოქმედების ინტენსიფიკაცია იწვევს ნიადაგის პროგრესულ დეგრადაციას, რაც გამოუსწორებელ ზიანს აყენებს ეკოსისტემას. ნიადაგის დეგრადაცია გულისხმობს დევეგეტაციას, დეჰუმინიფიკაციას, დაღლას და დამაბუნებას.

ნიადაგის დევეგეტაცია ნიშნავს მცენარეული საფარის მოსპობას, მის თანდათანობით სიკვდილს, ბიოპროდუქტიულობის შემცირებას და ეკოლოგიური ფუნქციების დაკარგვას. ასეთი ნიადაგები ვეღარ ანახლებენ ფესვების ბიომასას, მინერალური და ორგანული ნივთიერებების მარაგს და ბიოენერგეტიკულ რესურსებს, ხდებიან სტერილურები და უსტრუქტურო, ნაკლებ ტენიანი, ადვილად ექვემდებარებიან ეროზიას, განსაკუთრებით მთის პირობებში. მათში დაქვეითებულია ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციის პროცესი და შემცირებულია ნაყოფიერებაც.

ნიადაგის დეჰუმინიფიკაციას ადგილი აქვს მცენარეულ საფარს მოკლებულ ფერდობებზე. ის გამოიხატება წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიის და ორგანული ნივთიერებების ინტენსიური დაშლის შედეგად 70-100% ჰუმუსის დაკარგვაში.

ნიადაგის დაღლას და დამაბუნებას ადგილი აქვს ერთსა და იმავე ფართობზე ერთი და იგივე კულტურების, განსაკუთრებით სიმინდის, კარტოფილის, შაქრისა და საკვები ჭარხლის და კვებისადმი ძლიერ მომთხოვნი სხვა კულტურების შეუცვლად მოყვანისას. ასეთ შემთხვევაში სასუქების რეგულარულად შეტანის შემთხვევაშიც 5-7 წლის შემდეგ შეიმჩნევა ნიადაგის დაღლა და მოსავლის შემცირება. ეს აიხსნება ნიადაგში მცენარეების ფესვთა სისტემის მიერ გამოყოფილი მეტაბოლიტების და ტოქსინების დაგროვებით. ასეთი ნიადაგის სახნავ ფენაში გაბატონებულია ერთი და იგივე ჯგუფის სარეველები, მიკროორგანიზმები, მავნებლები, რომლებიც ამ კულტურის დაავადებას ან დაზიანებას იწვევენ. სარეველებისა და მავნებლების მოსპობა სხვადასხვა ქიმიური პრეპარატების გამოყენებით, ხშირ შემთხვევაში არ იწვევს მოსავლის გადიდებას, მაგრამ ხდება ნიადაგის და წყლების დაბინძურების, ადამიანისა და ცხოველების მოწამვლის მიზეზი.

ნიადაგის დაბინძურების და მასში ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა მთელი რიგი სანიტარულ-ჰიგიენური პირობების

დაცვა. სანიტარული თვისებების ეკოლოგიური შეფასებისათვის საჭიროა ვიცოდეთ სამი ძირითადი ასპექტი:

1. ნიადაგის ანტისეპტიკური თვისებები, რომლებიც ზღუდავენ მასში დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმების განვითარებას. დასახლებულ პუნქტებთან ახლოს მდებარე ნიადაგები, ეპიდემიოლოგიური თვალსაზრისით, საშიში არიან მათი პათოგენური მიკროორგანიზმებით დაბინძურების გამო. ნიადაგური საფარის გაჭუჭყიანებისას მოსახლეობაში ინფექციის გაჩენისა და დაავადებების გავრცელების მიზეზი შეიძლება გახდეს უმი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქცია და ნიადაგის მტვერი. ინფიცირებული ნიადაგი შეიძლება გახდეს აგრეთვე ცხოველებისა (ბრუცელოზით, ტუბერკულოზით და სხვ.) და მცენარეთა დაავადების მიზეზი. დაავადების გამომწვევი სხვადასხვა მიკროორგანიზმი ნიადაგში განსხვავებული დროით ცოცხლობს: ბრუცელოზის, შავი ჭირის და ტულარემიის გამომწვევი მიკროორგანიზმები 1-1,5 თვე; ტეტანუსის, განგრენის, აქტინომიკოზის, ბოტულიზმის გამომწვევნი – 1-10 წელი; ციმბირული წყლულის გამომწვევნი – 30 წელი და მეტი.

პათოგენური მიკროორგანიზმების სიცოცხლის უნარიანობა დამოკიდებულია ცალკეული ნიადაგის ტიპზე, მათ თვისებებზე და მდგომარეობაზე. ნიადაგის თვითგაწმენდა დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმებისაგან, დიდადაა დამოკიდებული მექანიკურ შედგენილობაზე – რაც უფრო მსუბუქი მექანიკური შედგენილობისაა ნიადაგი, მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს ეს პროცესი.

2. ორგანული ნივთიერებების დაშლაში ნიადაგში არსებული ორგანიზმების, მიკროორგანიზმებისა და უხერხემლო ცხოველების მონაწილეობა.

3. ნიადაგის მიკროორგანიზმების როლი ცოცხალი ორგანიზმების პროდუქტების დაშლაში, რის შედეგადაც ფესვთა სისტემის გავრცელების ზონაში აღარ წარმოებს ტოქსინების დაგროვება და მცენარეთა მიერ მათი შეთვისება.

### **ნიადაგის ეროზიით დაზიანების მიზეზები და მისი თავიდან აცილების გზები**

არახელსაყრელი ბუნებრივი პროცესების და ნაწილობრივ ანთროპოგენული ფაქტორების გამო, ნიადაგის ფონდი ყოველწლიურად მცირდება. ნიადაგის ფონდს დიდ ზიანს აყენებს ეროზია, დამარილება, დატბორვა, ქიმიური ნივთიერებებით დაბინძურება, აგრეთვე ნიადაგის ნაგებობებით, მშენებლობებით და წყალსაცავებით დაკავება.

ნიადაგის ეროზია ლათინურად განცალკევებას ნიშნავს. ის წყლის, მდინარეების და ქარების მიერ ნიადაგის საფარის რღვევისა და დაშლის მრავალფეროვანი პროცესია, რომლის დროსაც ირღვევა ნიადაგის ყველაზე ნაყოფიერი, 18-20 სმ სისქის ზედა ფენა, რომლის ბუნებრივად წარმოქმნისათვის საჭიროა არანაკლებ 1400-7000 წელი. ე.ი 100 წელიწადში წარმოიქმნება 0,5-2 სმ ნიადაგის ფენა. ამ ფენის დაშლა შეიძლება მოხდეს 20-30 წელიწადში ან ერთი კოკისპირული წვიმისა და ერთი მტვრიანი ქარიშხლის დროს, რომელთა ზემოქმედებას განიცდის მსოფლიოს სახნავი ფართობის დიდი ნაწილი. უკანასკნელ 100 წელიწადში ეს ფართობები შემცირდა 2 მილიარდი ჰა-ით, ანუ 27 % -ით.

წყლისმიერი ეროზიის ნაირსახეობაა ირიგაციული ეროზია, რომელსაც იწვევს მორწყვის წესების დარღვევა. მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს სოფლის მეურნეობას ქარისმიერი ეროზია, ანუ დეფლაცია, რომელსაც ექვემდებარებიან ნახევრად მშრალი მიწები. მტვრიანი ქარიშხლის დროს ხდება ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის გამოფიტვა და მისი შემადგენელი კომპონენტების გადაადგილება, ასევე თესლისა და ფესვგაუმარებელი ჯეჯილის გადატანა.

ნიადაგის გადარეცხვისაგან დასაცავად კარგი საშუალებაა ნათესი ბალახები, და თავთავიანი კულტურები. სათოხნი კულტურები ნაკლებად იცავენ ნიადაგს. 5<sup>0</sup>-ით დახრილი მცენარისაგან დაუცველი ფერდობიდან ნიადაგის 18 სმ ფენის გადარეცხვას 2-3 წელი ჭირდება, სიმინდის ნათესში \_ 9, თავთავიანი კულტურების მოყვანისას \_ 36 წელი, ბალახის საფარის შემთხვევაში \_ 10 ათასი წელი.

ეროზიულ პროცესებს აჩქარებს ტყეების უკონტროლო გაჩეხვა, პირუტყვის უსისტემო მოვება, ფერდობის არაწორი დამუშავება, მიწათმოქმედების არასწორი სისტემა. ტყის ფერდობის გაჩეხვის შედეგად ნიადაგი კარგავს შემკვრელ ფესვებს. ასეთ პირობებში თოვლის დნობისა და წვიმის შედეგად, ზედაპირული ჩამონადენი წყლების რაოდენობა 2-3\_ჯერ იზრდება ფერდობებზე, თან წარიტაცებს ნიადაგის ნაწილაკებს და ჩააქვს მდინარეებში.

პირუტყვის არაწორი მოვებისას ადგილი აქვს ნიადაგის და მცენარეული საფარის განადგურებას და ეროზიის შედეგად სავალ გზაზე ორმოების და ხრამების გაჩენას.

მიწათმოქმედების უსისტემოდ წარმართვა, ფერდობების არასწორი მოხვნა, ადვილად ეროზირებადი ნიადაგების მოხვნა და მონოკულტურის დანერგვა ხელს უწყობს ეროზიული პროცესების გამძლიერებას. ფერდობების არასწორი დაქანების მიმართულებით მოხვნა იწვევს ნიადაგის წყლისმიერი ეროზიის გამძლიერებას. ამის თავიდან ასაცილებლად ფერდობი უნდა მოიხვნას სიგანეზე.

მონოკულტურები ფიტავენ ნიადაგს საკვები ელემენტებისაგან. მათ შესავსებად იყენებენ მინერალურ სასუქებს, რომლებიც ვერ ცვლიან ორგანულ სასუქებს, რის შედეგადაც ნიადაგი კარგავს თავის დადებით თვისებებს, სტრუქტურას და ნაყოფიერებას, მისი ნაწილაკები გამოირჩევიან დაბალი შეწებების უნარით, ადვილად ემორჩილებიან წყლისმიერ და ქარისმიერ ეროზიას.

გარდა ამისა, ნიადაგის დაზიანება ხდება ტრანსპორტით, მიწის სათხრელი მანქანებით და სხვა ტექნიკური საშუალებებით. ამგვარ დაზიანებას ტექნიკური ეროზია ეწოდება.

ეროზიული მოვლენების თავიდან აცილება ბევრად უფრო იოლია, ვიდრე მის შედეგებთან ბრძოლა.

### **ნიადაგის დაბინძურების ძირითადი წყაროები**

ნიადაგის დაბინძურების ძირითად წყაროს წარმოადგენენ ბუნებრივი და ანტროპოგენური ფაქტორები. ამ უკანასკნელი ფაქტორის მოქმედების შედეგად დიდი ზიანი ადგება ნიადაგის ეკოსისტემას სხვადასხვა დამაბინძურებელი ტოქსიკური ნივთიერებების, პესტიციდების, მძიმე ლითონების, მინერალური სასუქების მაღალი ნორმების, საწვავ-საცხები მასალების, უსაფენო ნაკელის და სხვათა მოხვედრის შედეგად.

საწარმოებიდან გამონაბოლქვი ტოქსიკური ნივთიერებები ნიადაგში ხვდებიან ატმოსფერული ნალექებით და ილექებიან მტვრის ან აეროზოლების სახით. ნიადაგიდან შემდგომში ბინძურდება მცენარეული პროდუქტები. დამაბინძურებელ ნივთიერებებს ატმოსფერული ნალექები ნიადაგში რეცხავენ წყალშემცველ ჰორიზონტებამდე. თავის მხრივ, ნიადაგი იცავს ზედაპირულ წყლებს გაჭუჭყიანებისაგან, ფილტრავს, შთანთქმავს მათ და კრავს ნაკლებად მოძრავ და მცენარისათვის ნაკლებად შესათვისებელ ფორმაში.

დამაბინძურებელი ორგანული ნივთიერებების წყალხსნარები, ნიადაგში მოხვედრის შემდეგ, ურთიერთქმედებაში შედიან ნიადაგის გრუნტთან, იქ დასახლებულ მიკროორგანიზმებთან და საკმარისი რაოდენობით ჟანგბადის არსებობისას, რთული

ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების გავლენით, განიცდიან მინერალიზაციას. ამ გზით წარმოქმნილი მარტივი მინერალური შენაერთები შთანთქმება მცენარეებისა და მიკროორგანიზმების მიერ. ე.ი. ამ პროცესების შედეგად ნიადაგი თვითონ იწმინდება დამაბინძურებლებისაგან. მაგრამ ნიადაგის თვითგაწმენდის უნარი უსაზღვრო არაა, რადგან მიკროორგანიზმთა ცხოველმყოფელობა შეიძლება შეფერხდეს ჭარბი ტენიანობით, რომელიც ამცირებს ნიადაგში აერაციის პროცესს, ამას კი თან სდევს ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვისა და ნიტრიფიკაციის პროცესის შეჩე-ება.

ნიტრატების ჭარბი რაოდენობით დაგროვება ნიადაგში წარმოებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ აზოტიანი სასუქების მაღალი ნორმების გამოყენებისას, ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების, ნაკელის, ტორფის, კომპოსტების მიკროორგანიზმების მიერ მინერალიზაციის შედეგად. ნიტრატების დანაკარგების მინიმუმამდე შესამცირებლად, აუცილებელია მცენარის მიერ აზოტის გამოყენების კოეფიციენტის გადიდება აზოტიანი სასუქების წილადობრივი შეტანით, აზოტიანი და ორგანული სასუქების ერთობლივი შეტანით და სხვა აგროტექნიკური ღონისძიებების გატარებით.

### **ნიადაგის პესტიციდებით და დიოქსინით დაბინძურება და მისი შემცირების მეთოდები**

პესტიციდებით ნიადაგის დაბინძურება წარმოებს მემცენარეობაში მათი მრავალწლიანი გამოყენების შემდეგ. მაგალითად, პესტიციდ 2,4 დ-ს გააჩნია ნიადაგში 100 სმ სიღრმეზე გადაადგილების უნარი. ეს პროცესი დიდად არის დამოკიდებული ნიადაგის წყლით უზრუნველყოფაზე. თუ პესტიციდის ორგანული ნახშირბადის შთანთქმის კოეფიციენტი 500 მგ/კგ ტოლია, ანუ მისი ნახევრად დაშლის პერიოდი 100 დღეზე მეტია, ის ადვილად აღწევს გრუნტის წყლებამდე, რასაც მოწმობს სხვადასხვა სიღრმეზე დაბურღულ სასმელ წყლებში დიბრომქლოროპროპანის და ალდიკარბის ნაშთების აღმოჩენა. მათ გადანაცვლებას ხელს უწყობს ატმოსფერული ნალექების დიდი რაოდენობა, უმნიშვნელო აქროლების უნარი, ნიადაგში ჰუმუსის დაბალი შემცველობა და მიკროორგანიზმების სუსტი აქტივობა, პრეპარატის დაშლის ხანგრძლივი პერიოდი, ნიადაგის მიერ მათი შთანთქმის უნარი და პრეპარატების წყალში კარგი ხსნადობა.

ჰერბიციდები ხასიათდებიან წყალში ხსნადობით და ნიადაგის მიერ დაბალი შთანთქმის უნარით. ისინი ხშირად შეაქვთ ნიადაგში, მაშინ როცა ნიადაგის ზედაპირზე არსებულ მცენარეებს სხვა პრეპარატებით ამუშავებენ.

უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში ნიადაგის ზედაპირულ წყლებში აღმოჩენილ იქნა 32 ჰერბიციდი, მათგან 29-ის შემცველობის დონე აღემატება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას 0,1 მგ/კგ-ს. ყველაზე მეტად დაბინძურებულია ნიადაგი ატრაზინით, რაც გამოწვეულია მისი მაღალი დოზით გამოყენებით.

მართალია, ნიადაგის ორგანულ ნივთიერებას აქვთ პესტიციდების ნახევრად დაშლის პროდუქტების შთანთქმის უნარი, მაგრამ მის მიერ შებოჭილი შხამ ქიმიკატები დიდხანს ნარჩუნდება მასში და საშიშროებას უქმნის ეკოსისტემის სხვა კომპონენტებს.

პესტიციდებისგან ნიადაგის გაწმენდის სისტემებს თან ახლავს დიდი სირთულეები, რაც დაკავშირებულია მათი ასორტიმენტის მრავალფეროვნებასთან. ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად ყველაზე გამართლებულია ნიადაგის პესტიციდებისგან გაწმენდის ბიოლოგიური მეთოდი. ამ მხრივ ტრადიციული მეთოდია აბორიგენული მიკროფლორის აქტივიზაცია მათთვის ოპტიმალური ზრდა-განვითარების პირობების შექმნით. კარგ

შედეგს იძლევა პესტიციდების დაშლა კომპოსტირებით. მაგალითად, ქათმის ნაკელის კომპოსტირებისას მიკროორგანიზმთა აქტივაციას ახდენენ მათი სპეციალური საფუარის მომზადებით, რომლებიც ადაპტირებული არიან პესტიციდების დაშლაზე.

საგანგებო სიტუაციაში ნიადაგის პესტიციდებით ინტენსიური დაბინძურებისას, მიზანშეწონილია ისეთი დეტოქსიკაციის მეთოდების გამოყენება, რომლებიც დამყარებულია მიკროორგანიზმების შტამების გამოყენებაზე და ნიადაგში აქტივიზებული ნახშირის შეტანაზე.

**დიოქსინი.** დიოქსინი დიდი რაოდენობითაა ზოგიერთი საწარმოს გამონაბოლქვ გაზებში, აქედან გამომდინარე, ნიადაგი უპირატესად ჰაერიდან ბინძურდება. ნიადაგში დიოქსინი უპირატესად გროვდება ზედა 2-7 სმ-იან ჰუმუსოვან ფენაში, სადაც ის გადადის ორგანულ ფორმაში. მათი გადაადგილების უნარს ადიდებს გამოფრქვეულ გაზებში არსებული ორგანული გამხსნელები, ნავთობპროდუქტები და ორგანული ნივთიერებები. დიოქსინი ნიადაგში აღწევს 6-20 სმ სიღრმეზე. მათი სტაბილურობა დამოკიდებულია ნიადაგის ტიპზე, ტენიანობაზე, ტემპერატურაზე, მიკროორგანიზმების შემცველობაზე, გაკულტურების ხარისხსა და სხვა ფაქტორებზე.

სასოფლო-სამეურნეო სავარგულად გამოყენებულ ნიადაგში დიოქსინის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,1 მგ/კგ. სახნავ სათესად გამოუსადეგარია ის ნიადაგი, რომელიც შეიცავს 1 მგ/კგ დიოქსინს. დიოქსინით დაბინძურების აღსაკვეთად აუცილებელია იმ ქარხნების ტექნოლოგიური პროცესების მოდერნიზაცია, რომლებიც დიოქსინით აბინძურებენ გარემოს.

### ნიადაგის მძიმე ლითონებით დაბინძურების გზები

ნიადაგში მნიშვნელოვნად იცვლება ქიმიური ელემენტების და მძიმე ლითონების შემცველობა, რომელთა რაოდენობა დიდად არის დამოკიდებული მის მჟავიანობაზე, მინერალოგიურ შედგენილობაზე, ნიადაგწარმოქმნელ ქანებზე, რელიეფზე, კლიმატზე, ნაკლები ხარისხით – მის მექანიკურ შედგენილობაზე. (ცხრ. 23). მაგალითად, კადმიუმი ნიადაგში მოძრავი ხდება, როცა pH მაჩვენებელი დაბალია 5,5-ზე. სუსტ მჟავე და ნეიტრალურ ნიადაგებზე pH 5,5-7,5, აგრეთვე ტუტე და ძლიერ ტუტე ნიადაგებზე pH 7,5-9,5 ეს ელემენტი ნაკლებ მოძრავია.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მძიმე ლითონების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ნიადაგში განსხვავებულია და დამოკიდებულია მის ფიტოტოქსიკურობაზე და მცენარეში შელწევის უნარზე. დარიშხანისათვის ეს ზღვარი შეადგენს 50 მგ/კგ, კადმიუმისა და ვერცხლისწყლისათვის – 5 მგ/კგ, ტყვიისათვის ნიკელისათვის, ქრომისათვის და სპილენძისათვის – 100 მგ/კგ.

სხვადასხვა ლითონებით, რადიაქტიური ელემენტებით და ტოქსიკური შენაერთებით ნიადაგის დაბინძურებაზე უპირველეს გავლენას ახდენს ატმოსფერო, სადაც ისინი ხვდებიან თბოელექტროსადგურებიდან, შავი და ფერადი მეტალურგიის ქარხნებიდან, ქიმიური კომბინატებიდან, ავტოტრანსპორტის, ატომური ენერგეტიკის და სხვა საწარმოების მიერ გამონაბოლქვ აირებთან ერთად.

### 23. ელემენტების კონცენტრაცია ნიადაგში

ელემენტი	ელემენტის კონცენტრაცია ნიადაგში (მგ/კგ-ში)		
	კონცენტრაციის	ყველაზე ხშირად შემხვედრი	ზღვრული დასაშვები

	საერთო დაიპაზონი	კონცენტრაცია	კონცენ- ტრაცია
ბერილიუმი	0,1-10	1-5	10
ბორი	2-200	5-30	100
ფტორი	10-500	50-250	500
დარიშხანი	1-150	2-20	50
კადმიუმი	0,01-1,0	0,1-1	5
ვერცხლისწყალი	0,01-1,0	0,1-1	5
ტყვია	0,1-10	0,1-5	100
კობალტი	1-50	1-10	50
ქრომი	1-100	10-50	100
სპილენძი	2-100	5-20	100
მოლიბდენი	0,2-10	1-5	10
ნიკელი	1-100	10-50	100
სელენი	0,1-10	1-5	10
თუთია	10-300	10-50	300

ატმოსფეროში გამოტყორცნილი ლითონების 10-30 % ვრცელდება 10 კმ-ზე მეტ მანძილზე და მათი 95 % ნიადაგში ხვდება ტექნოგენური მტვრის სახით. აქედან წყალხსნად ფორმაში შეიძლება იყოს პროცენტის მეთაღი, იშვიათად კი – რამდენიმე პროცენტი. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ თუთიის მდნობი ქარხნებიდან გამოტყორცნილი Zn, Cu, Pb, Cd და სხვა ლითონები, წყალხსნადი ფორმების რამდენჯერმე მეტ რაოდენობას შეიცავენ, ვიდრე შავი მეტალურგიის გამონაბოლქვ აირებში მყოფი იგივე ლითონები (ცხრ. 24).

მძიმე ლითონების, რადიაქტიური ელემენტების და ტოქსიკური შენაერთების ნიადაგში მოხვედრის მეორე ძირითად წყაროს, როგორც ზემო მივუთითეთ, ფოსფორიანი, რთული სასუქები, მათი აგრომადნები, კალიუმანი სასუქები და მათი ნედლი მარილები, საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ანარჩენებისგან და ჩამონადენი წყლების ნალექისაგან მომზადებული კომპოსტები წარმოადგენენ. ამერიკაში და გერმანიაში ფოსფორიანი სასუქების 80 წლიანი სისტემატური გამოყენებით, ურანის კონცენტრაცია ნიადაგში ორჯერ გაიზარდა.

ნიადაგის დაბინძურებაში მონაწილეობს მცენარეთა დაცვის ისეთი ქიმიური საშუალებები, რომლებიც თავიანთ შემადგენლობაში შეიცავენ მძიმე მეტალებს: Hg, Zn, Cu, Fe და სხვ. დღესდღეობით ვერცხლისწყლის შემცველი პრეპარატები, მაგალითად გრანოზანი, გამოიყენება თესლის შესაწამლად ისეთი მცირე რაოდენობით, რომ მას არ შეუძლია ნიადაგის დაბინძურების გამოწვევა. სხვა ვერცხლისწყლიანი პრეპარატები საერთოდ ამოღებულია ხმარებიდან.

თანამედროვე სოფლის მეურნეობაში ფართოდ გამოიყენება სპილენძისა და თუთიის შემცველი ფუნგიციდები: სპილენძის სამქლორფენოლატი (C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub>O)Cu, კუპროზანი (37,5 % სპილენძის და 15 % ცინები), სპილენძის სულფატი CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O, სპილენძის ქლორჟანგი 3Cu(OH)<sub>2</sub> · CuCl<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O, ცინები Cu<sub>6</sub>N<sub>2</sub>S<sub>4</sub>Zn, ცირამი-C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>S<sub>4</sub>Zn. მღრღნელების მოსასპობად გამოიყენება თუთიის ფოსფიდი Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>. სპილენძისა და თუთიის ზემოთ დასახელებული პრეპარატები ფართოდ გამოიყენება მევენახეობაში და სათბურებში, რაც იწვევს ნიადაგში მათ დაგროვებას და მცენარეთა ზრდა-განვითარების გაუარესებას.

მძიმე ლითონების ძირითადი მასა კონცენტრირდება ნიადაგის ზედა 2-5 სმ ჰუმუსიან ფენაში. აქ ის იყოფა ფიქსირებულ და მოძრავ ნაწილად. მოძრავი ფორმები შემდგომში განიცდიან



24. ატმოსფეროდან ნიადაგში მტკვრთან ერთად მოხვედრილი ქიმიური ელემენტების რაოდენობა. (გარმაში გ.ა. 1985.)

წარმოებთან დაშორება	ჩამონადენის სახე	შემცველობა მგ/კგ 1ლ ან 1 კგ-ში				
		Fe	Cu	Zn	Pb	Co
50 კმ-ზე მეტი	I. თოვლის ნაღობი წყალი II. გაუფილტრავე თოვლის წყლის ნალექი III. თოვლის წყლის ფილტრატი	1,3 47100 0,010	0,007 20 0,007	0,057 1500 0,016	0,008 220 0,002	0,0003 12 კვადრი
1 კმ შავი მტკვრის ლურჯის კომბინატიდან	I. თოვლის ნაღობი წყალი II. გაუფილტრავე თოვლის წყლის ნალექი III. თოვლის წყლის ფილტრატი	567,2 297,0 0,051	0,43 0,22 0,013	5,8 3,0 0,019	0,49 0,25 0,006	0,027 0,014 0,001
1,2 კმ თუთიის გადასადნობი ქარხნიდან	I. თოვლის ნაღობი წყალი II. გაუფილტრავე თოვლის წყლის ნალექი III. თოვლის წყლის ფილტრატი	14,9 47,6 0,004	0,41 1,40 0,007	15,4 49,8 0,92	0,39 1,30 0,012	0,136 0,415 0,002

ტრანსფორმაციას, სპილენძისა და ტყვიის საწყისი ფორმები გადადიან უფრო ნაკლებად მოძრავ ფორმაში. ამიტომ, სიღრმეში მათი გადაადგილება მნიშვნელოვნად მცირდება, ეს კი აადვილებს და უფრო ეფექტურს ხდის ამ მძიმე ლითონების დაბინძურების აღსაკვეთად განსახორციელებელ ღონისძიებებს. რაც შეეხება თუთიას და კადმიუმს, მათი შენაერთები უფრო მოძრავ ფორმაში გადადიან და ჩარეცხვითი წყლის რეჟიმისა და ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ნიადაგებზე მიგრაციას განიცდიან ნიადაგის ხსნარებში და მყარ ნაწილაკებში. მიუხედავად ამისა, ნიადაგის სიღრმის მატებასთან ერთად, მძიმე ლითონების კონცენტრაცია კლებულობს და 90 სმ ფენაში 5-6-ჯერ მცირდება.

მსხვილი სამრეწველო ქალაქებიდან ჩამონადენი წყლების გაწმენდისას რჩება დიდი რაოდენობით ნალექი, რომელიც შედგება ორგანული და მინერალური ნივთიერებებისაგან. ამ ნალექში შემავალ ორგანულ ნივთიერებებს უნარი აქვთ წყლიდან შთანთქონ მძიმე ლითონების მარილების კათიონები. ამიტომ, ჩამონადენი წყლების ნალექის შერევა საკანალიზაციო ქსელში, მნიშვნელოვნად წმენდს მას მძიმე ლითონებისაგან. ჩამონადენი წყლების სპეციალურ სალექარებში გაწმენდისას მძიმე ლითონების მნიშვნელოვანი რაოდენობა სცილდება მას აქტიური ლამისა და

მიკროორგანიზმების უდიდესი და უმდიდრესი მასის სახით, ამიტომეს ნივთიერებები სწრაფად იშლებიან და გამოყოფენ არასასიამოვნო სუნს, რაც ძალზე საშიშია ატმოსფეროს დაბინძურებისათვის. აქედან გამომდინარე, საჭიროა მისი გაუვნებელყოფა, რომლის ყველაზე იაფ ღონისძიებას მათი ორგანულ სასუქად გამოყენება წარმოადგენს, რადგან ისინი შეიცავენ დიდი რაოდენობით აზოტს, ფოსფორს, კალიუმს და კალციუმს.

მაგრამ ჩამონადენი წყლების ნალექის ორგანულ სასუქად გამოყენება შეზღუდულია იმის გამო, რომ ისინი დიდი რაოდენობით შეიცავენ მძიმე ლითონებს, (ცხრ. 25), ამიტომ მათი სისტემატური გამოყენება იწვევს ნიადაგის ძლიერ დაბინძურებას.

მძიმე ლითონების მნიშვნელოვანი რაოდენობა ხვდება ნიადაგში ნაკელის შეტანით. მაგალითად, ღორის ნაკელით სამოვარის სისტემატური განოყიერებისას, შეინიშნება მცენარეში სპილენძისა და თუთიის შემცველობის გადიდება, რომელთაც იყენებენ როგორც საკვებ დანამატს ღორების კვებისას.

მძიმე ლითონები დიდ გავლენას ახდენენ ნიადაგში მიმდინარე ბიოლოგიურ პროცესებზე, ამცირებენ მიკროორგანიზმთა საერთო რაოდენობას, ცვლიან მიკრობიოცენოზის სტრუქტურას, ამცირებენ მიკრობიოლოგიური პროცესების ინტენსივობას, ნიადაგის ფერმენტთა აქტივობას. ზოგიერთ შემთხვევაში, მიკროორგანიზმთა რაოდენობა შეიძლება გაიზარდოს ნიადაგში მძიმე ლითონებისადმი ნაკლებად გამძლე სახეობების დახოცვით და მათდამი გამძლე სახეობების აქტიური განვითარებით და გამრავლებით, რომლებიც არატიპიურ სახეობებს წარმოადგენენ. ასეთმა მოვლენებმა შესაძლებელია უარყოფითად იმოქმედოს ბუნებრივ ეკოლოგიურ პირობებზე, ნიადაგის ფუნქციასა და მის ნაყოფიერებაზე. ამ შემთხვევაში ყველაფერი უნდა გაკეთდეს ნიადაგში სასარგებლო მიკროფლორის რაოდენობის გადიდებისათვის, ეკოსისტემისათვის საშიში მძიმე ლითონებით დაბინძურების მასშტაბების და დონის განსაზღვრისათვის, მათი მიგრაციის უნარის შესწავლისათვის.

**ცხრ. 25. მძიმე ლითონების შემცველობა კომუნალური ჩამონადენი წყლების ნალექში**  
**Pade A.L., 1974; Sommers L.E. 1977.**

მეტალი	ნიმუშების რაოდენობა	მძიმე ლითონის საშუალო შემცველობა %-ით მშრალ ნივთიერებაში
მანგანუმი	143	380
კობალტი	13	5,3
მოლიბდენი	300	28
ვერცხლისწყალი	78	733
ტყვია	189	1360
თუთია	208	2790
სპილენძი	205	1020
ნიკელი	165	320
კადმიუმი	189	110
ქრომი	130	2620

ბიოსფერო ხასიათდება არაერთგვაროვანი ქიმიური შემადგენლობით, მისი ძირფესვიანი შესწავლისათვის წარმოებს ბიოგეოქიმიური რაიონების გამოყოფა, რომლის მიზანია არა მარტო ქიმიური ელემენტების შემცველობისა და თანაფარდობის ზონალური განსხვავების განსაზღვრა, არამედ იმ ხელოვნური ცვლილებების შესწავლა და განზოგადოება, რომელიც წარმოიქმნება ორგანიზმსა და გარემოს შორის ბუნებაში მიმდინარე ცვლილებების პროცესში. სხვადასხვა ბიოგეოქიმიურ რაიონებში ჩატარებული სამუშაოებით შესაძლებელი შეიქმნა ნიადაგში ამა თუ იმ ელემენტის სიმცირის ან სიჭარბის ლიკვიდაცია სასუქების ოპტიმალური ნორმების, ვადების და შეტანის ჯერადობის განსაზღვრით, რამაც შესაძლებელი გახდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გადიდება და ხარისხიანი პროდუქციის წარმოება.

სასუქების გამოყენების ოპტიმალური სისტემის შემუშავებისათვის საჭიროა მცენარეთა ბუნებრივი პირობებისადმი ადაპტაციის გათვალისწინება, წინააღმდეგ შემთხვევაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ფუნქციონალურ გადახრას, რაც დაკავშირებულია შეცვლილი გარემო პირობების მიმართ მცენარის რეაქციასთან. ახლად შექმნილი ჯიშები უნდა გამოირჩეოდნენ მინერალური კვების ელემენტებისადმი ტოლერანტობის, ანუ შემგუებლობის ფართო დიაპაზონით, რომლის კრიტერიუმად იყენებენ მცენარის დაჩაგვრის გარეგნული სიმპტომების გამოვლინებას.

### **ნიადაგის დაბინძურება რადიონუკლიდებით და მისი შემცირების გზები**

ნიადაგის რადიონუკლიდებით დაბინძურება ძირითადად წარმოებს ატომური და სითბური ენერგეტიკის საწარმოებით. ისინი ატმოსფეროში გამოტყორცნიან მძიმე ლითონების რადიონუკლიდებს:  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$  და სხვები, რომლებიც ნაკლებად სიცოცხლისუნარიან ნუკლიდებს წარმოადგენენ და მათი მონაწილეობა კვებით ჯაჭვში ერთი სავეგეტაციო პერიოდით შემოიფარგლება.

ხანგრძლივ მოქმედი რადიონუკლიდები  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  და სხვები, რომლებიც წარმოიქმნიებიან ატომური საწვავის დაყოფის შედეგად, ეკოლოგიურად საინტერესონი არიან არა თავიანთი ფიტოტოქსიკურობით, არამედ რადიაქტიურობით, რაც დაკავშირებულია მათ ქიმიურ თვისებებთან. ატმოსფეროდან ნიადაგში და წყალში ამ ელემენტების მოხვედრა არ ცვლის მათ კონცენტრაციას, მაგრამ მნიშვნელოვნად ცვლის რადიაქტიურობის ფონს და გამოსხივების ხარისხს. ზოგიერთი რადიონუკლიდის შემცველობა ნიადაგში მოცემულია 26\_ე ცხრილში.

ნიადაგში რადიონუკლიდებით დაბინძურება ხდება აგრეთვე ფოსფორიანი და რთული სასუქების მაღალი ნორმების გამოყენე-

**ცხრ. 26. რადიონუკლიდების შემცველობა ნიადაგში, მგ-ით 1კგ შრალ მასაში.**

მეტალი	საშუალო შემცველობა	შემცველობის შესაძლო დიაპაზონი
რადიუმი	8 . 10-7	3-20 . 10-7
თორიუმი	5	0,1-12
ურანი	1	0,9-9,0

სტრონციუმი	300	50-1000
------------	-----	---------

ბისას, ნაწილობრივ – კალიუმის სსსუქების 4-6 წლის სისტემატური შეტანისას და მარაგად ნორმის ერთად შეტანისას.

ეკოსისტემაში რადიონუკლიდების მიგრაცია დამოკიდებულია მათ ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე, ნიადაგის თვისებებზე და მცენარის ბიოლოგიურ თავისებურებებზე. ნიადაგში რადიონუკლიდების ბიოლოგიურ შთანთქმვაზე გავლენას ახდენს მექანიკური შედგენილობა, ჰუმუსის შემცველობა, რადიონუკლიდების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

ნიადაგი ფლობს მაღალი შთანთქმის უნარს, რის გამოც მასში მოხვედრილი რადიონუკლიდების მთელი რაოდენობა თავს იყრის ფესვთა სისტემის განვითარების ზონაში, საიდანაც ისინი მცირე რაოდენობით შეითვისებებიან მცენარის მიერ, შემდეგ კი უწყვეტი ჯაჭვით გადადიან ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში. მაგრამ ნიადაგის მყარი ფაზის მაღალი შთანთქმის უნარის გამო, რადიონუკლიდების ბიოლოგიური შთანთქმა ფესვთა სისტემის მიერ, მცირდება. აქედან გამომდინარე, იზრდება მათი მიგრაცია ნიადაგის პროფილში.

რადიონუკლიდების გადაადგილების უნარზე გავლენას ახდენს ნიადაგის მექანიკური შედგენილობა. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებზე რადიონუკლიდების შთანთქმის ინტენსივობა მაღალია, ამიტომ მათი გადაადგილება და მცენარის მიერ შეთვისება შემცირებულია.

ნიადაგის ორგანულ შენაერთებს რთული კომპლექსების წარმოქმნა შეუძლიათ რადიონუკლიდებთან, ამიტომ, ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგზე რადიონუკლიდები ნაკლებად შესათვისებელია ვიდრე მცირე ჰუმუსიანზე.

რაც მეტია ნიადაგში თიხის ფრაქცია, მით ნაკლებ რადიონუკლიდებს შთანთქავს მცენარე. რადიონუკლიდების ბუნებრივი გადაადგილება ნიადაგში წარმოებს ძალზე ნელა. მისი გადაადგილების სიჩქარე დამოკიდებულია არა მათ ურთიერთქმედებაზე მშთანთქმელ კომპლექსთან, არამედ ნიადაგის წყლის რეჟიმზე და ფიზიკურ თვისებებზე. ასე, მაგალითად <sup>137</sup>Cs მაქსიმალური რაოდენობით გადაადგილება აღინიშნება მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ჭაობიან ნიადაგზე.

ნიადაგის ზედა ფენებიდან ქვედა ჰორიზონტში რადიონუკლიდების გადანაცვლება ხდება მაღალი ჩარეცხვითი წყლის რეჟიმის მქონე ჭაობიან ნიადაგებზე.

ნიადაგის ფესვთა სისტემის ცხოველმყოფელობის ჰორიზონტში რადიონუკლიდების ნახევრად გაწმენდის ეკოლოგიური პერიოდი მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის მინერალური ნიადაგებისათვის შეადგენს: <sup>90</sup>Sr – 9 წელს; <sup>137</sup>Cs – 60-150 წელს; მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებზე <sup>90</sup>Sr – 15-32 წელს; <sup>137</sup>Cs – 150-400 წელს; ჰიდრომორფულ ორგანულ ნიადაგებზე <sup>90</sup>Sr – 100-160 წელს; ნაკლებ ჰუმუსიანი სილნარი ნიადაგისათვის 2-6 წელს.

**ნიადაგის დაბინძურება ადამიანისა და ცხოველთა ინფექციური დაავადებების გამომწვევი მიკროორგანიზმებით**

ნიადაგი არის ხელსაყრელი არე მრავალი მიკროორგანიზმის ნორმალური განვითარებისათვის. მისი ბიოცენოზის შედგენილობაში შედის ბაქტერიები, სოკოები, უმარტივესი ორგანიზმები, ბაქტერიოფაგები. მათ შორის აღსანიშნავია თავისუფლად მცხოვრები აზოტფიქსატორი ბაქტერიები Azotobacter, rhisobium გვარის კოჟრის

ბაქტერიები, ნიტრიფიკატორები, სოკოები, დენიტრიფიკატორები, ურობქაქტერიები, აქტინომიცეტები, ლპობის ბაქტერიები და სხვ. ზემოთ ჩამოთვლილი მიკროორგანიზმები მონაწილეობენ ნივთიერებათა წრებრუნვაში, ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციაში და ნიადაგის თვითგაწმენდაში. მიკროორგანიზმებით უფრო მდიდარია შავმიწები და ყავისფერი ნიადაგები.

ნიადაგის მიკრობულ ბიოცენოზში პათოგენური და პირობითად პათოგენური მიკროორგანიზმები არ შედიან, მათი ცხოველმყოფელობისათვის არახელსაყრელი პირობების, ძირითადი საკვები ელემენტების სიმცირის, აგრეთვე ნიადაგში მცხოვრები ბაქტერიებს, სოკოებს, აქტინომიცეტებს და უმარტივეს ორგანიზმებს შორის არსებული ანტაგონიზმის გამო.

მიუხედავად ამისა, ნიადაგს პირველი ადგილი უკავია გარემოს სხვა კომპონენტებს შორის პათოგენური მიკროორგანიზმების გადაცემაში. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ვიცოდეთ ადამიანისა და ცხოველთა დაავადებების გამომწვევი მიკროორგანიზმების სიცოცხლის ხანგრძლივობა, რომელზეც მრავალი ეკოლოგიური ფაქტორი ახდენს გავლენას. ძირითად ეკოლოგიურ ფაქტორებს წარმოადგენენ: ტემპერატურა, ტენიანობა, გამოსხივების ინტენსივობა და ხანგრძლიობა, pH მაჩვენებელი, ნიადაგის სტრუქტურა, მასში საკვები და ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველობა.

ზაფხულში ნიადაგში ინფექციის გამომწვევთა ცხოველმყოფელობა დაბალია. მზის სინათლისადმი მგრძნობიარენი არიან ლეპტოსპოროზის, ბრუცელიოზის გამომწვევნი, მიკობაქტერიები, სალმონელები ნაწლავის ჩხირების ჯგუფის ბაქტერიები, კლოსტრიდიუმის სპორები და სხვ.

ცნობილია, რომ ციმბირულ წყლულს, ტეტანუსს, ნაწლავის ჩხირებს ნიადაგში არა მარტო ხანგრძლივი დროით სიცოცხლის უნარი გააჩნიათ, არამედ განსაზღვრულ პირობებში მრავლდებიან კიდევ. არსებული მონაცემებით, ციმბირული წყლულის გამომწვევთ შეუძლიათ 50-60 წელი იცოცხლონ. მისი უფრო აქტიური კერები შეინიშნება ტენიან და ჭაობიან ადგილებში.

უსპორო (ვეგეტატიური ფორმის) მიკროორგანიზმებით დასნებოვნებული ნიადაგის გაუვნებლობისათვის რეკომენდებულია მის ზედაპირზე 20 % ახლადჩამქრალი კირის ან კალციუმის ქლორიდის ხსნარის შეტანა, რომელიც შეიცავს 2 % ქლორს. ვირუსებით გამოწვეული დაავადებების დეზინფექციისათვის იყენებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 4%-იან ხსნარს.

### **ნიადაგის რეკულტივაცია. მძიმე ლითონებითა და სხვა ტოქსიკური შენაერთებით ნიადაგის დაბინძურების შემცირების ღონისძიებები**

ყოველწლიურად სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მნიშვნელოვანი რაოდენობა ზიანდება და ბინძურდება მრეწველობის ანარჩენებით, სამთო მომპოვებელი საწარმოების და კარიერების გახსნით, შლამსაყრელების და ნაგავსაყრელების მოწყობით.

მიწების რეკულტივაცია გულისხმობს როგორც მრეწველობის მიერ დაზიანებული მიწების აღდგენას და მისი ნაყოფიერების გადიდების ღონისძიებათა კომპლექსის გატარებას, ისე დარღვეული ბუნებრივი ლანდშაფტების კულტურულ ლანდშაფტად გადაქცევას. ტერიტორიის აღდგენა ოთხი ძირითადი მიმართულებით ხორციელდება: სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებისათვის გამოსაყენებლად, ტყის ნარგაობის გასა-

შენებლად, წყალსაცავების მოსაწყობად, საცხოვრებელი და კაპიტალური მშენებლობის საწარმოებლად.

რეკულტივაცია ორ ეტაპად ხორციელდება:

1. სამთო-ტექნიკური ღონისძიებების გატარებისას აწარმოებენ ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის დაყრას, საინჟინრო და მელიორაციული ღონისძიებების გატარებას, მისასვლელი გზების მოწყობას.

2. ბიოლოგიური ეტაპი გულისხმობს ნიადაგის აღდგენას დაზიანებულ ნაკვეთებზე მერქნიანი ჯიშების დარგვით ან სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოყვანით.

მაგალითად, შავი მეტალურგიის მიერ დარღვეული ნიადაგის ნაყოფიერების აღსადგენად რეკომენდებულია 5-10 წლის განმავლობაში ბალახების თესვა და მინერალური და ორგანული სასუქების შეტანა. ქვანახშირის მრეწველობისაგან დაზიანებული მიწების აღსადგენად ძირითადად ტყის ნარგაობის გაშენებას აწარმოებენ.

ენერგეტიკული საწარმოების ნაცარსაყრელების მშენებლო-ბისათვის საჭიროა ტერიტორიის მომზადება, რისთვისაც თავიდანვე ნაცარსაყრელის მთელ ფართობზე ყრიან წიდის გამფილტრავ ფენას, საცავის ამოვსების შემდეგ მის ზედაპირს ფარავენ ნიადაგის ფენით, რომელზეც ირგვება მცენარეულობა. ზოგიერთი თევზის ნაცარს იყენებენ სამშენებლო მასალად, ან სხვა დარგებში, შემდგომი გადამუშავების შემდეგ. ანალოგიურად წარმოებს სამთომომპოვებელი საწარმოების ანარჩენებისგან დაბინძურებული მიწის ნაკვეთების რეკულტივაცია.

ნიადაგში და მცენარეში მძიმე ლითონებისა და ტოქსიკური შენაერთების შემცველობის შემცირების საქმეში განსაკუთრებით დიდია ბუნებრივი ცეოლითების როლი, რომელიც შთანთქავს მათ და ამით ამცირებს მცენარეთა მიერ მათ შეთვისებას. მძიმე ლითონებით დაბინძურებულ ნაკვეთებზე რეკომენდებულია, აგრეთვე, ნიადაგის მინიმალური დამუშავება, რაც ხელს უწყობს ჰუმუსის შენარჩუნებას და მძიმე ლითონების დაკავებას. ცალკეულ შემთხვევაში ძლიერ დაბინძურებულ ნიადაგზე რეკომენდებულია ნიადაგის 25-40 სმ ფენის შემოტანა, დაყრა და განაწილება. მაღალი დაბინძურების მქონე ნიადაგებზე აუცილებელია მოიხსნას ნიადაგის ზედა სახნავი ფენა და შეიცვალოს დაუბინძურებელი ნიადაგის ფენით.

ქიმიური მრეწველობის საწარმოებში გოგირდმჟავას წარმოებისას, დიდი რაოდენობით რჩება პირიტის ნამწვი, ფოსფორიანი სასუქების წარმოებისას\_ ფოსფოტაბაშირი. ამ უკანასკნელის შემდგომი გადამუშავებით იღებენ გოგირდმჟავას, ცემენტს, ელემენტარულ გოგირდს, ამონიუმის სულფატს და ა.შ. რითაც თავიდან იცილებენ ანარჩენების დასაყრელი ადგილების მოწყობას და გარემოს დაბინძურების საშიშროებას.

დაბინძურებულ ნიადაგში მძიმე ლითონების და სხვა ტოქსიკური შენაერთების გაუვნებლობის საქმეში ძალზე დიდია ჰუმუსის სანიტარული როლი. ის ბოჭავს კადმიუმს, ტყვიას, ნიკელს და სხვა მძიმე მეტალებს ხელატების ტიპის კომპლექსების სახით და გადაჰყავს ისინი რისათვის ნაკლებად შესათვისებელ ფორმაში, რითაც მცირდება მათი ტოქსიკურობა. ამიტომ, დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში ჰუმუსის შემცველობის გადიდებას ნაკელისა და სხვადასხვა ფორმის ორგანული სასუქების გამოყენებით, სიდერატების თესვით, ნამჯისა და სხვა მცენარეული ანარჩენების ჩახვნით.

მძიმე ლითონების მაღალი შთანთქმის უნარიანობით გამოირჩევიან თიხა მინერალები: მონთმორილონიტი, ვერმიკულითი და სხვ. ასევე არაკრისტალური თიხა-მინერალები – ცეოლითი და ალოფანი. ამიტომ, ძლიერ დაბინძურებულ ფართობებზე

მათი შეტანით საგრძნობლად მცირდება ნიადაგში მძიმე ლითონებისა და სხვა ტოქსიკანტების შემცველობა. მძიმე ლითონებით დაბინძურებულ მსუბუქ ნიადაგზე რეკომენდებულია თიხების შეტანა.

ნიადაგში მძიმე ლითონების მოძრავი ფორმების შემცველობაზე დიდ გავლენას ახდენს მისი ხსნარის არეს რეაქცია pH. მჟავე არეს რეაქციის მქონე ნიადაგში გაზრდილია მძიმე ლითონების მოძრავი ფორმების შემცველობა, ნეიტრალურ და კარბონატულ ნიადაგში – შემცირებული. აქედან გამომდინარე, მჟავე ნიადაგების მოკირიანებით შესაძლებელია მძიმე ლითონების ტოქსიკურობის თავიდან აცილება. მოკირიანებით იზრდება ნიადაგის ხსნარში კალციუმის კათიონების შემცველობა, რომელიც მაღალი ანტაგონიზმით გამოიჩევა მძიმე ლითონების მიმართ, რაც აფერხებს მცენარეში მათ შეღწევას.

მძიმე ლითონებით ძლიერ დაბინძურებულ ნიადაგებზე შეიძლება ჩატარდეს მათი ქიმიური გამოლექვა ძნელადხსნადი მარილების სახით. ამ მიზნით აწარმოებენ ნიადაგში ორთოფო სფორმჟავას მარილების მარტივი და ორმაგი სუპერფოსფატის მაღალი ნორმების შეტანას, რითაც საგრძნობლად იზრდება ნიადაგში შესათვისებელი ფოსფორის რაოდენობა და მცირდება მძიმე ლითონების ხსნადი შენაერთების შემცველობა მათი უხსნად ფორმაში გადაყვანით.

მძიმე ლითონებისა და რადიაქტიური ელემენტების ტოქსიკურობა ნიადაგში შეიძლება შემცირდეს მათი ანტაგონისტი კათიონების შეტანით. ასეთი ანტაგონიზმი არსებობს კალციუმსა და სტრონციუმს, კადმიუმსა და თუთიას, კალიუმსა და ცეზიუმს შორის. ნიადაგში კალციუმის კონცენტრაციის გადიდებით მცირდება მცენარეში რადიონუკლიდ  $^{90}\text{Sr}$  შემცველობა. თუმცა, ნიადაგში კალციუმის კათიონების მაღალი შემცველობისას, ეს ღონისძიება არაეფექტურია. ატომური დაყოფის პროდუქტის რადიონუკლიდ  $^{137}\text{Cs}$  ფიტოტოქსიკურობის შემცირებისათვის, რომელიც გლობალურ რადიაქტიურ გამაჭუჭყიანებელს და კალიუმის ანალოგს წარმოადგენს, აწარმოებენ კალიუმიანი სასუქების შეტანას.

ყველაზე მაღალი ტოქსიკურობის მქონე და საშიში მძიმე ლითონის – კადმიუმის ფიტოტოქსიკურობის შემცირება ხდება ნიადაგში მისი ანტაგონიტი კათიონის თუთიის – შეტანით.

მძიმე ლითონებით ძლიერ დაბინძურებულ ნიადაგებზე შეიძლება გაშენდეს ისეთი ველურად მოზარდი მცენარეები, რომელთა ფოთლებშიც გროვდება დიდი რაოდენობით ტყვია, კადმიუმი, სპილენძი და სხვ. შემოდგომაზე ფოთლების დაცვენის შემდეგ ხდება მათი ნაკვეთიდან გატანა და გაუვნებელყოფა.

ზოგჯერ იმდენად არის დაბინძურებული ნიადაგი მძიმე ლითონებით და რადიონუკლიდებით, რომ ყველა ზემოთ ჩამო თვლილი მეთოდის – თიხა მინერალების, ფოსფორიანი, კალიუმიანი და ორგანული სასუქების შეტანა და მოკირიანების ერთობლივი ჩატარებაც არ იძლევა მძიმე ლითონების ხსნადი შენაერთების შემცველობის შემცირების და ხარისხიანი პროდუქტების მიღების გარანტიას. ასეთ შემთხვევაში ერთადერთ გამოსავალს დაბი ნძურებული ნიადაგის სახნავი ფენის მოცილება წარმოადგენს. თუ ამის განხორციელების საშუალება და მატერიალური სახსრები არ არსებობს, მაშინ აუცილებელია ჩატარდეს ღრმა ხვნა ან პლანტაჟი.

## თავი VI

### მცენარეული პროდუქტების დაბინძურება

მცენარეული პროდუქტების წარმოება არის მოსახლეობის სურსათით უზრუნველყოფის ძირითადი საფუძველი. საკვები პროდუქტების წარმოების და გამოყენების საქმეში ძირითადი კრიტერიუმია მისი ხარისხი. აქედან გამომდინარე, მაღალი ეკოლოგიური დატვირთვის პირობებში, აუცილებელია გაკონტროლდეს ნიადგიდან მცენარეთა მიერ დამაბინძურებელი ტოქსიკური ნივთიერებების შეთვისების ინტენსივობა, რომელიც დამოკიდებულია ნიადაგის ხსნარის რეაქციაზე, ტოქსიკანტების და მინარევების ნაერთების ფორმებზე, ნიადაგში ორგანული ნივთიერების შემცველობაზე და მის მექანიკურ და მინერალოგიურ შედგენილობაზე, კარბონატების, ფოსფატების, მაკრო და მიკროელემენტების და ტენიანობის შემცველობაზე, ტემპერატურაზე და სხვ.

ტოქსიკური ელემენტების და რადიონუკლიდების შეთვისება და გადაადგილება მცენარის ორგანიზმში იზღუდება ფესვის ყელის ბარიერული ფუნქციით. ამის გარდა, მცენარეს გააჩნია მექანიზმი წინ აღუდგეს ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვებას თავიანთ ქსოვილებში, რასაც ის ახერხებს ამ მავნე ნივთიერებების ექსტრაქციით, ანუ გამოყოფით, მათგან უხსნადი კომპლექსების წარმოქმნით, ბიოქიმიური ცვლილებებით და სხვ.

სხვადასხვა ენერგეტიკული საშუალებებით, სასუქებით და მრეწველობის ანარჩენებით დაბინძურებული გარემოდან ტოქსიკური ნივთიერებები – ნიტრატები, მძიმე ლითონები – ტყვია, ვერცხლისწყალი და კადმიუმი. ქლორორგანული და ფოსფორორგანული შენაერთები და რადიონუკლიდები ხვდებიან მცენარეულ პროდუქტებში, აქედან კი ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში, რაც მათი არა მარტო მოწამვლის, არამედ მრავალი მძიმე დაავადების გამომწვევი მიზეზი შეიძლება გახდეს.

### ხილბოსტნეულის და სხვა სასურსათო პროდუქტების ნიტრატებით დაბინძურების დიაგნოსტიკა

ნიტრატები ხილბოსტნეულის ყველაზე გავრცელებულ და საშიშ დამაბინძურებელ კომპონენტებს წარმოადგენენ, რომლებიც ძირითადად გროვდებიან აზოტიანი და ზოგჯერ ორგანული სასუქების ჭარბი რაოდენობით გამოყენებისას და მათი შეტანის წესებისა და ვადების დარღვევისას. ნიტრატების დაგროვება მცენარეში იწყება მაშინ, როცა მათ მიერ შთანთქმული ნიტრატული აზოტი მთლიანად არ აღდგება ამიაკამდე და არ იხარჯება ამინომჟავების და ცილების სინთეზზე.

მცენარეში ნიტრატების აკუმულაციის ხარისხი დამოკიდებულია მის ბიოლოგიურ თავისებურებაზე, ჯიშზე, სავეგეტაციო ფაზაზე, ამინდის პირობებზე, მცენარის აზოტით კვების დონეზე, ნიადაგის ხსნარში მაკრო და მიკროელემენტების შეფარდებაზე და სხვა ფაქტორებზე.

ნიტრატების დაგროვების მიხედვით, მცენარეები იყოფიან ორ ჯგუფად: პირველ ჯგუფში შედიან მარცლოვანი, ჯვაროსან-ყვავილოვანი და რთულყვავილოვანი მცენარეები, რომლებიც ინტენსიურად აგროვებენ ნიტრატებს. მეორე ჯგუფში გაერთიანებულია ის მცენარეები, რომლებიც ნაკლები რაოდენობით ნიტრატებს აგროვებენ. მცენარეთა მიერ ნიტრატების დაგროვების უნარი მცირდება ასეთი თანმიმდევრობით: შვრია > სუდანის ბალახი > რაფსი > სიმინდი > ბარდა > ონჯა > ცერცველა > ფეტვი > საშემოდგომო ჭვავი



>ესპარცეტი. ნიტრატების ყველაზე მაღალი დაგროვების უნარით გამოირჩევიან კომბოსტოს, გოგრის, ნაცარქათამას, ხვართქლას, წიწიბურას, ძალყურძენას და სხვა ოჯახების წარმომადგენლები.

ნიტრატებით ჭარბი კვება ამცირებს არა მარტო პროდუქციის სასაქონლო და კვებით ღირებულებას, არამედ აუარესებს მის გემურ თვისებებს, ამცირებს შენახვის უნარიანობას და აჩქარებს ლპობის პროცესს, რაც აიხსნება მათში აზოტის ცილოვანი და არაცილოვანი შენაერთების ამა თუ იმ ჯიშისათვის დამახასიათებელი ოპტიმალურ შემცველობაზე ბევრად მეტი რაოდენობით დაგროვებით.

დიდ საშიშროებას უქმნის ნიტრატებით დაბინძურებული ხილბოსტნეული ადამიანების, განსაკუთრებით კი ბავშვების ჯანმრთელობას, ვინაიდან ეს პროდუქტები ნედლი სახით, ყოველგვარი გადამუშავების გარეშე მოიხმარება. გადამუშავების და დამწნილების პროცესში, როგორც ვიცით, მნიშვნელოვნად მცირდება მათი შემცველობა.

ნიტრატების დასაშვები ნორმა ადამიანის ყოველ კგ წონაზე 5 მგ შეადგენს. ამიტომ, 10 კილოგრამიანი ბავშვისათვის ნახევარი კგ საზამთროთი და ნესვით მიღებული 100 მგ ნიტრატული აზოტი შესაძლებელია ძლიერი მოწამვლის მიზეზი გახდეს. აქედან გამომდინარე, დაუშვებელია ბავშვების ახლად შემოსული საზამთროთი, ნესვით, პამიდორით, კიტრითა და სხვა ბოსტნეულით კვება, რადგან ჭარბად შეთვისებული აზოტი ამ კულტურების ვეგეტაციის დასაწყისში ვერ ასწრებს გადანაწილებას მთელ სავეგეტაციო მასაში და მოსავალში. ამ პერიოდისათვის ფორმირებული ვეგეტატიური ორგანოების და მოსავლის 30-40%-ში გროვდება დიდი რაოდენობით ნიტრატები. მოგვიანებით ამ პროდუქტებით ნიტრატებით მოწამვლის საშიშროება მცირდება, მაგრამ მისი გამორიცხვა არ შეიძლება, ვინაიდან ეს კულტურები, განსაკუთრებით საზამთრო და ნესვი, 3-5 \_ ჯერ, სალათა, ბოლოკი და მწვანილეული \_ 8-10 \_ ჯერ ნაკლები რაოდენობით აზოტს საჭიროებენ მოსავლის ფორმირებისათვის, ვიდრე მარცლოვანი კულტურები, ამასთან, მათში ძალზე მცირე რაოდენობით სინთეზირდება აზოტის სამარაგო ცილოვანი და არაცილოვანი შენაერთები და ვერ ხერხდება შეთვისებული ჭარბი აზოტის ჩართვა ორგანულ შენაერთებში, რის გამოც ადგილი აქვს ნიტრატების დიდი რაოდენობით დაგროვებას და მოწამვლის საშიშროების გაზრდას.

აღბათ საინტერესოა იმის ცოდნა, თუ რით გამოიხატება ნიტრატების მომწამვლელი მოქმედება. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ საკუთრივ ნიტრატები არატოქსიკურები არიან, მაგრამ პროდუქტების შენახვის პროცესში და ცხოველთა და ადამიანის ორგანიზმში, კერძოდ, კუჭში გარდაიქმნიებიან ტოქსიკურ ნიტრიტებად, რომელიც უერთდება გემოგლობინის ორვალენტიან რკინას და გადაჰყავს ის სამვალენტიანში. რის შედეგადაც მიიღება მეტგემოგლობინი, რომელსაც არ აქვს ჟანგბადის გადატანის უნარი. მეტგემოგლობინის შემცველობის გადიდება სისხლში 10 %-მდე იწვევს ადამიანის მოწამვლის სიმპტომს, რასაც თან ახლავს ჰაერის ძლიერი უკმარისობა.

ნიტრიტები შედიან არაგაცვლით რეაქციაში გემოგლობინთან და წარმოიქმნება ნიტროგემოგლობინი. ამ შენაერთსაც არ აქვს ჟანგბადის გადატანის უნარი, რის გამოც ცოცხალი ორგანიზმის ქსოვილები განიცდიან ჟანგბადით შიმშილს. ამასთან, ნიტრიტები მჟავე არეში რეაგირებენ მეორად ამინებთან და წარმოქმნიან ნიტროზამინებს. ეს შენაერთები იწვევენ კიბოვან დაავადებას და მუტაგენურ სიმახინჯეს. ნიტრატები და ნიტროზამინები იწვევენ აგრეთვე სისხლის გემოგლობინის დაშლას. ნიტროზამინები და ნიტროზამინები ფლობენ კანცეროგენულ, მუტაგენურ და ემბრიოტოქსიკურ მოქმედებებს.

საკვებში ნიტრატების კრიტიკული დონე შეადგენს 0,45 %. ნიტრატების მაღალი შემცველობა საზიანოა პირუტყვისათვისაც, მისი სიჭარბე პროდუქტებში ამცირებს პირუტყვის პროდუქტიულობას, აქვეითებს გამრავლების უნარს. ნიტრატების ძალზე

მაღალი შემცველობის საკვების გამოყენება იწვევს პირუტყვის მოწამვლას მისი მიღებიდან 1-2 საათში, ხოლო დაღუპვას – 10 საათში. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად, ზრდასრული მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვისათვის, დღე-ღამის რაციონში ნიტრატების შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 250 მგ-ს .

ნიტრატების დაგროვება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში დამოკიდებულია აზოტიანი სასუქების ნორმებზე და დოზებზე, განათებისა და დღის ხანგრძლივობაზე, ღრუბლიანობის ინტენსივობაზე, თესვის ვადაზე, კვების არეზე. ჩახშირებულ და დაჩრდილულ ნათესებში ნიტრატების შემცველობა მაღალია.

როგორც ვხედავთ, ნიტრატებით დაბინძურებული პროდუქტებით კვება ძალზე საშიშია. მათი საკვებად გამოყენების თავიდან აცილება შესაძლებელია დიაგნოსტიკის სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით, რომელთაგან ყველაზე ზუსტია ქიმიური დიაგნოსტიკა. ამ მიზნით საეჭვო ხილბოსტნეულში ნიტრატების ლაბორატორიული განსაზღვრებები ტარდება სხვადასხვა მეთოდით და ჩატარებული განსაზღვრების შედეგები ფასდება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს და სახელმწიფო სანიტარული ინსპექციის მიერ დადგენილი ნიტრატების შემცველობის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციის (ზდკ) მიხედვით (ცხრ. 27).

თუ საკვლევ პროდუქტებში ნიტრატების შემცველობა ცხრილში მითითებულ მაჩვენებელზე მაღალია, ასეთი ბოსტნეულისა და ხილის საკვებად გამოყენება საშიშია და განადგურებას ექვემდებარება.

იმის გამო, რომ პროდუქტებში ნიტრატების ყველგან განსაზღვრის საშუალება არ არსებობს, საჭიროა ყველა ადამიანმა იცოდეს ის ძირითადი განმასხვავებელი სიმპტომები, რითაც დაბინძურებული ხილბოსტნეული განსხვავდება ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციისაგან.

პირველი ასეთი განმასხვავებელი ნიშანი არის ის, რომ ნიტრატებით დაბინძურებულ მცენარეებს აქვთ ძალზე მუქი მწვანე შეფერილობა, რაც განპირობებულია მასში აზოტის შემცველი პიგმენტის – ქლოროფილის დიდი რაოდენობით წარმოქმნით. ასეთ მცენარეზე განვითარებული ნაყოფები და თავები სიმწიფის პერიოდშიც ღია მწვანე შეფერილობას ინარჩუნებენ, რაც ნიტრატებით დაბინძურების ერთ-ერთი მაჩვენებელია. ნიტრატებით სუფთა მცენარის ფოთლებს აქვთ ნორმალური მწვანე შეფერილობა.

მეორე განმასხვავებელი ნიშანი არის ნიტრატებით დაბინძურებული პროდუქტების გემური თვისებების დაქვეითება, რაც აიხსნება ერთი მხრივ ასეთ პირობებში შაქრების დაჟანგვის გაძლიერების გამო მათი შემცველობის საგრძნობი შემცირებით, მეორე მხრივ კი შაქრების დაჟანგვის შედეგად დიდი რაოდენობით ორგანული მჟავების წარმოქმნით. ამასთან, ადგილი აქვს მშრალი ნივთიერებისა და მის შემადგენლობაში შემავალი თითქმის ყველა კომპონენტის შემცველობის შემცირებას და წყლის რაოდენობის მკვეთრ გადიდებას, რის გამოც სავსებით დასაშვებია 10 და 15 კგ საზამთროში მშრალი ნივთიერების შემცველობა ერთნაირი იყოს. განსაკუთრებით დაბალია დაბინძურებულ პროდუქტებში ცხიმების, ეთერზეთებისა და სხვა არომატის მიმცემი შენაერთების რაოდენობა.

**ცხრ. 27. ბოსტნეულ, ბაღჩეულ პროდუქციაში, ხილსა და კარტოფილში ნიტრატების შემცველობის ნორმატიული შემცველობა**

N	პროდუქციის სახე	ნიტრატების ნორმა-ტიული შემცველობა	
		მგ / კგ-ით	დახურულ
		ღია გრუნტში	

			გრუნტში
1	კარტოფილი	250	-
2	საადრეო კომბოსტო	900	-
3	საგვიანო კომბოსტო	500	-
4	საადრეო სტაფილო	400	-
5	საგვიანო სტაფილო	250	-
6	პამიდორი	150	300
7	კიტრი	150	400
8	სუფრის ჭარხალი	1400	-
9	თავიანი ხახვი	80	-
10	მწვანე ხახვი	600	800
11	ფოთლოვანი ბოსტნეული სალათა, ისპანახი, ღოღო, სასალათე კომბოსტო, ოხრა ხუში, ნიახური, ქინძი, კამა და სხვ)	2000	3000
12	ნესვი	90	-
13	საზამთრო	60	-
14	ტკბილი წიწაკა	200	400
15	ყაბაყი	400	400
16	სუფრის ყურძენი	60	-
17	ვაშლი	60	-
18	მსხალი	60	-
19	ბავშვთა კვების პროდუქტები	50	-
20	(დაკონსერვებული ბოსტნეული) მარცლოვნ.	90	-

მესამე განმასხვავებელი ნიშანია ხილბოსტნეულის ნაყოფებში შაქრებისა და აზოტის შემცველი ორგანული შენაერთების შემცველობის უკუპროპორციული დამოკიდებულება. რაც მეტია შაქრების რაოდენობა, მით ნაკლებია ნიტრატების დაგროვების ალბათობა და პირიქით.

ახლა განვიხილოთ ცალკეული მაგალითები, რომლებიც ადასტურებენ პროდუქციის ნიტრატებით დაბინძურებას.

აზოტით ჭარბი კვება უარყოფითად მოქმედებს კიტრის მოსავლიანობასა და ნაყოფის ხარისხზე. იგი იწვევს ვეგეტატიური ორგანოების გაძლიერებულ ზრდას და ნაყოფმსხმოიარობის შემცირებას. აზოტით ჭარბი კვების საწყის ეტაპზე კიტრის ფოთლების კიდების მთელ გარშემოწერილობაზე თავდაპირველად ჩნდება ვიწრო – 3-4მმ სიგანის უწყვეტი ყვითელი ზოლი, რომელიც შემდგომში თანდათან ფართოვდება და ქსოვილების კვდომის გამო იღებს ყავისფერ შეფერილობას. ამასთან, ფოთლის კიდები ეხვევა ქვემოთ. ამ სიმპტომების აღმოჩენისთანავე საჭიროა ჭარბად შეტანილი აზოტი სარწყავი წყლით ჩაირეცხოს ნიადაგის ქვედა ფენებში, რითაც თავიდან ავიცილებთ ნაყოფებში ნიტრატების დაგროვებას.

ნიტრატებით დაბინძურებულ კიტრის ნაყოფის კანს აქვს მუქი მწვანე შეფერილობა, რომელიც რბილობზეც ვრცელდება. სუფთა ნაყოფის კანი კი ღია მწვანე შეფერილობისაა. ნიტრატებით ძალზე მოჭარბებული კვებისას კიტრი ინვითარებს მცირე რაოდენობით, დეფორმირებულ და მკვეთრ მუქ მწვანედ შეფერილ ნაყოფს, რომელიც გამოირჩევა ნიტრატების ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე (150 მგ/კგ) გაცილებით მაღალი შემცველობით და დაბალი სასაქონლო ღირებულებით.

საზამთროს, ნესვის, ყაბაყის და გოგრის ფოთლებზე და მათი ნაყოფების კანქვეშ მდებარე რბილობზე აზოტის ძალზე მაღალი ნორმების შეტანისას, თითქმის კიტრის ანალოგიური სიმპტომები ფიქსირდება. ამასთან, მათი ნაყოფის რბილობი ბევრად უფრო ღია შეფერილობისაა, ვიდრე ნორმალურად განვითარებული მწიფე ნაყოფებისა. მაგალითად, საზამთრო ღია წითელი, ნესვი და გოგრა – ღია ყვითელი. ასეთი

შეფერილობა არ არის დამახასიათებელი ამ კულტურებისათვის და მიგვანიშნებს აზოტის მინერალური შენაერთების დაგროვების საშიშროებაზე. ამასთან, მათ რბილობში საგრძნობლად შემცირებულია შაქრების შემცველობა, რის გამოც გაუარესებულია გემური თვისებები. გარდა ამისა, ნიტრატების დიდი რაოდენობით შეთვისებამ იმდენად შეიძლება დაარღვიოს ამ კულტურათა კვების პირობები, რომ მათ ნაყოფებში გამოიწვიოს სხვადასხვა ზომის მომწამვლელი ჩანარების წარმოქმნა, რომლებიც ზოგჯერ თვალითაც შესამჩნევია.

პამიდორის ნიტრატებით ჭარბი კვება იწვევს ვეგეტატიური ორგანოების მძლავრ ზრდა-განვითარებას და ნაყოფმსხმოიარობის მკვეთრ შემცირებას. მის ფოთლებს გააჩნიათ მუქი მწვანე შეფერილობა ნაზი და ფაშარი ქსოვილები, რის გამოც ადვილად ავადდებიან ფიტოფტორით. მწიფე ნაყოფის ყუნწის გარშემოწერილობა მწვანე რჩება, ანალოგიური შეფერილობა აქვს ხშირად რბილობსაც, რაც ნიტრატების მაღალი შემცველობის ერთ-ერთი მთავარი დამადასტურებელი სიმპტომია. დაბინძურებულ ნაყოფებში შესამჩნევად არის შემცირებული შაქრების და მშრალი ნივთიერების შემცველობა, გაზრდილია ორგანული მჟავებისა და წყლის რაოდენობა, რითაც მკვეთრად გაუარესებული გემური თვისებები. პამიდორის ნაყოფებში ნიტრატების ძალზე ჭარბი შემცველობის დროს, რბილობში შეიძლება წარმოიქმნას სხვადასხვა შეფერილობისა და ზომის მომწამვლელი ჩანარები, რაც კიდევ უფრო ზრდის ასეთი ნაყოფების საკვებად გამოყენების საშიშროებას.

კომბოსტოს თავის გარეთა ფოთლებს ნიტრატებით ნორმალური კვებისას, აქვთ ღია მწვანე შეფერილობა. ნიტრატებით დაბინძურების შემთხვევაში გარეთა ფოთლები იღებენ მწვანე შეფერილობას, ხოლო შიგა \_ მეოთხე, მეხუთე და ა.შ. ფოთლები რომლებიც წესით თეთრი ფერის უნდა იყოს, \_ ღია მწვანეს. ამასთან, გარეთა ფოთლების ფირფიტის მთელ გარშემოწერილობაზე ჩნდება 5-7მმ სიგანის მკვდარი ქსოვილების ყავისფერი ზოლი. მისი ქიმიური შედგენილობა და გემური თვისებები სხვა კულტურების ანალოგიურად იცვლება. ასეთი დაბინძურებული კომბოსტო შესაძლებელია მარტო დასამწნილებლად იქნეს გამოყენებული, რომლის პროცესშიც მნიშვნელოვნად მცირდება ნიტრატების რაოდენობა.

კარტოფილის ფოჩს აზოტის ჭარბი რაოდენობით შეთვისებისას აქვს მუქი მწვანე შეფერილობა და ასეთ პირობებში ფორმირებულ ტუბერებსაც გადაჰკრავს მკრთალი მწვანე შეფერვა, განსაკუთრებით კანქვეშა ქსოვილებს. მკვეთრად არის გაზრდილი მასში ამ ელემენტის ცილოვანი და არაცილოვანი შენაერთების შემცველობა, რაც იწვევს მათ ლპობას, კვებითი ღირებულების და შენახვის უნარიანობის შემცირებას.

ნიტრატებით დაბინძურებული ტუბერები მოხარშვის შემდეგ ხდება წებვადი, ნაკლებად ფხვიერი, უარომატო, სწრაფად მუქდება და იღებს ძალზე ღია მოშავო შეფერილობას. ჰაერზე სწრაფად მუქდება გათლილი ნედლი კარტოფილიც, რაც დაკავშირებულია ჰაერის ჟანგბადისა და ფერმენტების გავლენით ამინომჟავების\_ტიროზინისა და მელანინის დაჟანგვასთან, მუქად შეფერილ ნაერთებს წარმოქმნიან ფენოლური ნაერთები და რკინა. კარტოფილის ტუბერების გამუქების თავიდან აცილება შესაძლებელია კალიუმისა და სპილენძის მაღალი ნორმების გამოყენებით, რომლებიც ნახშირწყლებისა და სახამებლის შემცველობის ადიდებენ, რომელთა დაშლის პროდუქტების დიდი ნაწილი ამიაკის შებოჭვაზე იხარჯება.

მწვანილეული მცენარეების, სალათის და ბოლოკის ფოთლებს ნიტრატების მაღალი შემცველობის შემთხვევაში გააჩნიათ მუქი მწვანე შეფერილობა. მწვანილი ივითარებს @20 სმ გრძელ ღეროს, მისი ფოთლების გასრესვის შემთხვევაშიც ნაკლებად შეიგრძნობა ამა

თუ იმ სახეობისათვის დამახასიათებელი სურნელება, რაც აიხსნება ეთერზეთების შემცველობის მკვეთრი შემცირებით.

აზოტის დიდი რაოდენობის შეთვისებისას ყურძენში მცირდება შაქრიანობა და იზრდება მჟავიანობა. ყურძნის მარცვლის კედელი თხელდება, რის გამოც ჭარბტენიან პირობებში ადვილად სკდება და ლპება. აზოტით მოჭარბებული კვებისას, ღვინო მასალაშიც გადადის დიდი რაოდენობით ცილოვანი და არაცილოვანი შენაერთები, რის გამოც ასეთი ღვინო ცუდად იფილტრება, ადვილად იმღვრევა და მეტად დაბალი სასაქონლო ღირებულებისაა, ამასთან, ადვილად ავადდება, განსაკუთრებით – თავის გემოთი.

ჩაის ფოთოლში ნიტრატების მაღალი შემცველობისას მცირდება ტანინისა და ექსტრაქტული ნივთიერების რაოდენობა. ოპტიმალურ დონესთან შედარებით, მკვეთრად იზრდება აზოტის ცილოვანი და არაცილოვანი შენაერთების შემცველობა, რის გამოც ასეთი ჩაისაგან დაყენებული ნაყენი სწრაფად იმღვრევა და არ აქვს დამახასიათებელი სპეციფიკური არომატი და სურნელება.

ნიტრატებით და აზოტის ცილოვანი და არაცილოვანი შენაერთებით დაბინძურებული ხილის ნაყოფები ღია მწვანე შეფერილობისაა, ციტრუსების ნაყოფები მწვანე შეფერილობის, რაც არადამახასიათებელ სიმპტომს წარმოადგენს. ამგვარი ნაყოფები – უგემურია, ადვილად ლპება და არ ინახება.

ზემოთ მოტანილი ნიტრატების ჭარბად დაგროვებისათვის დამახასიათებელი სიმპტომები შეიძლება გამოწვიონ სხვა ფაქტორებმაც. მაგალითად, მკვახე ნაყოფების დაკრეფამ – მწვანე შეფერილობა და არადამაკმაყოფილებელი გემური თვისებები, ხოლო რწყვის ნორმებისა და ვადების დარღვევამ – ინტენსიური ლპობა, გემური თვისებების და შენახვისუნარიანობის მკვეთრი დაქვეითება. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სპეციალისტების ჩარევის გარეშე გაძნელებულია ერთმანეთისაგან გავარჩიოთ ნიტრატებით დაბინძურებული და გარემო ფაქტორების არახელსაყრელი მოქმედების შედეგად გამოწვეული ცვლილებები, ამიტომ, უმჯობესია თავი შევიკაოთ ასეთი საექვო პროდუქტების შეძენისაგან.

### **საკვებ პროდუქტებში ნიტრატების ჭარბი რაოდენობით დაგროვების ხელშემწყობი პირობები და მისი თავიდან აცილების გზები**

ნიტრატების დაგროვება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში დამოკიდებულია აზოტიანი სასუქების ნორმებსა და დოზებზე, განათებისა და დღის ხანგრძლივობაზე, ღრუბლიანობის ინტენსივობაზე, თესვის ვადაზე, კვების არეზე. ჩახშირებულ და დაჩრდილულ ნათესებში ნიტრატების შემცველობა მაღალია.

საკვებ პროდუქტებში ნიტრატების დაგროვებას ხელს უწყობს მცენარეთა არაბალანსირებული ცალმხრივი კვება, რაც შეიძლება გამოიწვიოს როგორც ნიადაგის დაბალმა ნაყოფიერებამ, ისე აზოტიანი სასუქების მაღალი ნორმების გამოყენებამ. ბოსტნეულისა და ბაღჩეულის ნიტრატებით დაბინძურებას იწვევს არახელსაყრელი გარემო ფაქტორებიც. ნიტრატების დაგროვება ძლიერდება, როცა დაქვეითებულია ფოტოსინთეზის აქტივობა. ამ შემთხვევაში ნახშირწყლების სინთეზი და ნიტრატების ამიაკად გარდაქმნა შემცირებულია.

დაბალი ნაყოფიერების მქონე ნიადაგი ღარიბია მთელი რიგი მიკრო და მაკრო ელემენტებით, რომლებიც განსაზღვრავენ მცენარეში ისეთი სასიცოცხლო პროცესების წარმართვას, როგორებიცაა: ფოტოსინთეზის, ნახშირწყლების წარმოქმნისა და გადანაცვლების, ფერმენტაციის, სუნთქვის, დუდილის, გამრავლების და სხვა პროცესების

ნორმალურად წარმართვას. ყოველივე ეს იწვევს მცენარის ზრდის შეფერხებას ან შეჩერებას და მოსავლის დონის შემცირებას. სწორედ ამ შემთხვევაში ხდება ჩვენ მიერ შეტანილი აზოტის ოპტიმალური ნორმა მაღალი და ადგილი აქვს ნიტრატების დაგროვებას.

მცენარეში შესული ნიტრატები პირველ საფეხურზე უნდა გარდაიქმნას ამიაკად, მხოლოდ ამ შემთხვევაშია შესაძლებელი მისი ჩართვა ორგანულ შენაერთებში. მაგრამ ამ პროცესის წარმართვისათვის საჭიროა მთელი რიგი მიკრო და მაკრო ელემენტები. ზოგიერთი მიკროელემენტის სიმცირის დროს ქვეითდება ფერმენტ რედუქტაზას აქტივობა და ფერხდება ნიტრატების ამიაკად გარდაქმნის პროცესი. კერძოდ, პირველ საფეხურზე ნიტრატის ნიტრიტად გარდამქმნელი ფერმენტის ნიტრატრედუქტაზას ცხოველმყოფელობისათვის აუცილებელია მოლიბდენი, ნიტრიტის ჰიპონიტრიტად და ამ უკანასკნელის ჰიდროქსილამინად გარდამქმნელი ფერმენტების – ნიტრიტრედუქტაზასთვის და ჰიპონიტრიტრედუქტაზასათვის Cu, Fe, Mg, ხოლო ჰიდროქსილამინის ამიაკად გარდამქმნელი ფერმენტის ჰიდროქსილამინრედუქტაზას აქტივობისათვის – Mn და Mg.

HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>2</sub>	(HNO) <sub>2</sub>	NH <sub>2</sub> OH	NH <sub>3</sub>
ნიტრატი	ნიტრიტი	ჰიპონიტრიტი	ჰიდროქსილამინი	ამიაკი
Mo	Cu, Fe, Mg	Cu, Fe, Mg		Mn და Mg.

თუ ჩამოთვლილი მაკრო და მიკროელემენტების სიმცირის გამო ნიტრატი ამიაკად არ გარდაიქმნა, მაშინ ვერ მოხდება მისი შეერთება შაქრების დაჟანგვით წარმოქმნილ ორგანულ მჟავებთან, რაც აფერხებს ამინომჟავებისა და ცილების სინთეზს, ამცირებს ფოტოსინთეზის პროცესის ინტენსივობას, რის გამოც ნიტრატების შეთვისების სიჩქარე სჭარბობს ფოტოსინთეზის მიმდინარეობის სიჩქარეს, მცენარე ვეღარ უმკლავდება ამ პროცესს და აგროვებს ნიტრატებს თავის სხვადასხვა ორგანოში.

მიკრო ელემენტების Zn, B, Mn, Co და სხვათა ოპტიმალური შემცველობისას მცენარეში საკმარის რაოდენობით წარმოიქმნება აზოტის შემცველი ორგანული შენაერთები, რაც უზრუნველყოფს მასში არსებული მინერალური აზოტის ჩართვას რთულ ორგანულ შენაერთებში და მათ გაუვნებელყოფას.

ნიტრატების აღდგენა უმთავრესად ხდება სინათლეზე. მისი ინტენსივობის შემცირება აფერხებს ნიტრატების აღმდგენი ფერმენტის ნიტრორედუქტაზას აქტივობას, რაც იწვევს ნიტრატების დაგროვებას. აღნიშნულის გამო ნიტრატები უფრო ინტენსიურად გროვდება საკვებ პროდუქტებში, ღია გრუნტთან, შედარებით დახურულ გრუნტში.

ჭარბი ნალექების მოსვლისა და ღრუბლიან პერიოდში მცირდება განათების ინტენსივობა, ნაკლები რაოდენობით წარმოიქმნება ნახშირწყალი, იზრდება მცენარეში ნიტრატების შელწევა და დაგროვება.

ნიადაგისა და ჰაერის ტემპერატურის დაწევა სწრაფად ამცირებს ცილოვანი აზოტის წარმოქმნას მცენარეში და ხელს უწყობს ნიტრატების დაგროვებას. თბილ დღეებში პირიქით – მცირდება ნიტრატების შემცველობა.

დაბალი აგროტექნოლოგიური ფონი ამცირებს მოსავლის დონეს. ამ შემთხვევაში მოსავლის 1 ც-ზე მოდის გაცილებით მეტი სასუქი, ვიდრე აგროწესებით არის გათვალისწინებული. შედეგად მეტი ნიტრატი გროვდება, ვიდრე მისი დასაშვები უკანასკნელი ზღვარია.

აზოტიანი სასუქების ჭარბი რაოდენობით გამოყენებით და მათი შეტანის ვადების დარღვევით, როცა მთელი ნორმა შეიტანება გამოკვებაში, აგრეთვე იწვევს საკვებში ნიტრატების ჭარბად დაგროვებას.

ნიტრატების მაქსიმალური რაოდენობა გროვდება მცენარეში ნატრიუმის, კალციუმის, ამონიუმის გვარჯილის გამოყენებისას. ამ მაჩვენებლებით მეორე ადგილზეა ამონიუმის სულფატი და შარდოვანა.

ნიტრატების დაგროვების თავიდან ასაცილებლად, საჭიროა განხორციელდეს:

1. აზოტის ოპტიმალური ნორმის გაანგარიშება მოსავლის დონის და ნიადაგში არსებული მისი მარაგის გათვალისწინებით. სასურველია დაბალი ნაყოფიერების ნიადაგებზე ფოსფორის, კალიუმის და მიკროელემენტების დაბალი შემცველობისას, აზოტის ნორმები ბოსტნეულის, ბალჩეულის და კარტოფილის კულტურებში, ასევე მწვანეხეხვის, ბოლოკის და სალათის ქვეშ განახევრდეს.

2. ნიტრატების დაგროვების შესამცირებლად საჭიროა ყურადღებით შეირჩეს აზოტიანი სასუქების ფორმები. ზამთრის თვეებში და ცუდი განათების დროს, უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ამონიაკური და ამიდური ფორმის აზოტიან სასუქებს, საჭიროა ნელმოქმედი აზოტიანი სასუქების გამოშვება-გამოყენების გაფართოება. მათი შეტანით 5 - 10-ჯერ მცირდება ნიტრატების შემცველობა.

3. აზოტიანი სასუქები შეტანილი უნდა იქნას წილადობრივად – რამდენჯერმე და არა ერთბაშად, როგორც წარმოებაში აკეთებენ. წილადობრივი შეტანისას მაღალი ნორმების შემთხვევაშიც არ გროვდება ნიტრატი, პირიქით, თითქმის ორჯერ მცირდება მისი შემცველობა. წილადობრივი შეტანა საშუალებას იძლევა საჭიროების შემთხვევაში უარი ვთქვათ აზოტის მეორე, მესამე ან მეოთხე გამოკვებაში შეტანაზე.

4. საჭიროა შეირჩეს ისეთი ბოსტნეული კულტურების ჯიშები, რომლებიც ნაკლები რაოდენობით აგროვებენ ნიტრატებს. მაგ.: კომბოსტოს ჯიშში - „ზამთრის საჩუქარი“, პამიდორი - „ვოლგოგრადი“ - 5/195; სტაფილო „მანტენე“ - 2/461; ხახვი - „ვერტუჟანსკი“, „სტროგუნოვსკი“, ბოლოკი - „იიგევა“ და სხვ.

5. უნდა შეწყდეს ისეთი მელიორანტებისა და პესტიციდების გამოყენება, რომლებიც ხელს უწყობენ ნიტრატების დაგროვებას. მაგალითად, პრომეტრინის და ალიპურის გამოყენება ზრდის ნიტრატების შემცველობას, კირის გამოყენება ამცირებს,

6. მორწყვისას უფრო ნაკლები რაოდენობით ნიტრატი გროვდება, ვიდრე მის გარეშე, ამიტომ, ურწყავებში საჭიროა 20-30 პროცენტით შემცირდეს აზოტიანი სასუქის ნორმა და საჭიროების შემთხვევაში უარი უნდა ვთქვათ გამოკვებაში მათ შეტანაზე.

7. სათბურებში არ უნდა დავუშვათ ნათესების ჩასქელება, რადგან ეს იწვევს დაჩრდილვას და ნიტრატების დაგროვების გაძლიერებას.

8. ინგიბიტორების ნ-სერვე და სხვათა გამოყენებით, ფერხდება ნიტრიფიკაციის პროცესი (ნიტრატის ამიაკად გარდაქმნა) და აზოტიანი სასუქების კონსერვაცია ხდება ამიაკურ ფორმაში და 3 -5-ჯერ მცირდება ნიტრატების დაგროვება.

ამერიკაში ჩატარებულ ცდებში აზოტის ნორმის გადიდებით N<sub>112</sub> დან N<sub>224</sub> კილოგრამამდე, ნიტრატების შემცველობა სუფრის ჭარხალში 0,25 და 0,43 %-ით გაიზარდა. ნიტრატული ფორმის აზოტიანი სასუქების გამოყენებით - 0,46 %-მდე. ნატრიუმისა და კალიუმის მარილების გამოყენებამ 0,35 და 0,28 %-მდე შეამცირა. უსასუქო ვარიანტზე იყო 0,15 % იყო.

ნიტრატების დაგროვების საშიშროება კიდევ უფრო მაღალია დახურულ გრუნტში ბოსტნეული კულტურების მოყვანისას, სადაც აზოტიანი სასუქების უფრო მაღალი ნორმები გამოიყენება, ვიდრე ღია გრუნტში, ხოლო განათება არასაკმარისია, რაც კიდევ უფრო ადიდებს ნიტრატებით დაბინძურებას. აშშ-ის ფლორიდის შტატში ჩატარებულ ცდებში, არასაკმარისი განათების პირობებში N-NO<sub>3</sub> შემცველობა ბოლოკის სხვადასხვა ჯიშში 1,17-1,68 % იყო, სალათის ფოთლებში - 0,96-1,26, ისპანახში - 0,32-0,49 %.

მრავალწლიან ბალახებში ნიტრატების დაგროვებაზე გავლენას ახდენს ბალახნარის ბოტანიკური შედგენილობა. ბალახებიდან ყველაზე მცირე რაოდენობით აგროვებს შვრიელა, შედარებით მცირეს – სათითურა, ყველაზე მცირეს – ტიმოთელა. ბალახებში ნიტრატების დაგროვებაზე გავლენას ახდენს აზოტიანი სასუქების ფორმები, მათი შეტანის ვადები და სხვა ფაქტორები. ამონიუმის სულფატის და შარდოვანას შეტანისას ნიტრატების შემცველობა ბალახებში უფრო ნაკლები იყო, ვიდრე ნიტრატული ფორმის აზოტიანი სასუქების გამოყენებისას. ჰოლანდიაში ჩატარებულ ცდებში  $N-NO_3$  შემცველობა სათითურას ქვეშ ამონიუმის გვარჯილის შეტანისას მშრალი მასის 0,205 %, კალციუმის გვარჯილის გამოყენებისას – 0,187 %, შარდოვანას შემთხვევაში – 0,173 %, ამონიუმის სულფატის დროს – 0,155 % შეადგენდა.

ნედლ მცენარეულ მასაში მუდმივად მიმდინარეობს ნიტრატების აღდგენა ნიტრიტებათ, რომელთა რაოდენობა მცენარეში თითქმის 60 საათის განმავლობაში არ იცვლება. ამ პერიოდში მათ შეიძლება წარმოქმნან ალიფატური ამინები, რომლებიც ფლობენ კანცეროგენულ თვისებებს. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ნიტრატებთან ერთად ნიტრიტების შემცველობის კონტროლი.

### **ფოსფორიანი და კალიუმისანი სასუქების როლი საკვები პროდუქტების დაბინძურებაში**

ფოსფორიანი სასუქების გამოყენებას რამდენიმე ათეული წლის ისტორია აქვს. ამ სასუქების დადებით მოქმედებასთან ერთად, ცნობილია მისი შემცველი მინარევების უარყოფითი გავლენა პროდუქციის ხარისხზე და ნიადაგში მიმდინარე პროცესებზე. ფოსფორიანი სასუქები, მძიმე ლითონებთან – კადმიუმთან, ტყვიასთან, სპილენძთან, თუთიასთან და სხვებთან ერთად, შეიცავენ ისეთ რადიაქტიურ ელემენტებს, როგორებიცაა ურანი, რადიუმი და თორიუმი. 1ტ  $P_2O_5$  შემცველი ზოგიერთი ფოსფორიტების ქანში შედის 80-100კგ F, 30-40კგ სტრონციუმი, 20-25კგ ურანისა და თორიუმის ოქსიდები და სხვა რადიაქტიური ელემენტები. მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავენ ამ ელემენტებს სამრეწველო ფოსფორიანი სასუქებიც. მაგ. ურანისა და რადიუმის შემცველობა განსაკუთრებით დიდია ამოფოსში, დაახლოებით 2-3-ჯერ მეტი ვიდრე, სხვა ფოსფორიან სასუქში. რაც შეეხება თორიუმს, მისი რაოდენობა შედარებით მცირეა მარტივ სუპერფოსფატში, ნიტროფოსში, ამოფოსში და გრანულირებულ სუპერფოსფატში თითქმის ერთნაირ ფარგლებში მერყეობს.

ფოსფორიანი სასუქების სისტემატური გამოყენებისას თანდათან იზრდება ნიადაგში მძიმე ლითონებისა და რადიაქტიური ელემენტების შემცველობა, აქედან კი თანდათან გადადის და გროვდება მცენარეებში ორგანულ ნივთიერებებთან ერთად. დაბინძურებული მცენარეული პროდუქტებით კვებისას გადადის ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში და მრავალ არასასურველ მოქმედებას იწვევს.

ფოსფორიტის ფქვილის, სუპერფოსფატის, ამოფოსის, დიამოფოსის, ნიტროფოსის, ნიტროამოფოსის და სხვათა სისტემატური გამოყენებისას ნიადაგში, წყლებში და მცენარეებში იზრდება ფტორის შემცველობა. მცენარეში ფტორის დიდი რაოდენობით დაგროვება იწვევს მის დაჩაგვრას და ზრდის შეფერხებას. ნორმალურ პირობებში მარცვალში მისი შემცველობა 0,2-7,1, ნამჯაში – 2-7, კარტოფილში – 0,2-0,9, ქარხალში – 0,2-0,6, თივაში – 0,2-2,3 მგ/კგ-ს შეადგენს.

ფტორის ფიზიოლოგიური როლი მცენარეში ჯერ კიდევ არ არის კარგად შესწავლილი. ის ინგიბიტორულ გავლენას ახდენს ფოსფორის შემცველი ფერმენტების მოქმედებაზე, მათ შორის ფოსფატაზას აქტივობაზეც. მისი მაღალი შემცველობა უარყოფით გავლენას ახდენს ფოტოსინთეზზე, ცილების ბიოსინთეზზე, არღვევს



ფერმენტების აქტივობას და ნივთიერებათა ცვლის პროცესებს, რასაც საბოლოო ჯამში, მივყავართ მცენარეში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების დარღვევამდე და მათ დაჩაგვრამდე. უარყოფითად მოქმედებს იგი ნაყოფების განვითარებაზეც. ფტორით გაჭუჭყიანებულ რაიონებში მისმა შემცველობამ მცენარეში შეიძლება 2000 მგ-ს მიაღწიოს 1კგ მშრალ მასაზე, ხოლო მისი შემცველობის დასაშვები, ზღვრული ნორმა შეადგენს: მსხვილფეხა საქონლისათვის – 30-50, ღორისა და ცხვრისათვის – 100 და ფრინველებისათვის – 300მგ 1კგ მშრალ მასაზე.

ფტორი ყველაზე ხშირად ხდება შინაური ცხოველების მოწამვლისა და დაღუპვის მიზეზი. ფტორით ცხოველების ინტოქსიკაცია ხდება არა მარტო სასუნთქი ორგანოების გზით, არამედ დასნებოვნებული საკვებითაც. ფტორი მცირე რაოდენობით აუცილებელია ცხოველებისათვის. იგი მონაწილეობს ძვლის შენებაში, კბილების სიმტკიცეში და სხვ. მაგრამ, ფტორით ძლიერ დაბინძურებული საკვებით ცხოველების კვება ქრონიკულ ინტოქსიკაციას იწვევს, რომელსაც ფლუოროზი ეწოდება. ამ დროს ცხოველი თანდათან იკლებს წონაში, მცირდება წველადობა და რძეში ცხიმის შემცველობა. გარდა ამისა, ფტორის მინერალური ნაერთები ძლიერი ინსექტიციდებია, ანადგურებენ მწერებს. ფტორით დაბინძურებულ რაიონებში თითქმის შეუძლებელია ფუტკრის მოშენება, რადგან ამ ელემენტის მიმართ ფუტკარი ძალზე მგრძობიარეა.

ცხოველთა საკვებში ფტორის მაღალი შემცველობისას მცირდება მათი პროდუქტიულობა და ზრდა-განვითარება, რასაც ხშირად მივყავართ პირუტყვის მოწამვლამდე. ფტორის შემცველობა ცხოველთა და ფრინველის რაციონში არ უნდა აღემატებოდეს ქათმებისათვის 150 მგ/კგ, ინდაურისათვის – 100, ცხენისათვის – 90, ღორისათვის – 70, ცხვრისათვის – 50, ძროხისათვის – 30 მგ/კგ.

თუ ადამიანი სისტემატურად იღებს ისეთ წყალს, რომელშიც ფტორის შემცველობა 1 მგ-ზე ნაკლებია ლიტრში, შეინიშნება კბილების კარიესით დავადება ე.ი ირღვევა კბილების ემალის. ამის თავიდან ასაცილებლად მრავალ ქვეყანაში აწარმოებენ წყლების ფტორირებას 1 მგ/ლ ფტორის დამატებით. თუ მისმა რაოდენობამ წყალში 10 მგ/ლ მიაღწია, შეინიშნება ფტორით მოწამვლა.

კალიუმთან სასუქების ბალასტში შემავალი ქლორი, ნატრიუმი, დარიშხანი და მძიმე ლითონები – ტყვია, თუთია და კადმიუმი იწვევენ მცენარეთა დაჩაგვრას.

ცხოველთა ჯანმრთელობაზე უარყოფითად მოქმედებს საკვებში კალიუმის მაღალი შემცველობა 1,8-2,0% K ან 2,5-3,0% K<sub>2</sub>O. მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენდა, რომ აზოტის მაღალი დოზების გამოყენება გავლენას არ ახდენს, ან ამცირებს კალიუმის შემცველობას ბალახებში, მაშინ როცა, კალიუმთან სასუქების გამოყენება ზღვრულ დონემდე – ადიღებს.

### **პესტიციდებით და დიოქსინით მცენარეული პროდუქტების დაბინძურება**

**პესტიციდები.** მცენარის სხვადასხვა ორგანოებში მოხვედრილი პესტიციდები დაუშლელად რჩება ერთი კვირიდან – რამდენიმე კვირის განმავლობაში. მაგალითად, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სხვადასხვა ორგანოში მოხვედრილი ჰექსაქლორანის, პოლიქლორ კამფენის და კელტანის დაშლისათვის საჭიროა 150 დღე.

მცენარეზე მოხვედრილი პესტიციდები იცვლებიან რაოდენობრივად და ხარისხობრივად. უმეტესი ნაწილი განიცდის აორთქლებას, დაშლას, ადდგენას, დეჰალოგენიზაციას, იზომერირებას, და მათი მნიშვნელოვანი რაოდენობა სცილდება მცენარეს ქარისა და წვიმის გავლენით. ნაწილი პესტიციდებისა რჩება მცენარის

სხვადასხვა ორგანოში და არ გადაადგილდება ქსოვილების შიგნით. მათ შეიძლება გავლენა მოახდინონ ნივთიერებათა ცვლის პროცესზე, შეცვალონ მისი შედგენილობა და პროდუქციის კვებითი ღირებულება. მხოლოდ წყალში და ლიპოიდებში ხსნად პესტიციდებს შეუძლიათ კუტიკულის და ფესვთა სისტემის ქსოვილებით გადაადგილდნენ შიგნით. ამასთან, მათი ნარჩენები გროვდება მცენარის ცხიმოვან საფარში, სადაც ისინი დაცული არიან ფერმენტების მოქმედებისაგან. ასეთ პირობებში პესტიციდები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ნარჩუნდებიან შეუცვლელი სახით მცენარის ორგანოებში.

პესტიციდების დაშლის სიჩქარეზე მოქმედებს მზის სინათლის ულტრაიისფერი სხივები და არეს რეაქცია pH. პესტიციდების ნარჩენების გარდაქმნის დროს, შეიძლება წარმოიქმნას შუალედური შენაერთები, რომელთაც აქვთ მაღალი ბიოლოგიური აქტივობა. შუალედური ნაერთები უფრო საშიში არიან, ვიდრე საწყისი ნივთიერებები. პესტიციდების ტრანსფორმაციის და მეტაბოლიზმის პროდუქტები მცენარეში ავლენენ არა მარტო მაღალტოქსიკურობას, არამედ ახდენენ ტერაგენულ და კანცეროგენულ გავლენას.

პესტიციდების მოქმედების საშიშროების შესამცირებლად სპეციალისტები რეკომენდაციას იძლევიან გაანგარიშებული იქნას მათი მავნეობის ეკონომიკური ზღვრები, შეიცვალოს მცენარეთა დაცვის ქიმიური მეთოდები ბიოლოგიურით. ფართოდ იქნეს გამოყენებული მავნე ორგანიზმების რიცხოვნების შემცირების უფრო ნაკლებად საშიში საშუალებები. პესტიციდების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია საკვებში მოტანილია 28 ცხრილში.

**ცხრ. 28 პესტიციდების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია საკვებში (მგ/კგ)**

№	პესტიციდები	მეწველი საქონელი, კვერცხმდებელი ფრინველი	სასუქი პირუტყვი და ფრინველი.
1	2	3	4
1	აკრექსი	0,5	1,0
2	ალდრინი	არ დაიშვება	არ დაიშვება
3	აქტელიკი (დილდრინი)	არ დაიშვება	1,0
4	ანთიო	2,0	2,0
5	ატრაზინი	1,0	1,0
6	ბაზაგრანი	0,5	0,5
7	ბუტიფოსი	3,0	3,0
8	ბალექსონი	-	0,6
9	ბოლატონი	არ დაიშვება	0,6
10	გხცგ(იზომერებ. ჯამი)	0,05	0,2
11	ჰეპტაქლორი	არ დაიშვება	არ დაიშვება
12	დდტ	0,05	0,05
13	დებოსი	არ დაიშვება	0,25
14	დნოკი	»	არ დაიშვება
15	2,4 დ	0,1	0,6
16	დინიტროორტოკრეზოლი	არ დაიშვება	არ დაიშვება
17	დურსბანი	0,2	0,2
18	დილორი	არ დაიშვება	0,1
19	ვალექსონი	-	0,6
20	ვოლატონი	არ დაიშვება	0,6
21	ზოლონი	»	1,0
22	კარბოფოსი	2,0	5,0
23	კელტანი	არ დაიშვება	0,05
24	ლუბაიციდი	»	1,2

25	მეტათიონი	1,0	2,0
26	მეტაფოსი	არ დაიშვება	0,5
27	მეთილმერკაპტოსი	1,0	1,0
1	2	3	4
28	მეთილნიტროფოსი	1,0	2,0
29	დარიშხანის შემცვ. ელი პრეპარატები	არ დაიშვება	არ დაიშვება
30	არაორგანული ბრომიდები	35	35
31	პოლიქლორკამფენი	არ დაიშვება	0,25
32	პიქლორპინენი	»	0,25
33	ნატრიუმის როდანიტი	»	0,5
34	ვერცხლისწყლის პრეპარატები	»	არ დაიშვება
35	სევინი	1,0	1,0
36	ტმტდ	არ დაიშვება	არ დაიშვება
37	გოგირდნახშირბადი	10	10
38	სამქლორიანი მეტაფოს-3	2,0	2,0
39	ფოსფამიდი	2,0	2,0
40	ფტალოფოსი	1,0	2,0
41	ქლოროფოსი	1,0	3,0
42	ქლორეთანოლი	არ დაიშვება	0,05
43	ოთხქლორიანი ნახშირბადი	50	50
44	ფენტიურამი	არ დაიშვება	არ დაიშვება
45	რეგლონი	2 (საქონლისათვის) 1 (ფრინველისათვის)	2 საქონლისათვის) 1(ფრინველი-სათვის)
46	ენტამი	0,01	0,02

პესტიციდებით ადამიანისა და ცხოველების მოწამვლის წყარო შეიძლება გახდეს, მაგალითად, მოწამლული მარცვალი ან სხვა საკვები პროდუქტი, ამ შემთხვევაში ადამიანის მომწამლავი ნივთიერებებით ინტოქსიკაცია მიმდინარეობს შემდეგი კვებითი ჯაჭვით: მოწამლული მარცვალი – ცხოველის ხორცი – ადამიანი ან მოწამლული მარცვალი (პური) – ადამიანი.

**დიოქსინები.** დიოქსინები ძლიერ მომწამვლელი შხამებია, რომლებიც მცენარეში შედიან დაბინძურებული ნიადაგიდან. ნიადაგის 1 მგ/კგ-ით ამ ტოქსიკანტით დაბინძურებისას, მისი კონცენტრაცია მცენარის ფესვთა სისტემაში შეადგენს 3-10 %, მიწისზედა ორგანოებში – 0,3-10 %. მიწისზედა ორგანოებმა დიოქსინი შეიძლება შეითვისონ დაბინძურებული ჰაერიდან.

დიოქსინს დიდი რაოდენობით ითვისებენ ტუბერიანი და ძირხვენა კულტურები. მცენარის მიერ შეთვისებული დიოქსინი ერთვება ტროფიკულ ჯაჭვში, რაც ძალზე საშიშია როგორც ცხოველებისათვის, ისე ადამიანისათვის.

### სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მძიმე ლითონებით დაბინძურების ხელშემწყობი ფაქტორები

მცენარეული და ცხოველური პროდუქციის ხარისხი და ეკოლოგიური უსაფრთხოება დამოკიდებულია მათში მძიმე ლითონების შემცველობაზე.

მძიმე ლითონების ჯგუფში შედის 40 – მდე ქიმიური ელემენტი (ვერცხლისწყალი, ტყვია, კალა, კადმიუმი, სპილენძი, კობალტი მანგანუმი, ქრომი, თუთია, ნიკელი, სელენი,

მოლიბდენი და სხვ), რომელთაც გააჩნია 5 გ/სმ<sup>3</sup> სიმკვრივე და 50 ერთეულზე მეტი ატომური მასა. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ამ ჯგუფის მთელი რიგი ელემენტები\_ სპილენძი, თუთია, კობალტი, მანგანუმი, რკინა მოლიბდენი და ა.შ. ფერმენტების ძირითადი შემადგენელი ნაწილები არიან და მონაწილეობენ მცენარეული ორგანიზმის სასიცოცხლო პროცესებში. ამ ელემენტების მცირე კონცენტრაციებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ იყენებენ სასუქად, ხოლო ცხოველთა რაციონში\_ მინერალური კვებისათვის. მძიმე მეტალებს მათ უწოდებენ მაშინ, როცა ისინი ეკოსისტემაში მაღალი კონცენტრაციებით მოიპოვებიან.

მძიმე ლითონები წარმოადგენენ ბიოსფეროს განუყოფელ ნაწილს და მინიმალური რაოდენობით აუცილებელი არიან როგორც უმაღლეს საფეხურზე მყოფი მცენარეებისათვის, ისე ცხოველებისათვის და ადამიანებისათვის. ამასთან, არამარტო მძიმე ლითონები, არამედ ყველა მაკრო და მიკროელემენტი, რომლებიც ჭარბად მოიპოვებიან ნიადაგში, შეიძლება გახდნენ ყოველივე ცოცხალის მოწამვლის მიზეზი. ნიადაგის ხსნარში მათი გადიდებული კონცენტრაცია მთლიანად აჩერებს მცენარეთა ფესვთა სისტემის ზრდას და იწვევს ხმობას.

მინერალური და ორგანული სასუქების მაღალი ნორმების, ქალაქის ნაგვისგან დამზადებული კომპოსტების, მდინარის მიერ მოტანილი და წყალსატევებიდან ამოღებული შლამისა და სხვა ანარჩენების კულტურათა გასანოყიერებლად გამოყენებისას, სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში გროვდება მძიმე ლითონები: Zn, Mn, Se, Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Hg და სხვ. მათგან ყველაზე ტოქსიკურია ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, კადმიუმი და ტყვია. ამ ლითონების შენაერთები საკმაოდ მდგრადია და ტოქსიკურობას ისინი ინარჩუნებენ დიდი ხნის განმავლობაში.

გარდა სასუქებისა, ატმოსფეროს მძიმე ლითონებით ძლიერი დაბინძურებისას, მათი მსხვილი და მძიმე ნაწილაკები ილექებიან დაბინძურების წყაროსთან ახლოს, უფრო მსუბუქი და წვრილი ნაწილაკები გადაადგილდებიან მნიშვნელოვან მანძილზე, ხვდებიან ნიადაგში და შეითვისებიან მცენარეთა ფესვთა სისტემის მიერ, ნაწილი კი ხვდება უშუალოდ მცენარეთა ფოთლის ზედაპირზე და შეითვისება ფესვგარეშე გზით. დაბინძურების ადგილიდან დაშორებით თანდათან მცირდება მცენარეში მძიმე ლითონების კონცენტრაცია.

მძიმე ლითონების მიერ ატმოსფეროს, ნიადაგის და წყლების დაბინძურება საგანგაშოა იმ თვალსაზრისით, რომ შემდგომში ისინი იწვევენ არა მარტო კულტურათა პროდუქტიულობის შემცირებას, არამედ ბუნებრივად შექმნილი ფიტოცენოზის და ორგანოგენეზის პროცესის დარღვევას, ასევე პროდუქციის ჰიგიენური ხარისხის გაუარესებას, რადგან დაბინძურებული მცენარის ნაცარში გაზრდილია როგორც მძიმე ლითონების, ისე რადიონუკლიდების შემცველობა. აქედან გამომდინარე, მაღალი კვებითი ღირებულების დაბინძურებული პროდუქცია შესაძლებელია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საშიში გახდეს, თუ მის ნაცარში რადიუმის, პოლონიუმის, სტრონციუმის, კობალტის, ნიკელის, ვერცხლისწყლის, კადმიუმის, ტყვიის და სხვა მძიმე ლითონების შემცველობა მეტია მათ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე. საქმეს ართულებს ის გარემოებაც, რომ სასოფლო-სამეურნეო კულტურები რაიმე პათოლოგიური ცვლილებებისა და მოწამვლის სიმპტომების გამოვლინების გარეშე, შესაძლოა შეიცავდნენ მძიმე, რადიოაქტიური და ტოქსიკური შენაერთების ისეთ რაოდენობას, რომელიც მავნეა ადამიანისა და ცხოველთა ჯანმრთელობისათვის.

საერთოდ, ცნობილია, რომ ნიადაგში მძიმე ლითონების გადიდებული რაოდენობის არსებობისას ადგილი აქვს ნიტრიფიკაციის პროცესის შეფერხებას, პარკოსანი ბალახების მიერ მოლეკულური აზოტის ფიქსაციის შემცირებას.

მძიმე ლითონებით დაბინძურებულ რაიონებში მყავე წვიმების მოსვლა ადიდებს მათი გადაადგილების უნარს, რაც მცენარეში მათი ჭარბი რაოდენობით დაგროვების საშიშროებას ქმნის. დაბინძურებული ნიადაგიდან სხვადასხვა მცენარის მიერ მძიმე ლითონების შთანთქმის ხარისხი არაერთნაირია. ამ ელემენტების ყველაზე მაღალი დაგროვების უნარი აქვთ ბოსტნეულ კულტურებს, ნაკლები – ტექნიკურ და მარცლოვან კულტურებს. ორლებნიან მცენარეებს მძიმე ლითონების უფრო მაღალი შთანთქმის უნარი აქვთ, ვიდრე ერთლებნიანებს.

მცენარის მიერ მძიმე ლითონების შთანთქმა დამოკიდებულია ნიადაგში მათი ხსნადი ფორმების შემცველობაზე და თვით ნიადაგის შედგენილობაზე. არსებობს მჭიდრო კავშირი ნიადაგში მძიმე ლითონების საერთო შემცველობასა (ტყვია, თუთია, კადმიუმი) და მცენარეში მათ რაოდენობას შორის. მაგალითად, ნიადაგში ტყვიის საერთო შემცველობის 21 – დან 411 მგ/კგ გადიდებისას, მისი კონცენტრაცია სიმინდში გაიზარდა 0,1 – დან 2,0 მგ კგ-მდე. სიმინდზე ბევრად უფრო ინტენსიურად აგროვებენ ტყვიას ძირხვენები.

სიმინდში თუთიის საერთო შემცველობის 47- დან 707 მგ/კგ-მდე გადიდებით ამ მეტალის დაგროვება გაიზარდა 25-დან 82 მგ/ კგ-მდე. სიმინდი, საკვებ ჭარხალთან შედარებით, კიდევ უფრო ნაკლები რაოდენობით შთანთქავს ნიადაგიდან კადმიუმს. ნიადაგში მისი რაოდენობის 1 – დან 7 მგ-მდე გადიდებისას მისი შემცველობა 0,2- დან 0,4 მგ-მდე გაიზარდა, ჭარხლის ძირხვენაში 0,3-დან 1,4 მგ/კგ-მდე. საკვებ ჭარხალში კადმიუმის დაგროვება დამოკიდებულია ნიადაგში თუთიის შემცველობაზე, რომელიც ხელს უშლის კადმიუმის დაგროვებას ძირხვენაში. თუთიის ფონური 47 მგ/კგ შემცველობისას კადმიუმის მაქსიმალური შემცველობა 7 მგ/კგ-ს აღწევს. ნიადაგში თუთიის შემცველობის 700 მგ/კგ-მდე გადიდებისას კადმიუმის კონცენტრაცია ძირხვენაში მცირდება 3 მგ/კგ-მდე.

### მძიმე ლითონების ფიტოტოქსიკურობა და მათი გავლენა ადამიანისა და ცხოველთა ჯანმრთელობაზე

მძიმე ლითონები მიეკუთვნებიან ულტრა მიკროელემენტებს, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი ტოქსიკურობით და ზოგჯერ რადიაქტიურობითაც. მცენარეში მცირე რაოდენობით შემცველობისას, მათ შეუძლიათ მოახდინონ ზრდისა და სინთეზის პროცესების სტიმულირება, რაც განპირობებულია არა ამ ელემენტების ბიოლოგიური აუცილებლობით, არამედ მომწამვლელი ნივთიერებების მიკროდოზების მოქმედებით ორგანიზმის ინტოქსიკაციის სტიმულირებით. ამიტომ, ზოგიერთი მიკროელემენტის შეტანა ნიადაგში, ძალზე პრობლემატურია, რადგან მათ ოპტიმალურ არამავენ კონცენტრაციასა და მომწამვლელ კონცენტრაციას შორის ძალზე მცირე ინტერვალი გააჩნიათ. ამიტომ, ისინი ხშირ შემთხვევაში სცდებიან ადამიანთა და ცხოველთა ჯანმრთელობისათვის საშიშ ზღვარს და ძლიერ მოწამვლას იწვევენ (ცხრ. 29).

### ცხრ. 29. მცენარე ში ელემენტთა ნორმალური კონცენტრაცია და მათი გამოტანა

ელემენტები	ნორმალური კონცენტრაცია (მგ/კგ მშრალ ნივთიერებაში)	მცენარეების მიერ წლიური გამოტანა გ/ჰა

დარიშხანი	0,1-1,0	1-50
ბორი	30-75	200-800
ბერილიუმი	0,1	0,5-0,1
ბრომი	15	50-150
კადმიუმი	0.05-0,2	0,3-8
კობალტი	0,3-0,5	1-6
ქრომი	0,2-1,0	1-10
სპილენძი	2-12	30-150
ფტორი	2-20	20-200
ვერცხლისწყალი	0,005-0,01	0,2-1,5
ნიკელი	0,04-3,0	10-30
ტყვია	0,1-5,0	1-80
სტიბიუმი	0,06	1-5
სელენი	0,2-2,0	1-15
კალა	0,8-6,0	5-50
თუთია	15-150	100-500

აღნიშნული ფაქტების თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია შესწავლილ იქნეს მძიმე ლითონების არა მარტო შემცველობა, არამედ მათგან გამოწვეული ყოველგვარი ნეგატიური შემდგომქმედება გარემოს დაბინძურების თვალსაზრისით. საყურადღებოა ის ფაქტიც, რომ რამდენიმე ლითონის – კადმიუმის, თუთიის და ტყვიის ერთობლივი მოქმედება უფრო ნაკლებ ტოქსიკურია, ვიდრე თითოეულის ცალცალკე, რაც აიხსნება იონთა ანტაგონიზმის გავლენით მათი შთანთქმის შემცირებით. მაგალითად, არსებობს ანტაგონიზმი თუთიასა და კადმიუმს, კალციუმსა და კადმიუმს, მაგნიუმსა და თუთიას, კალციუმსა და თუთიას შორის. ეს თვისება უნდა გამოყენებული იქნეს ზოგიერთ ძლიერ დაბინძურებულ ნიადაგზე მძიმე ლითონების მცენარის ფესვებით შთანთქმის შესამცირებლად.

მძიმე ლითონები მიეკუთვნებიან პროტოპლაზმატიკურ საწამლავს, რომელთა ტოქსიკურობა იზრდება ატომური მასის გადიდებასთან ერთად. ძლიერ ფიტოტოქსიკურს მიეკუთვნებიან ის ელემენტები, რომლებიც უარყოფით გავლენას ახდენენ მცენარეზე ხსნარში 1 მგ/ლ კონცენტრაციით არსებობისას. ასეთი ელემენტებია  $Ag^+$ ,  $Be^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ , და  $CrO_4^{2-}$ .

ზომიერად ტოქსიკურებს მიეკუთვნებიან ის ელემენტები, რომლებიც ინგიბიტორულ გავლენას ახდენენ 1 – დან 100 მგ/ლ კონცენტრაციის პირობებში. ამ ჯგუფში შედიან არსენატები, ბორატები, ქლორატები, პერმანგანატები, მოლიბდატები, სელენატები, აგრეთვე  $As^{3+}$ ,  $Se^{4+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  და სხვ.

ნაკლებტოქსიკურია ის ელემენტები, რომლებიც იშვიათად ავლენენ უარყოფით შედეგს მაშინ, როცა მათი კონცენტრაცია აღემატება 1800 მგ/ლ. ასეთი ელემენტებია:  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Rb^+$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Li^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  და სხვ.

მძიმე ლითონების ტოქსიკურობა ვლინდება სხვადასხვანაირად. მაგალითად  $Cu$  და  $Hg$  ტოქსიკური კონცენტრაციის დროს ახდენენ ფერმენტების აქტივობის ინგიბირებას, ეს ლითონები ორგანულ შენაერთებთან წარმოქმნიან კომპლექსურ ნაერთებს, რომელთაც გააჩნიათ უჯრედის მემბრანაში შეღწევის უნარი. მაგალითად,  $Cd$ ,  $Pb$ ,  $Ni$ ,  $Hg$ ,  $Be$  და  $Ag$  ახდენენ ფოსფატაზას, კატალაზას, ოქსიდაზას, რიბონუკლეაზას ინგიბირებას და დაზიანებას, რაც მძიმე ლითონების ტოქსიკური მოქმედების მთავარ გამოვლინებას წარმოადგენს.  $Cd$ ,  $Au$ ,  $Fe$  და  $Cu$  იწვევენ უჯრედის მემბრანის გახვრეტას და ხელს უწყობენ მძიმე ლითონების პასიურ შეთვისებას.  $Al$ ,  $Fe$ ,  $Ba$  და სხვა, მათ მსგავს მძიმე მეტალებს, უნარი შესწევთ  $PO_4^{2-}$  იონებთან ურთიერთქმედებით წარმოქმნან პრეციპიტატი და ასევე ჩვეულებრივ მეტაბოლიტებთან ხელატების კომპლექსები, რითაც ხელს უშლიან მათ შემდგომ ჩართვას ნივთიერებათა ცვლაში.

ზოგიერთი მძიმე ლითონი აფერხებს თავისი ანალოგების შეთვისებას მცენარის მიერ. მაგალითად, კალციუმი ჩაენაცვლება სტრონციუმით, თუთია – კადმიუმით, რითაც საგრძნობლად ფერხდება მცენარის ზრდა-განვითარება.

ლითონების ფიტოტოქსიკურობაზე გავლენას ახდენენ ნიადაგური ფაქტორებიც: ნიადაგის არეს რეაქცია pH, კათიონთა გაცვლითი უნარიანობა, ორგანული ნივთიერების შემცველობა და სხვ. მყავე არეს რეაქციის პირობებში, მაგალითად pH მაჩვენებლის 5,5 ქვემოთ დაცემისას, იზრდება მძიმე ლითონების ფიტოტოქსიკურობა, pH მაჩვენებლის გადიდებისას კი პირიქით – მცირდება. ასევე მცირდება მათი ტოქსიკურობა ნიადაგში ორგანული ნივთიერების შემცველობის გადიდებისას.

მძიმე ლითონების გადაადგილებაზე და ტრანსფორმაციაზე არაერთნაირ გავლენას ახდენს როგორც აგროტექნოლოგიური ღონისძიებები, სასუქები და მოკირიანება, ისე მოვლა-მოყვანის პირობები და გარემო ფაქტორები: განათება, ტემპერატურა, ტენიანობა. ამიტომ, ამა თუ იმ ლითონის ფიტოტოქსიკურობის დადგენა სხვადასხვა ნიადაგზე, საკმაოდ რთულია.

მძიმე ლითონებიდან ნიკელი, კადმიუმი, თუთია და გალიუმი უფრო ადვილად შესათვისებელია მცენარეთათვის, ვიდრე ტყვია, ქრომი და ვერცხლისწყალი. ტყვია ყველაზე საშიში ელემენტია. ის მცენარეს ჩაგრავს დაბალი კონცენტრაციის პირობებშიც. დაუბინძურებელ ნაკვეთებზე მისი შემცველობა მცენარის მშრალ მასაში შეადგენს 2-3 მგ/კგ. საკვებში მისი შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 10 მგ/კგ, მაშინ როცა, გერმანიაში ავტომაგისტრალთან ახლოს აღებული მცენარის ნიმუშების მშრალ მასაში დაფიქსირებული იყო 7000 მგ/კგ ტყვიის შემცველობა.

კომბოსტოს გარე ფოთლებში ტყვიის შემცველობა რამდენჯერმე მაღალია, ვიდრე შიდა ფოთლებში. ასეთივე კანონზომიერებას აქვს ადგილი ძირხვენებშიც, რომელთა ფესურის ქვედა ნაწილში გაზრდილია მათი კონცენტრაცია.

ტყვიის განსაზღვრულ კონცენტრაციამდე მცენარეები არეგულირებენ მძიმე ლითონების შესვლას მიწისზედა ორგანოებში, ხოლო მაღალი კონცენტრაციის პირობებში (200 მგ/კგ და მეტი) უკვე აღარ შესწევთ ამის უნარი. მიუხედავად ამისა, მცენარის თესლში მძიმე ლითონების დაგროვება არის მუდმივი და მინიმალური (0,02-0,004%), მაშინ როცა, ფესვებში და ღეროში მაღალია და შესაბამისად 21 და 1,2% შეადგენს. მრავალი მკვლევარის აზრით, ფესვთა სისტემას აქვს უნარი შეაფერხოს ტყვიისა და სხვა ტოქსიკური იონების გადასვლა ფესვებიდან მცენარის ფოტოსინთეტიკურ ორგანოებში. სწორედ ამით უნდა იყოს გამოწვეული ტყვიის დაბალი ფიტოტოქსიკურობა.

ტყვიის ნორმალური შემცველობა მცენარეში 0,1 მგ/კგ შეადგენს. მისი ნორმალური კონცენტრაცია 0,1-5,0 მგ/კგ-ია. შვრია ილუპება, როცა ნიადაგში ტყვიის კონცენტრაცია 500 მგ/კგ შეადგენს. ქერი გაუკულტურებელ კორდიან ეწერ ნიადაგზე იჩაგრება 125-250 მგ/კგ შემცველობისას, გაკულტურებულზე – 1000 მგ/კგ. შავმიწებზე და ტორფიან და ნეშომპალიან ნიადაგებზე 2000-3000 მგ/კგ შემთხვევაში.

ტყვია მოქმედებს ყოველივე ცოცხალზე, იწვევს ცვლილებას ნერვიულ სისტემაში, სისხლში და ქსოვილებში. აქტიურად მოქმედებს ცილების სინთეზზე, უჯრედის ენერგეტიკულ ბალანსზე და მის გენეტიკურ აპარატზე.

ტყვიის ორგანული და არაორგანული შენაერთები ადამიანის ორგანიზმში ძირითადად ხვდებიან სასუნთქი გზებით, მცირე რაოდენობით – კუჭნაწლავიდან და კანის გზით. ეს ელემენტი ძირითადად გროვდება თირკმელში, თმებში, ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში და სხვა ადგილებში.

ტყვიის ზღვრული კონცენტრაცია ადამიანის სისხლში 0,5 მგ/კგ. მისი მაღალი შემცველობა არღვევს იმ რეაქციებს, რომლის დროსაც გემოგლობინი წარმოიშვება. ამ

შემთხვევაში ადამიანს აწუხებს ჟანგბადის უკმარისობა და დაღლილობა. მეცნიერებმა აღმოაჩინეს რომ ტყვიის მაღალი კონცენტრაცია სისხლში და აორტის ქსოვილში უფრო მაღალი აქვთ გულით დაავადებულ ადამიანებს. ტყვია მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. ბავშვებში არაორგანული ტყვიის დიდი რაოდენობით დაგროვებას მივყავართ გონებრივ მოშლილობამდე. ტყვიის ორგანული ნაერთები – ტეტრაეთილ და ტეტრამეთილ ტყვია იწვევს უძილობას, ღამის კოშმარებს, კრუნჩხვებს და პერიფერიულ ნერვოზს.

ადამიანის ტყვიით მოწამვლის ძირითადი სიმპტომია ღრძილების გარშემო ტყვიის ნაფენის გაჩენა, სისხლში იზრდება ბაზოფილური ერიტროციტების რაოდენობა, რომლებიც ხელს უწყობენ ორგანიზმში კანცერნოგენული უჯრედების ლოკალიზაციას. არასასურველი ცვლილებები ხდება ნერვულ და გულსისხლძარღვთა სისტემაში, ადგილი აქვს კუჭნაწლავის ანთებითი პროცესების გამწვავებას, რაც იწვევს ენდოკრინოლოგიურ ცვლილებებს.

კადმიუმი შესულია ძლიერ საშიშ გამაჭუჭყიანებელთა რიცხვში, ვინაიდან მას აქვს ადამიანის ორგანიზმში აკუმულაციის დიდი უნარი. მისი დაშლის პერიოდი 20-32 წელზე მეტხანს გრძელდება. ამ ელემენტის ნორმალური კონცენტრაცია მცენარის მშრალ მასაში არის 0,05-0,2 მგ/კგ. საერთოდ კი – 0,2-0,8 მგ/კგ ფარგლებში მერყეობს, ზოგიერთ მცენარეში 80 მგ/კგ და მეტსაც აღწევს, რაც იწვევს 25%-ით მოსავლის შემცირებას. ისეთი ბოსტნეული, როგორცაა ისპანახი და სალათა, შეიძლება შეიცავდეს 100 მგ/კგ კადმიუმს და არ გამოვლინდეს მათზე არავითარი მოწამვლის ნიშნები. ძლიერ დაბინძურებული მცენარეები შეიძლება შეიცავდნენ 400 მგ/კგ-ზე მეტს. სხვა ელემენტებისაგან განსხვავებით, გარდა თუთიისა, კადმიუმი შეიძლება დაგროვდეს გენერაციულ ორგანოებში შედარებით დიდი რაოდენობით. მარცვალში მისი შემცველობა იზრდება 0,2-4 მგ/კგ-მდე, ნამჯაში – 0,1-12 მგ/კგ-მდე.

დაბინძურებისას გაუკულტურებულ კორდიან ეწერ ნიადაგზე დაჩაგვრა იწყება 10 მგ/კგ შეტანისას, გაკულტურებულზე – 50-100 მგ/კგ მეტი კადმიუმის გამოყენებისას. ქერის საკვებ ხსნარში მოყვანისას, რომელიც შეიცავს კადმიუმს 0,5-100 მგ/ლ, დადგინდა, რომ საკვებ ხსნარში კადმიუმის დამატებისას აღარ ხდება თავთავების წარმოქმნა, ხოლო 100 მგ/კგ აღმოჩნდა ლეტალური დოზა, რომლის დროსაც მცენარეები დაიღუპნენ ორი თვის ასაკში. კადმიუმის 10 % შემცველობისას ადგილი ჰქონდა მცენარის მწვანე მასის 50%-ით შემცირებას.

კადმიუმის მაღალი ფიტოტოქსიკურობა გამოწვეულია მისი ქიმიური თვისებების თუთიასთან მსგავსებით. ამიტომ, კადმიუმმა თუთია შეიძლება შეცვალოს მრავალ ბიოქიმიურ პროცესში, რითაც ირღვევა ისეთი ფერმენტების აქტივობა როგორებიცაა ანჰიდრაზა, ფოსფატაზა, სხვადასხვა დეჰიდრაზები, რომლებიც დაკავშირებულია სუნთქვისა და სხვა ფიზიოლოგიურ პროცესებთან, აგრეთვე პროტეაზის და პეპტიდაზის მუშაობა, რომლებიც მონაწილეობენ ცილოვანი და ნუკლეინოვანი ცვლაში. როგორც ქიმიურმა ანალოგმა კადმიუმმა თუთია შეიძლება შეცვალოს ენზიმურ სისტემაში, რომელიც აუცილებელია გლუკოზის ფოსფორილებისათვის. მცენარეულ ორგანიზმში თუთიის კადმიუმით ჩანაცვლებას მივყავართ თუთიის სიმცირის ნიშნების გამოვლინებამდე, მცენარის დაჩაგვრამდე და ზოგჯერ დაღუპვამდეც.

კადმიუმი, ტყვისაგან განსხვავებით, ადვილად შეითვისება მცენარის მიერ და კი არ გროვდება მცენარის ფესვთა სისტემაში, არამედ ხდება მისი გადანაწილება მიწისზედა ორგანოებში. კადმიუმისადმი მგრძობიარობის მიხედვით მცენარეები შეიძლება დავალაგოთ შემდეგი მზარდი თანმიმდევრობით: პამიდორი < შვრია < სალათა < მდელოს ბალახები < სტაფილო < ბოლოკი < ლობიო < ბარდა < ისპანახი.



კადმიუმი ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში ხვდება წყლისა და საკვების საშუალებით, თანდათან გროვდება და ნელ-ნელა გადადის სისხლში. ის ძირითადად გროვდება თირკმელში და შინაგანი სეკრეციის გზებში. მისი გამოყოფა ორგანიზმიდან ხდება კუჭნაწლავის ტრაქტის გზით. აშშ-ში დადგინეს, რომ დღელამეში ადამიანი პროდუქტებით იღებს 23-150 მგ/კგ კადმიუმს. ფაოს მიერ მისი დასაშვები ნორმაა 70 მგ/კგ.

კადმიუმის შენაერთები ძალზე მომწამლავი არიან. მათი მაღალი შემცველობა საკვებში იწვევს არტერიული წნევის და გულის მარცხენა კედლის გადიდებას, არტერიის კედლებზე ცხიმის დაგროვებას, თირკმლის დაზიანებას და ცილების პათოლოგიურ გამოყოფას. კადმიუმის შენაერთები პირველ რიგში მოქმედებენ სასუნთქ ორგანოებზე და კუჭნაწლავის ტრაქტზე.

კადმიუმით მოწამვლის ადრეული სიმპტომია ღრძილების გარშემო და კბილებზე მოყვითალო კადმიუმიანი ნაფენის გაჩენა. თავის ტკივილი, თავბრუსხვევა, მადის დაკარგვა, კუჭის ტკივილი, გულის რევა, პირღებინება, გახდომა, შარდში დიდი რაოდენობით ცილები, ადამიანი უჩივის ტკივილს მენჯის, წელისა და ხერხემლის არეში, რაც გამოწვეულია ძვლის ქსოვილში მომხდარი ცვლილებებით.

ვერცხლისწყლის შემცველი ნაერთებით ბიოსფეროს დაბინძურების წყაროებია სხვადასხვა სამრეწველო ობიექტები, მინერალური სასუქები, სამრეწველო და კომუნალური ნარჩენები და ვერცხლისწყლიანი ფუნგიციდები, რომლებიც ნიადაგს, წყალსა და ჰაერს აბინძურებენ ვერცხლისწყლით და შემდგომში ერთვებიან მცენარეთა კვების ჯაჭვში.

ვერცხლისწყლის ნორმალური კონცენტრაცია მცენარეში 0,005-0,01 მგ/კგ-ს შეადგენს. უმეტეს მცენარეებში მერყეობს 0,01-0,2 მგ/კგ ფარგლებში. მისი 95 % გროვდება ფესვებში, დანარჩენი – ღეროში და ფოთლებში. ვერცხლისწყლის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია მცენარეულ მასალაში დიდ ბრიტანეთში არის 0,1მგ/კგ, დანიაში – 0,005 მგ/კგ, ავსტრიაში და ირლანდიაში – 0,03 მგ/კგ, ბელგიაში – 0. სანიტარული ნორმებით მცენარეული წარმოშობის საკვებ პროდუქტებში მისი შემცველობა 2,5 მგ/კგ.

ვერცხლისწყლის გადასვლა დაბინძურებული ნიადაგიდან მცენარეში, საგრძნობლად იზრდება საკონტროლო დაუბინძურებულ ნაკვეთთან შედარებით. თითქმის ორჯერაა გაზრდილი სტაფილოს ძირხვენაში მისი შემცველობა, სამჯერ – ისპანახის ფოთოლში. (ცხრ. 30).

ვერცხლისწყლის ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მისი შენაერთების ფორმებზე. განსაკუთრებით ტოქსიკურია მისი ორგანულ-მინერალური შენაერთები – მეთილ, დიმეთილ და ეთილ ვერცხლისწყალი. ვერცხლისწყლის იონი და მისი ლითონური ფორმა უფრო ნაკლებად ტოქსიკურია. სავეგეტაციო ცდებში ჰა-ზე 25-37 კგ Hg შეტანით არ შემცირებულა ხორბლის, ჭვავის, ქერის, სამყურას და ტიმოთელას მოსავალი. ნიადაგში 50 მგ/კგ შემცველობისას შეიმჩნევა ზრდის პროცესების შეჩერება, 1000 მგ/კგ შემცველობისას მცენარის მოწამვლა და ხმობა.

სისხლში მოხვედრისას Hg უერთდება ცილოვან მოლეკულას და წარმოიქმნება ნაკლებად მდგრადი კომპლექსი – მეტალოპროტეიდები, რომელიც იწვევენ ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციის დარღვევას. მძიმე მოწამვლა იწვევს თირკმლის ფუნქციის მოშლას და 5-6 დღეში სიკვდილს. მსუბუქი მოწამვლისას 2-3 კვირის შემდეგ დარღვეული ფუნქციები აღსდგება. ადამიანში Hg მოწამვლის ძირითადი სიმპტომია თავის ტკივილი, გაწითლება, გასივება, ღრძილებიდან სისხლის დენა და კბილებზე და ღრძილებზე ვერცხლის სულფიდის ნაფენის გაჩენა. ამასთან, ჩნდება სტომატიტი, ლიმფური და სანერწყვე ჯირკვლების შესიება, პირში შეიგრძნობა არასასიამოვნო გემო, ირღვევა ძილი.

**ცხრ. 30. ვერცხლისწყლის გადასვლა ნიადაგიდან  
სხვადა სხვა სასოფლო-სამეურნეო მცენარეებში  
(მგ/კგ მშრალ ნივთიერებაში)**

კულტურა	სა კონ- ტრო ლო	Hg დაბინ ძურე ბული ნიადა გი	კულტურა	სა კონ- ტრო ლო	Hg დაბინ ძურე ბული ნიადა გი
შვრია			ესპანახი		
მარცვალი	0,113	0,163	ფოთოლი	0,094	0,339
ნამჯა	0,197	0,243	ფესვი	0,095	1,022
სოია			ყვავილოვ.		
მარცვალი	0,074	0,076	კომბოსტო		
ფოთოლი	0,250	0,444	ფოთოლი	0,079	0,068
იონჯა	0,160	0,151	ფესვი	0,019	0,197
სალათა	0,111	0,176	ბარდა		
თამბაქო			მარცვალი	0,001	0,002
ფოთოლი	0,088	0,106	ნამჯა	0,110	0,187
სტაფილო			ფესვი	0,011	0,167
ძირხვენა	0,086	0,180	ხორბალი		
ფოთოლი	0,193	0,211	მარცვალი	0,009	0,113
კარტიფილი			ფოთოლი	0,176	0,193
ტუბერი	0,047	0,055	ნამჯა	0,011	0,008
ფოთოლი	0,364	0,442	ფესვი	0,151	0,157
პამიდორი			ბოლოკი		
ნაყოფი	0,034	0,037	ფოთოლი	0,237	0,218
ფოთოლი	0,139	0,145	ძირხვენა	0,013	0,026

Hg მოწამვლის პირველი სიმპტომია დადლილობის გამლიერება, სისუსტე, თავბრუსხვევა „ვერცხლისწყლის ნერვოზი“, ამასთან, ვლინდება სხეულის კანკალი, „ვერცხლისწყლის დამბლა“, კანკალი თავდაპირველად იწყება ხელებიდან, შემდეგ გადაეცემა თვალის ქუთუთოებს, ენას, მძიმე მოწამვლისას ერთვება ფეხები და ბოლოს მთელ სხეულში ჩნდება ფსიქიკური აღზნება \_ „ვერცხლისწყლის ერეტიზმი“.

დარიშხანი ტოქსიკურობას მაშინ ამჟღავნებს, როცა მისი შემცველობა 50მგ/კგ აღწევს ნიადაგში. ამასთან, რაც უფრო მეტია ერთნახევარი ჟანგეულების შემცველობა ნიადაგში, მით მეტი დარიშხანი შეითვისება მცენარეთა მიერ. ნიადაგში დიდი რაოდენობით დარიშხანის მოხვედრის შემთხვევაშიც, მცენარის მოწამვლის ნაკლები საშიშროება არსებობს, ვინაიდან მათ გააჩნიათ მიწისზედა ორგანოებიდან ამ ელემენტის გამოდევნის უნარი. მცენარეთა მოწამვლის საშიშროება არსებობს მხოლოდ მსუბუქ ნიადაგებზე დიდი რაოდენობით შეთვისებისას.

ქრომის მაღალი შემცველობის მქონე ტომასის წიდის შეტანა ამ ელემენტის 5000 მგ/კგ შემცველობისას, უარყოფით გავლენას არ ახდენს მცენარეთა ზრდა- განვითარებაზე, რადგან ამ სასუქში ის შეზოჭილია ფოსფორის, რკინის, კალციუმის შენაერთების ფორმაში, რაც აძნელებს მცენარის მიერ მის შეთვისებას. მაგრამ, თუ წიდების შეტანის შემდეგ მისმა შემცველობამ ნიადაგში მიაღწია 500 მგ/კგ, მაშინ შეინიშნება მცენარეში მიმდინარე ცხოველმყოფელობის პროცესების დარღვევა და ზრდა-განვითარების შეფერხება.

სპილენძის ფიტოტოქსიკურობა ორჯერ უფრო მაღალია თუთიასთან შედარებით. ამ ელემენტით დაზიანების მიზეზები შეიძლება გამოვლინდეს მსუბუქ ნიადაგებზე, ორგანული ნივთიერებების დაბალი შემცველობისას და მჟავე არეს რეაქციის პირობებში.

სპილენძით საშუალოდ მოწამვლის დროს, მცენარეები აღარ იძლევიან ოპტიმალურ ნაზარდს, სხვა გარეგნული სიმპტომი არ შეიმჩნევა, მწვავე მოწამვლის დროს მკვეთრად გამოხატული გარეგნული სიმპტომები ახასიათებს. სპილენძი ნიადაგიდან მცენარეში გადადის ძალზე სუსტად. ნიადაგში მისი შემცველობის 12-ჯერ გადიდებას მიყვავართ მარცვალში, ტუბერებში, ნამჯაში და ფოთლებში მისი რაოდენობის 2-ჯერ გადიდება მდე.

სამოვრებზე სპილენძით დაბინძურებული ღორის ნაკელის ხანგრძლივი შეტანით იმდენად ბინძურდება სავარგული, რომ ცხვრების მოვება უარყოფითად მოქმედებს მათ ზრდა-განვითარებაზე. სპილენძის დასაშვები ნორმა მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვისათვის 15-30 მგ/კგ, ღორებისათვის – 250 მგ/კგ. მისი შემცველობა მეცხოველეობის ანარჩენებისაგან დამზადებულ საკვებში 250 მგ/კგ შეადგენს, რაც კიდევ უფრო ზრდის ნაკელში მის შემცველობას.

მცენარეში სტრონციუმი ნაკლებად ტოქსიკურია. ნიადაგში ამ ელემენტის შეტანას თან ახლავს მისი დაგროვება მცენარეში პროცენტის მეთასედიდან – მეთასედის რაოდენობით (ცხრ. 31).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ნიადაგში ფოსფოთაბაშირის, როგორც მელიორანტის შეტანისას, მცენარე უფრო ინტენსიურად შთანთქავს სტრონციუმს, ვიდრე კალციუმს. ამიტომ მისი კონცენტრაცია მცენარეში უფრო სწრაფად იზრდება. მაგალითად, ბარდაში სტრონციუმის კონცენტრაცია გაიზარდა 4 –ჯერ, კალციუმისა კი – მხოლოდ 1,44 ჯერ. ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი შვრიასშიც – 4,7 ჯერ და 1,3 – ჯერ. სტრონციუმს ახასიათებს ძალზე დაბალი ფიტოტოქსიკურობა, რაც აიხსნება მისი ფარდობითი ატომური მასის სიმცირით. მიუხედავად ამისა, სტრონციუმით დაბინძურებული საკვების სისტემატური მიღებისას ადამიანები და ცხოველები ავადდებიან უროვის დაავადებით, რომელიც გამოიხატება ძვლების გამრუდებაში, მტვრევაში, სახსარში წამონაზარდების გაჩენაში და მოძრაობის უნარის დაკარგვაში. ეს გამოწვეულია ძვლის ქსოვილში კალციუმის სტრონციუმით ჩანაცვლებით, რომელიც თავისი მაღალი გადაადგილების უნარის გამო, ვერ კავდება ძვლის ქსოვილში, ეს კი იწვევს მის სიფაშრეს და მტვრევადობას.

**ცხრ.31. ნიადაგში ფოსფოთაბაშირის შეტანისას Sr,Ca და Mg შემცველობა ბარდასა და შვრიის მშრალ მასაში მგ/კგ-ით (სავეგეტაციო ცდა 1980)**

ცდის სქემა	ბ ა რ და			შ ვ რ ი ა		
	Sr	Ca	Mg	Sr	Ca	Mg
საკონტროლო (NPKფონი)	0,031	1,58	0,27	0,003	0,89	0,16
ფონი + ფოს-ფოთაბაშირი 5,6 გრ/კგ	0,120	2,28	0,36	0,014	1,15	0,11

მწვავე ნიადაგზე და ანაერობულ პირობებში მცენარეზე ტოქსიკური მოქმედება შეიძლება გამოამჟღავნოს ორვალენტიათა მანგანუმმა და რკინამ. მანგანუმის ფიტოტოქსიკურობა მაღალია 5,5-ზე დაბალი pH მაჩვენებლის დროს. 5,7-ზე მაღალი pH მაჩვენებლის დროს მისი ფიტოტოქსიკურობა მცირდება  $Mn^{2+}$ -დან  $Mn^{4+}$  ფორმად გარდაქმნით. მანგანუმით მოწამვლის სიმპტომები მრავალ მცენარეზე იქნა აღმოჩენილი ძლიერ მწვავე არეს რეაქციის მქონე ნიადაგებზე. ასე მაგალითად, მანგანუმის 20 მგ/კგ შემცველობა შეიძლება გახდეს ვაშლის მცენარის ფესვთა სისტემის ნეკროზით

დაავადების მიზეზი. ამ ელემენტის სიჭარბით კარტოფილი შეიძლება დაიჩაგროს მის ფოჩში 700მგ/კგ  $Mn^{2+}$  შემცველობისას. მანგანუმის მაღალი შემცველობის მიმართ ყველაზე მგრძობიარეა კომბოსტო, საშუალო მგრძობიარობით გამოირჩევა წითელი სამყურა და შაქრის ჭარხალი.

Mn გავლენას ახდენს თავის ტვინის ბაზალურ ბირთვზე, იწვევს არასტაბილურ სიარულს, მიმიკის მოშლას, გვაგონებს პარკინსონიზმს.

ნიკელი მცენარისათვის საჭიროა განსაკუთრებით მცირე რაოდენობით. მისი ფიტოტოქსიკურობა ვლინდება მყავე ნიადაგებზე მცენარეში 50 მგ/კგ შემცველობისას. ეს ელემენტი ადვილად შეითვისება, რის გამოც მცენარეში შეიძლება მისი შემცველობა მეტი იყოს, ვიდრე ნიადაგში. ჭვავში აღმოჩენილია 80-100მგ/კგ რაოდენობით, კარტოფილის ფოჩში \_ 17,5 მგ/კგ.

ადამიანი ყოველდღიურად მოითხოვს 0,1-0,5 მგ სელენს. ცხოველებში მისი მომწამვლელი მოქმედება აღინიშნება მაშინ, როცა მისი კონცენტრაცია საკვებში შეადგენს 2 მგ/კგ. სელენი ყველაზე მეტი რაოდენობით გროვდება თევზის ფქვილში (4,18 მგ/კგ მშრალ ნივთიერებაში). ყველაზე მცირეა მარცვლეული კულტურების თესლში.

Zn და Co უარყოფით გავლენას არ ახდენენ მცენარეებზე, ადამიანებზე და ცხოველებზე. თუთიის ფიტოტოქსიკურობა ვლინდება მხოლოდ ნიადაგში მისი შემცველობის ძლიერ გადიდებისას. დაბალი შთანთქმის ტევადობის ნიადაგებზე 400-700 მგ/კგ, ხოლო მაღალი შთანთქმის ტევადობის მქონე ნიადაგებზე \_ 2000 მგ/კგ შემცველობისას. მცენარეზე მისი ტოქსიკურობის ნიშნები ვლინდება ქსოვილში 300-500 მგ/კგ შემცველობისას. მცენარის ქლოროფილით ღარიბ ორგანოებში თუთიის შემცველობა შეადგენს 7-27 მგ/კგ მშრალ ნივთიერებაში, ქლოროფილით მდიდარ ორგანოებში \_ 40-95 მგ/კგ. მარცლოვან თავთავიან კულტურებში მისი რაოდენობა უფრო მცირეა, ვიდრე პარკოსნებში.

მინერალური და ორგანული სასუქების, სამრეწველო, კომუნალური და ჩამონადენი წყლების ნალექის კომპოსტების ნორმების, შეტანის ვადების და ხერხების სწორად შერჩევა და რაციონალური გამოყენება, საშუალებას იძლევა ნიადაგის ნაყოფიერება შევინარჩუნოთ საჭირო დონეზე, უზრუნველვყოთ არა მარტო მაღალი მოსავლის მიღება, არამედ გამორიცხოთ ნიადაგის და საკვები პროდუქტების დაბინძურება ტოქსიკური ელემენტებით და შენაერთებით, როცა მათი შემცველობა აღარ აღემატება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას (ცხრ. 32).

**32. ზოგიერთი ქიმიური ელემენტის ზღვ საკვებ პროდუქტებში მგ/კგ ნედლ პროდუქციაში (სევის მასალები, 1983 წ.)**

ელემენტები	პ რ ო დ უ ქ ტ ე ბ ი				ბოსტნეული	ხილი	წვენები და სასმე- ლები
	თევზეული	ხორცეული	რძის	მარცლოვანი პურეული			

ვერცხლისწყალი	0,5	0,03	0,005	0,01	0,02	0,01	0,005
კადმიუმი	0,1	0,05	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02
ტყვია	1	0,5	0,05	0,2	0,5	0,4	0,4
დარიშხანი	1	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2
სპილენძი	10	5	0,5	5	10	10	5
თუთია	40	40	5	25	10	10	10
რკინა	30	50	3	50	50	50	15
კალა	20	200	100	-	200	100	100
სტიბიუმი	0,5	0,1	0,05	0,1	0,3	0,3	0,2
ნიკელი	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5
სელენი	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ქრომი	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
ალუმინი	30	10	1	20	30	20	10
ფტორი	10	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
იოდი	2	1	0,3	1	1	1	1

მცენარეთა მიერ მძიმე ლითონების შეთვისება დამოკიდებულია მათ ბიოლოგიურ თავისებურებაზე, პირველ რიგში ფესვთა სისტემის კათიონთა გაცვლით ტევადობაზე. მათი შთანთქმა ხდება როგორც მეტაბოლური, ისე არამეტაბოლური გზით, რომელთა შორის შეფარდება იცვლება ნიადაგის თვისებების მიხედვით. ასე მაგალითად, ტყვიის, კადმიუმის, სპილენძის და ლითიუმის შთანთქმაში ჭარბობს პასიური გადანაცვლება, ხოლო თუთიისა და მაგნიუმის შთანთქმა ხდება როგორც აქტიური, ისე პასიური გზით. მძიმე ლითონების პასიური შთანთქმა აიხსნება უჯრედის მემბრანის სტრუქტურის დარღვევით უჯრედში მძიმე ლითონების მაღალი შემცველობისას, რაც ხელს უწყობს მცენარეში დიფუზიის გზით დამატებით მძიმე ლითონების მოხვედრას.

გარდა ფესვებისა, მცენარეს მძიმე ლითონების შეთვისება შეუძლია ფესვგარეშე გზით ფოთლების მეშვეობით, რომლებზეც ისინი ხვდებიან ატმოსფეროდან მტვერთან ერთად.

უკანასკნელ წლებში საზღვარგარეთის ქვეყნებში გამოქვეყნდა ინფორმაცია იმის შესახებ, რომ ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველი საკვებით ფრინველებისა და ცხოველების კვება იწვევს მათი გენოტიპის გადაგვარებას.

### მცენარეული პროდუქტების მძიმე ლითონებით დაბინძურების თავიდან აცილების საშუალებები და ღონისძიებები

მცენარეს მძიმე ლითონების შეღწევის წინააღმდეგ ნიადაგი-ფესვის, ფესვი-ღეროს, ღერო-რეპროდუქციული ორგანოების საზღვარზე გააჩნია სამი დამცავი ბარიერი. ყველაზე დიდი რაოდენობით მძიმე ლითონები გროვდება ფესვებში, სადაც მათი იონების შეღწევისას წარმოებს M ხელატირება ორგანული კომპლექსების წარმოქმნით, რის გამოც მცირდება მათი მოძრავი ფორმების შემცველობა და ამით პირველი ბარიერი ზღუდავს მათ გადასვლას ყლორტებში. თავის მხრივ ყლორტებშიც იზღუდება მძიმე ლითონების გადანაცვლება რეპროდუქციულ ორგანოებში, სადაც ისინი მოიპოვებიან ყველაზე უმნიშვნელო რაოდენობით. ამ ლითონების კონცენტრაციის რეგულირების ფუნქციას უჯრედში ასრულებს მეტალოთიონეინი – გოგირდით მდიდარი დაბალმოლეკულური მასის მქონე ცილები, რომლებიც კრავენ Pb, Cd, Hg, Zn, Cu, Ag. სწორედ ამით აიხსნება ის ფაქტი, რომ მაგალითად ვერცხლიწყლის კონცენტრაციის 100 – ჯერ, 10 მგ/კგ-მდე გადიდებისას ნიადაგში, მცენარე მას ითვისებს მცირე რაოდენობით. კიდევ უფრო მცირე რაოდენობით გადაანაცვლებს მას მიწისზედა ორგანოებში.

მცენარეული პროდუქტების დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად, დამაბინძურებლების ძირითად ნაწილს ნიადაგში კრავენ ნაკლებად მოძრავ, მცენარისათვის

ძნელად შესათვისებელ ფორმაში. ამისათვის მძიმე ლითონებით დაბინძურებულ ნიადაგებზე შეაქვთ კირი, ტორფი და სხვა ორგანული სასუქები.

მინერალური სასუქების გამოყენება ამცირებს მძიმე ლითონების ტოქსიკურობას. მაგალითად, აზოტიანი სასუქების გამოყენება ხსნის ტყვიის, დარიშხანის, სპილენძის ტოქსიკურობას მცენარეში; ფოსფორიანი სასუქების გამოყენება კი – კადმიუმის, ტყვიის, Cu, Ni, Zn ტოქსიკურობას.

ველურად მოზარდი მცენარეები უფრო გამძლენი არიან მძიმე ლითონებისადმი, კულტურულ მცენარეებთან შედარებით. ამიტომ, დაბინძურებულ ადგილებში მათი რამდენჯერმე მოყვანისა და გაუვნებელყოფის შემდეგ, მნიშვნელოვნად შეიძლება შემცირდეს შემდგომში მოსაყვან კულტურულ მცენარეებში მათი შემცველობა.

კულტურული მცენარეებიდან, მძიმე ლითონებით დაბინძურების მიმართ უფრო გამძლენი არიან სუფრის ჭარხალი, სტაფილო და კარტოფილი. ძლიერ დაბინძურებულ ნიადაგებზე ამ კულტურის პროდუქციაში მძიმე ლითონების შემცველობა 7-21-ჯერ მეტია, ვიდრე ეკოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქციაში. ამიტომ, ეს კულტურები შეიძლება აგრეთვე გამოყენებული იქნენ მძიმე ლითონებით დაბინძურებული ნიადაგების გასაწმენდად.

მცენარეში მძიმე ლითონების ტოქსიკურობის შემცირების საქმეში საკმაოდ დიდია ტრანსპირაციის როლი. მცენარე ატმოსფეროში წყალთან ერთად აორთქლებს არა მარტო ქლორს, ნატრიუმს და კალიუმს, არამედ ვერცხლიწყალს, თუთიას და ტყვიას. ეს პროცესი შეიძლება განხილული იქნეს, როგორც მცენარის მიერ აორთქლებულ წყალთან ერთად ტოქსიკური ნივთიერებების მოცილების ერთ-ერთი საშუალება.

მცენარეში ნიკელის კონცენტრაციის გადიდებას მივყავართ ფოთლებში კალციუმისა და მაგნიუმის შემცირებამდე. ნიკელის ტოქსიკური მოქმედების თავიდან აცილება შესაძლებელია ხსნარში მაგნიუმის კონცენტრაციის გადიდებით. ასე დამუშავდა ერთი ელემენტის უარყოფითი მოქმედების გამოსწორების ხერხი სუბსტრატში, მეორე ელემენტის კონცენტრაციის გადიდებით.

სასუქების გავლენა გარემოს გაჭუჭყიანებაზე მეტად უმნიშვნელოა მრეწველობასა და კომუნალურ მეურნეობასთან შედარებით და მათი მოქმედების ნეგატიური მხარე მხოლოდ არასწორი გამოყენებისას ვლინდება.

საწარმოო ზონებში ქიმიურად დაბინძურებული ნიადაგის რეკულტივაციისათვის აუცილებელია ღონისძიებების მთელი კომპლექსის გატარება, დაწყებული ტოქსიკური ნივთიერებების ძნელადხსნადი შენაერთების ფორმაში ქიმიური შეზოჭვით და ნიადაგის ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრებით დამთავრებული აგროტექნოლოგიური, მელიორაციული და სხვა ღონისძიებების გატარებით.

### **რადიონუკლიდების როლი მცენარეული პროდუქტების დაბინძურებაში**

მცენარეულ საფარზე ტექნოგენური მტვრის სახით მოხვედრილი რადიაქტიური ნივთიერებები შეითვისება მცენარის მიწისზედა ორგანოების მიერ, ხოლო ნიადაგში მტვრითა და სასუქებით მოხვედრილი რადიონუკლიდები შეითვისებიან ფესვთა სისტემის მიერ. ატმოსფეროდან მცენარეზე დალექილი ნაწილაკების შთანთქმა დამოკიდებულია მცენარის მწვანე ზედაპირის ფართობზე, მათ მიერ ნაწილაკების აკუმულაციის უნარზე, ერთეულ ფართობზე ფიტომასის რაოდენობაზე, მცენარის მიწისზედა ორგანოების ზომაზე, ქარის სიჩქარეზე, აეროზოლების ნაწილაკების ზომაზე,

დამაბინძურებლების ჩამოცვენილ რაოდენობაზე, ჰაერის ფარდობით ტენიანობაზე რადიონუკლიდების ჩამოცვენის დროს და შემდგომ პერიოდში.

რადიონუკლიდები უფრო ინტენსიურად გროვდებიან მცენარის სავეგეტაციო ორგანოებში, ფოთლებში და ყლორტებში, ვიდრე გენერაციულში. აღნიშნულის მაგალითია  $^{90}\text{Sr}$  ნიადაგიდან ნიადაგიდან მცენარეში გადასვლის მექანიზმი, რომელიც გროვდება უპირატესად ვეგეტატიურ ორგანოებში, ნაკლები ხარისხით – მარცვალში, ტუბერებში და ძირხვენებში. მცენარის მიერ მის შეთვისებაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგში კალციუმის შემცველობა.

როგორც წესი, ორი ყველაზე ხანგრძლივი მოქმედების მქონე რადიონუკლიდის  $^{90}\text{Sr}$  და  $^{137}\text{Cs}$ -ის ფესვგარეშე გზით შეთვისებული რაოდენობა ბევრად აღემატება ნიადაგიდან ფესვთა სისტემით შეთვისებულ ოდენობას. მაგალითად, სამყურას შემთხვევაში  $^{90}\text{Sr}$  ფესვგარეშე გზით შეთვისება 27 – ჯერ აღემატება ფესვებით შეთვისებულ რაოდენობას, სიმინდის შემთხვევაში – 130 – ჯერ.  $^{137}\text{Cs}$  შემცველობა სათიბ-სამოვრების ბალახში 500 – ჯერ მაღალია ატმოსფერული დაბინძურებისას, გაჭუჭყიანებულ ნიადაგთან შედარებით.

მცენარეზე რადიაციული მოქმედების ეფექტი გამოწვეულია იონიზებული გამოსხივების პირდაპირი და არაპირდაპირი მოქმედებით. მისგან გამოწვეული ცვლილებები ვლინდება ციტოგენეტიკური დაზიანების სახით. ეს ცვლილებები უჯრედის დონეზე ვლინდება მცენარის მთელ ორგანიზმზე.

ბუნებრივ პოპულაციებში სხვადასხვა მცენარეზე რადიაციული ფაქტორის გამოცდით, შეიმჩნევა მერისტემული უჯრედების ქრომოსომული გადახრის გადიდებული დონე, ზრდა-განვითარების ტემპების დაჩქარება, შემდგომი დასხივებისადმი გამძლე თესლის ფორმირება. მაგრამ ეს არ არის მდგრადი ფენომენი. მცენარეზე მცირე დოზით ხანგრძლივი დასხივება იწვევს ციტომორფოლოგიური ვარიაბელობის გადიდებას.

მცენარეული პროდუქტების რადიონუკლიდებით დაბინძურება შეიძლება შემცირდეს ბუნებრივი გეოქიმიური პროცესებით, რომლებიც განსაზღვრავენ მათ შესათვისებლობას ნიადაგ-მცენარის სისტემაში.

საკვებ პროდუქტებში ეკოლოგიური მოთხოვნების შესაბამისად, რადიაციური რისკის შემცირებისათვის საჭიროა შემდეგი ტექნოლოგიური ღონისძიებების განხორციელება:

1. ნიადაგის მოკირიანება. ამ მიზნით 100 მ<sup>2</sup>-ზე შეტანილი უნდა იქნეს არა ნაკლები 25 კგ კირი, კალიუმთან სასუქების მაღალი ნორმები – 4 კგ კალიუმის ქლორიდი ან კალიუმის სულფატი. კალიუმთან სასუქის ყველაზე ეფექტური დოზა მცენარეში  $^{137}\text{Cs}$  დაგროვების აღსაკვეთად, ტოლი უნდა იყოს შთანთქმის ტევადობის 12,5 %-ისა.

2. მინერალური მშთანთქმელების გამოყენება. ასეთია თიხა, მინერალი ცეოლითი, რომელიც 150 კგ რაოდენობით ერთჯერადად შეტანება 100 მ<sup>2</sup>-ზე. ცეოლითი თანაბრად უნდა განაწილდეს მთელ დაბინძურებულ ტერიტორიაზე და კარგად შეერიოს ფარცხით ან კულტივატორით ნიადაგის ზედა ფენაში, შემდეგ ნიადაგი უნდა მოიხნას.

3. ღრმა ხვნა. 5-10 სმ სიღრმეზე მოხვნით 100 მ<sup>2</sup>-ზე ყ გამოსხივების სიმძლავრე მცირდება 1,5-2,0-ჯერ. 40-50 სმ-ზე ჩახვნით 10 – ჯერ.

4. დაუშვებელია დაბინძურებული სავარგულის ჭარბად მორწყვა. ტენიანი ნიადაგიდან  $^{137}\text{Cs}$  შეთვისება ბევრად მეტია, მშრალ ნიადაგთან შედარებით.

5. დაბინძურებული სავარგულების გაწმენდა ისეთი მცენარეების გამოყენებით, რომელთაც გააჩნიათ რადიონუკლიდების მაღალი შთანთქმის უნარი. ეს მცენარეები შეიძლება იყოს კომბოსტოს და წიწიბურას ოჯახებიდან, რომელთა ცხოველთა საკვებად გამოყენება დაუშვებელია მათი გაუვნებლობის გარეშე.

6.  $^{90}\text{Sr}$  დაბინძურებულ ტერიტორიაზე ამ რადიონუკლიდის მცენარის მიერ შეთვისება შეიძლება შემცირდეს ისეთი მცენარეების მოყვანით, რომლებიც ნაკლებ მოთხოვნილებას აყენებენ მისი ანალოგის კალციუმით კვებაზე. ასეთი კულტურებია შვრია, ქერი, ხორბალი, ფეტვი და სხვა მარცლოვანები, რომლებიც მცირე რაოდენობით  $^{90}\text{Sr}$  აგროვებენ.

ნიადაგიდან მცენარეში რადიონუკლიდების გადასვლის შესამცირებლად შემუშავებულია შემდეგი რეკომენდაციები:

1. მჟავე ნიადაგების ზონაში (pH 3,8-4,8) ძლიერ დაბინძურებულ სავარგულებზე, სადაც რადიონუკლიდების შემცველობა 15-დან 40 კიურამდეა კმ<sup>2</sup>-ზე, მათი შეთვისების შესამცირებლად აუცილებელია ნიადაგში გავადიდოთ კალციუმის შემცველობა და ავწიოთ pH მაჩვენებელი 6,5-6,8 ერთეულამდე. 1ტ  $\text{CaCO}_3$  pH მაჩვენებელს ადიდებს 0,1 ერთეულით.

2. ცეზიუმის ანალოგია კალიუმის კათიონი. ამიტომ, კალიუმით ღარიბ ნიადაგზე აუცილებლად უნდა შევიტანოთ კალიუმისანი სასუქი, რათა გადიდდეს ამ კათიონებს შორის ანტაგონიზმი.

3. აზოტიანი სასუქების საშუალო და გადიდებული ნორმები ადიდებს მცენარის მიერ Cs და Sr კათიონების შეთვისებას. ამიტომ, ამ ელემენტებით დაბინძურებულ ნაკვეთზე უნდა მოვიყვანოთ ისეთი კულტურები, რომელთაც არ სჭირდებათ აზოტიანი სასუქების შეტანა. ასეთია პარკოსნები. მაგრამ ამ შემთხვევაში აუცილებელია ფოსფორის შემცველობა ნიადაგში ავიყვანოთ ოპტიმალური შემცველობის დონეზე.

4. ნიადაგში ფოსფორის შემცველობის 1 მგ-ით გასადიდებლად აუცილებელია შევიტანოთ 60-100 კგ  $\text{P}_2\text{O}_5$  ჰა-ზე. რაც უფრო მძიმეა ნიადაგი და მეტია მასში ჰუმუსის შემცველობა, მით მეტი ფოსფორია საჭირო მისი შემცველობის 1 მგ-ით გასადიდებლად.

5. ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების და კულტურების ბიოლოგიური თვისებების გათვალისწინებით, საჭიროა ყოველი კონკრეტული პირობებისათვის შემუშავდეს ღონისძიებათა სისტემა რადიონუკლიდების შესათვისებლობის შესამცირებლად.

ნიადაგის რადიონუკლიდების შესათვისებლობა შეიძლება შემცირდეს ორგანული სასუქების გამოყენებით, მარცლოვანი კულტურების თესლბრუნვის დანერგვით და ტუბერიანი და ძირხვენა კულტურების თესლბრუნვის გამორიცხვით. მათთვის გამოსხივების დოზა 5-16 ჯერ მეტია, ვიდრე მარცლოვანი კულტურებისათვის.

დაბინძურებული ზონის გარეთ კატეგორიულად აკრძალულია გადასამუშავებლად და სათესლედ მარცვლეული და ტექნიკური კულტურების თესლის და მათგან დამზადებული უხეში და წვნიანი საკვების გატანა.

### **მძიმე ლითონებისა და ტოქსიკური შენაერთების როლი მიკროორგანიზმების და ფერმენტების ცხოველმყოფელობის შემცირებაში**

ნიადაგში არსებული მიკროორგანიზმები დიდ როლს ასრულებენ მასში მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესებში. მიკროორგანიზმები მონაწილეობენ ნიადაგწარმოქმნის, ორგანული ნარჩენებისა და მინერალური შენაერთების მინერალიზაციის პროცესებში, რაც განაპირობებს ნიადაგის ნაყოფიერებისა და საკვები ელემენტების მობილიზაციას და მცენარის კვების პირობების გაუმჯობესებას.

თუ მცენარეებს პრაქტიკულად შეუძლიათ გადაიტანონ ნიადაგში მძიმე ლითონების და სხვა ტოქსიკური შენაერთების მაღალი შემცველობა, მიკროორგანიზმები უარყოფითად რეაგირებენ მათი შემცველობის უმნიშვნელო გადიდებაზეც კი. უფრო



ნაკლებად გამძლენი არიან აქტინომიციტები, ბაქტერიები და მიკრობაქტერიები, ვიდრე სოკოები. თუმცა ზოგიერთ ნიადაგზე ვხვდებით უფრო გამძლე მიკროორგანიზმების ჯგუფსაც. მათი სწრაფად გამრავლების გამო, თაობათა სწრაფი ცვლა, უფრო შემგუებელი თაობების წარმოქმნის საშუალებას იძლევა (ცხრ. 33).

**ცხრ. 33. ბაქტერიების რაოდენობის ცვლილება საკონტროლო და დაბინძურებულ ნიადაგებში კადმიუმის შეტანისას**

ვარიანტები	ნიადაგში შემცველობა მგ/კგ			ბაქტერიების რაოდენობა 1გ ნიადაგში კადმიუმის დამატებისას მგ/კგ			
	PPb	Zn	Cd	0	10	100	200
საკონტროლო	96	220	2	$4,8 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$
დაბინძურებული ნიადაგი	5300	28200	216	$3,3 \cdot 10^7$	$2,7 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^5$

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ნიადაგში კადმიუმის დამატებით არსებითად მცირდება ბაქტერიების რიცხვი. რაც მეტია დამატებული კადმიუმის რაოდენობა, მით უფრო შესამჩნევად მცირდება მიკროორგანიზმების რიცხვი. 200 კგ კადმიუმის დამატებისას ბაქტერიების რიცხვის შემცირება ხდება სამჯერ. თუმცა ვხვდებით საწინააღმდეგო შედეგსაც, რაც აიხსნება ან აზოტფიქსატორების შედარებით მაღალი გამძლეობით შეტანილი მძიმე ლითონების დოზებისადმი ან შეტანილი ლითონების შედარებით დაბალი ფიტოტოქსიკურობით.

ბაქტერიებისათვის დადგენილია ლითონების ტოქსიკურობის შემდეგი რიგი; Ag.>Hg>Cd<Ni>Zn.>Te>Pb>Be>Cr3+> Ba> Sr>Li

ანალოგიური უარყოფითი გავლენა შეინიშნება ნიადაგში ზოგიერთი ჰერბიციდისა და ქიმიური ქარხნების ანარჩენების სასუქად გამოყენებისას.

მძიმე ლითონებით ნიადაგის დაბინძურება არსებით გავლენას ახდენს ნიადაგში არსებული ფერმენტების აქტივობაზე. მათ ძლიერ ინგიბირებას ახდენენ ვერცხლი, ვერცხლისწყალი და კადმიუმი.

**მძიმე ლითონების რადიონუკლიდების გავლენა მცენარისა და ადამიანის ორგანიზმზე**

რადიაქტიური დაბინძურების ძირითადი გამომწვევია საცდელი ატომური აფეთქებები, რომლის ცეცხლოვან სფეროს ატმოსფეროს ქვედა ფენებამდე ააქვს რადიონუკლიდებით დაბინძურებული ნიადაგი. საჰაერო სივრცეში ისინი გადაადგილდებიან უზარმაზარ მანძილზე და ეკოსისტემას საგრძნობლად აბინძურებენ.

მძიმე ლითონების არახანგრძლივადმოქმედი რადიონუკლიდებია <sup>51</sup>Cr, <sup>54</sup>Mn, <sup>55</sup>Fe, <sup>59</sup>Fe, <sup>58</sup>Co, <sup>60</sup>Co, <sup>65</sup>Zn, <sup>99</sup>Mo, <sup>103</sup>Ru, <sup>106</sup>Ru; ხანგრძლივადმოქმედი <sup>210</sup>Pb, <sup>226</sup>Ra, <sup>230</sup>To, <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>236</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>238</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu . ეკოსისტემისათვის განსაკუთრებით საშიშია <sup>137</sup>Cz და <sup>90</sup>Sr, რომელთა ნახევრად დაშლის პერიოდი 30 წელიწადია, ხასიათდებიან მაღალი ბიოლოგიური აქტივობით და გადაადგილების უნარით, არიან კალციუმის და კალიუმის ანალოგები და ძალიან გვანან მათ ბიოლოგიურ სისტემაში თავიანთი ქცევით.

რადიონუკლიდებით დაბინძურებულ აგროეკოსისტემაში მცენარე ექვემდებარება გარეგან და შინაგან დასხივებას. დასხივების ეფექტი დამოკიდებულია მის დოზაზე. მაგალითად, თესლისათვის 5-10 კიური, ხოლო ვეგეტაციაში მყოფი მცენარისათვის \_ 15 კიური დასხივებისას მცენარის ზრდა-განვითარება ძლიერდება. მაღალი რადიაციული დოზების შემთხვევაში ადგილი აქვს მის დაღუპვას. ანალოგიურად შეიძლება დასხივდეს ნიადაგი და წყალი.

ადამიანის და ცხოველთა ორგანიზმები გარეგან დასხივებას განიცდიან ატმოსფეროდან, შინაგან დასხივებას\_დასხივებული მცენარეული საკვების მიღების შემდეგ. დასხივება იწვევს სხივური დაავადებების განვითარებას. რაც უფრო ხანგრძლივი მოქმედებით გამოირჩევა რადიონუკლიდი, მით უფრო ხანგრძლივ და საშიშ ფორმას იღებს სხივური დაავადება. ამ დაავადების უარყოფითი გავლენა თავის თავზე გადაიტანა საქართველოს მოსახლეობამ უკრაინაში ჩერნობილის ატომური ელექტრო სადგურის აფეთქების შედეგად. სადაც საავარიო სამუშაოების სალიკვიდაციოდ გაიწვიეს არა მარტო სავალდებულო სამხედრო სამსახურში მყოფი ჯარისკაცები, არამედ სხვადასხვა დარგის სპეციალისტები, რომელთა უმრავლესობა სპეცტანსაცმლის და სხვა დამცავი აღჭურვილობის უხარისხობის გამო დაავადდა მძიმე ფორმის სხივური დაავადებით და 3-10 თვის განმავლობაში გარდაიცვალა. მეორე ნაწილი, რომელმაც მიიღო დასხივების საშუალო დოზა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მკურნალობდა და დღესაც შერყეული ჯამრთელობა აქვთ.

ატმოსფერული მოვლენების გავლენით რადიაციამ შემოაღწია საქართველოს ტერიტორიაზე 300 რენტგენის რაოდენობით და დააბინძურა ატმოსფერო, ნიადაგი, წყლები და მცენარეული პროდუქტები, რამაც არასასურველი გავლენა მოახდინა მცენარეულ საფარზე, ცხოველებსა და ადამიანის ორგანიზმზე.

ადამიანის სხივურ დაავადებას ოთხ ჯგუფად ყოფენ:

I. მსუბუქი ხარისხის სხივური დაავადება, რომელიც ვითარდება 100-200 რენტგენის დოზის მიღებისას. ამ დროს ადამიანი გრძნობს სისუსტეს და თავის ტკივილს.

II. საშუალო ხარისხის სხივური დაავადება ვითარდება 200-300 რენტგენის მიღებისას, იწვევს ნერვული სისტემის მოშლას, თავის ტკივილს, პირღებინებას. თუ დაავადება არ გართულდა იკურნება რამდენიმე თვეში.

III. მძიმე სხივური დაავადება წარმოიშობა 300-500 რენტგენის დოზის მიღებისას და ატარებს მძიმე ხასიათს. მას თან ახლავს მთელი რიგი გართულებები: ძლიერი თავის ტკივილები და კუჭის აშლილობა, პირღებინება, ხანდახან ცნობიერების დაკარგვა ან ძლიერი აღზნება. მკურნალობის გარეშე ადამიანები იღუპებიან.

IV. განსაკუთრებით მძიმე სხივური დაავადების დროს ადამიანები იღებენ 500 რენტგენზე მეტ დოზას. იგი მთავრდება მეტად მძიმე შედეგით \_ 5-10 დღეში ადამიანი იღუპება.

როგორც ზემოთ მოტანილი ლიტერატურული მიმოხილვიდან და ციფრობრივი მასალებიდან ჩანს, გარემოს დაცვის პრობლემა ატარებს გლობალურ ხასიათს და შეიძლება გადაწყდეს მხოლოდ საერთაშორისო დონეზე, მსოფლიოს ყველა სახელმწიფოს ერთობლივი მონაწილეობით და ძალისხმევით. უკანასკნელ წლებში მსოფლიოში განხორციელდა მრავალი ღონისძიება ფლორის, ფაუნის, ატმოსფეროს, ნიადაგისა და წყლის რესურსების სისუფთავის შესანარჩუნებლად. გაუმჯობესდა მრავალი ტექნოლოგიური პროცესი, აიგო გამწმენდი ნაგებობები, შემუშავდა დამაბინძურებელი ნივთიერებებით გარემოს გაჭუჭყიანების ნორმატივები და სტანდარტები. მაგრამ, როგორც ბუნებრივი რესურსების ანალიზის შედეგებიდან ჩანს, ეს ღონისძიებები არ არის

საკმარისი გარემოს დაბინძურების მინიმუმამდე შესამცირებლად და ბუნებრივი ლანდშაფტების შესანარჩუნებლად.

მიუხედავად სიძვირისა, საჭიროა ყველა თბოელექტროსადგურიდან, თბოცენტრალებიდან, მეტალურგიული და ქიმიური ქარხნიდან და სხვა საწარმოებიდან გამონაბოლქვი აირების, ჩამონადენი წყლების სრულფასოვანი გაწმენდა, ხოლო დარჩენილი წიდების და მინარევების შემდგომი უნარჩუნო გადამუშავება.

მინერალური სასუქების მწარმოებელმა ქარხნებმა უნდა დაამუშავონ და წარმოებაში დანერგონ სასუქების მინარევებისაგან გაწმენდის ტექნოლოგია. ეს ღონისძიება არსებითად გააძვირებს სასუქების ღირებულებას, სამაგიეროთ მკვეთრად შეამცირებს მოსახლეობის დაავადებებს, გაზრდის სიცოცხლის ხანგრძლივობას და შრომისუნარიანობას.

## თავი VII

### სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ოპტიმიზაცია ეკოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქციის საწარმოებლად

ეკოლოგიურად უსაფრთხო საკვები პროდუქტების წარმოებისთვის საჭიროა ეკოლოგიურად უსაფრთხო ნედლეული, რომლის მიღება შესაძლებელია მხოლოდ ეკოლოგიურად სუფთა ეკოსისტემის პირობებში. ამასთან ერთად მიღებული პროდუქცია უნდა იყოს ბიოლოგიურად სრულფასოვანი, მისი ქიმიური და ბიოლოგიური შედგენილობა უნდა უზრუნველყოფდეს ადამიანის ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის ნორმალურად წარმართვას. მაგრამ ხშირად სასოფლო-სამეურნეო ნედლეული თავისი ბიოლოგიური სრულფასოვნებით არ შეესაბამება ნორმატიულ მოთხოვნებს, რაც განპირობებულია მათი არახელსაყრელ ეკოლოგიურ პირობებში მოყვანით.

### აგროეკოსისტემის აგროქიმიკატებით დაბინძურების თავიდან აცილება

მემცენარეობაში დაბინძურების ძირითად წყაროს წარმოადგენენ სასუქები, პესტიციდები, საწვავ-საცხები მასალები და სხვ. სასუქების გამოყენებით შეიძლება გაუმჯობესდეს ან გაუარესდეს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების პროდუქციის ხარისხი. სასუქების არასწორი გამოყენებისას მიიღება უარყოფითი შედეგი, შეინიშნება ეკოსისტემის დაბინძურება და უარესდება მიღებული პროდუქციის ხარისხი.

**მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ნაკელი.** მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვისა ნაკელი ტრადიციულად გამოიყენება როგორც ორგანული სასუქი, მაგრამ მისი არასწორად დამზადების, შენახვის და გამოყენების შემთხვევაში, ის შეიძლება გახდეს სარეველების წყარო, ადამიანისა და ცხოველთა მრავალი დაავადებების გამომწვევი მიზეზი. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად მისგან უკეთესია დამზადდეს კომპოსტები, რომლებიც უნდა შევინახოთ სპეციალურ სანაკელეში, ხოლო მინდორში გატანის შემდეგ სწრაფად ჩავხნათ ნიადაგში.

**მინერალური სასუქები.** მინერალური სასუქებით ნიადაგის დაბინძურება დამოკიდებულია მათი გამოყენების ტექნოლოგიაზე, სასუქების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, შემტანი მანქანის კონსტრუქციაზე და გაფანტვის უნარზე, სასუქების ნორმის შეტანის სიზუსტეზე, მათ თანაბარ განაწილებაზე, პერიოდულ, წილადობრივ და უსაფრთხო შეტანაზე.

მინერალური სასუქები შეიტანება ჩვეულებრივი სასუქების შემტანი აპარატებით და ავიაციის გამოყენებით. ავიაციით სასუქების შეტანისას ბინძურდება ტყეების, მდინარეების, ტბების და წყალსაცავების ტერიტორიები, სადაც სასუქების გამოყენება საერთოდ არ არის გათვალისწინებული. იზრდება სასუქების ხარჯი და მცირდება მათი ეფექტურობა.

შემტანი აპარატებით სასუქები გამოიყენება ორი წესით: ზედაპირულად და ნიადაგში ჩაკეთებით. სასუქების ზედაპირულად შეტანისას არ არის გამორიცხული ჩამონადენი წყლებით მათი მოხვედრა წყალსაცავებში და ამ უკანასკნელთა თანდათან დაბინძურება. აქედან გამომდინარე, უმჯობესია სასუქების ნიადაგში ჩაკეთება.

სასოფლო-სამეურნეო მანქანებით სასუქების შეტანისას, აუცილებელია რამდენიმე ფაქტორის გათვალისწინება, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ უსაფრთხო გამოყენებას:

1. მაქსიმალური სამუშაო სიჩქარე, რომელზეც დამოკიდებულია სასუქების ხარჯი.

2. მოცემული სასუქის შემტანი აპარატისათვის სასუქების, შესაფერისი ფორმების შერჩევა.

3. სასუქების მოცემული ფორმის მაქსიმალური და მინიმალური დოზების შეტანის შესაძლებლობა.

4. ყველა სასუქების შემტანი აპარატები დაკომპლექტებული უნდა იყოს დამცავი მოწყობილობებით, რომლებიც გამორიცხავენ სასუქების ყოველგვარ დანაკარგებს.

5. სასუქების შეტანის პერიოდულობა აუცილებლად უნდა განისაზღვროს ნიადაგის აგროქიმიური გამოკვლევების საფუძველზე. დამაბინძურებელი ნივთიერებების შემცველობა სასუქში არ უნდა აღემატებოდეს ფონურ შემცველობას. სასუქის დადგენილი ნორმა უკეთესია შევიტანოთ რამდენიმე ხერხით. გამოკვება უნდა შეწყდეს მოსავლის აღებამდე 4-10 კვირით ადრე.

6. ჩამონადენი წყლებით სხვა ეკოსისტემაში სასუქის მოხვედრის თავიდან ასაცილებლად დაუშვებელია მათი შეტანა გაყინულ ნიადაგზე და თოვლის საფარზე.

7. სასუქების შეტანის დამთავრების შემდეგ, მათი შემტანი აპარატები კარგად უნდა გამოირიცხოს.

### ეკოლოგიურად უსაფრთხო სასუქები და ქიმიური მელიორანტები

**მწვანე სასუქები.** ეკოლოგიურად ყველაზე უსაფრთხოა მწვანე სასუქების, ანუ სიდერატების გამოყენება. მათი ჩახვნა ადიდებს არა მარტო ნიადაგის ნაყოფიერებას, არამედ თითქმის ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოსავლიანობას. სიდერატები უფრო მაღალ ეფექტს იძლევიან არასაკმარისი ტენიანობის მქონე სავარგულზე. ასე მაგალითად, ყვითელი და თეთრი ძიძოს მწვანე მასით ნიადაგში შეიძლება ჩაიხვნას 5,3-6,6 ტ/ჰა მშრალი ნივთიერება, რომელიც შეიცავს 415 კგ აზოტს, 97 კგ ფოსფორს, 338 კგ კალიუმს და 240 კგ კალციუმს. ძიძო, ესპარცეტი, სამყურა და ცერცველა აზოტის 38-74 % ითვისებენ ატმოსფეროდან.

**ბიოჰუმუსი.** ბიოჰუმუსი ყველაზე საუკეთესო ორგანულ სასუქს წარმოადგენს, რომლის დამზადებაშიც მონაწილეობენ ჭიაყელები.

კალიფორნიის წითელი ჭიაყელას ჰიბრიდს აქვს მაღალი ნაყოფიერება, პროდუქტიულობა და შემგუებლობა სხვადასხვა ანარჩენების გადამუშავების მიმართ. ერთი ჭიაყელა ერთი დღელამის განმავლობაში გადაამუშავებს 500 გრ ორგანულ ანარჩენს. ერთი ტონა ანარჩენისაგან მიიღება 600 კგ ბიოჰუმუსი, რომელიც ადვილად ხსნად და

კარგად დაბალანსებულ ფორმაში შეცავს მცენარის კვებისათვის საჭირო ყველა საკვებ ელემენტს. მშრალი ნივთიერების საშუალო შემცველობა ბიოჰუმუსში შეადგენს 50%-ს; მას გააჩნია მიკროორგანიზმებისათვის ხელსაყრელი არეს რეაქცია, რომლის pH მაჩვენებელი 6,8-7,4 ფარგლებშია. საერთო აზოტის საშუალო შემცველობა \_ 2,2 %; ფოსფორის \_ 2,6 %; კალიუმის \_ 2,7 %.

ბიოჰუმუსი პრაქტიკულად შეიცავს ყველა აუცილებელ მიკროელემენტს და ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს: ფერმენტებს, ვიტამინებს, ჰორმონებს, აუქსინებს, ჰეტეროაუქსინებს და სხვ. მისი საუკეთესო ნიმუშის ერთი გრამი შეიცავს რამდენიმე მილიარდ მიკროორგანიზმს, რაც ბევრად აღემატება ნაკელში არსებულ მიკროორგანიზმთა საერთო რაოდენობას, რომელიც 150-350 მილიონს შეადგენს. ბიოჰუმუსში არსებული ორგანული ნივთიერება ძირითადად წარმოდგენილია ჰუმინის მჟავებით.

ბიოჰუმუსის გამოყენების შედეგად, ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა უფრო შესამჩნევად იზრდება, ვიდრე ტრადიციული ორგანული სასუქების შეტანით. საკვები ელემენტების მაღალი შემცველობის მქონე ბიოჰუმუსის შესატანი ნორმა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ 4-5 ტ შეადგენს ჰა-ზე. უფრო დაბალი ხარისხის სასუქის შეტანისას, მისი გამოსაყენებელი რაოდენობა 10-15 ტ-მდე უნდა გადიდდეს.

ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს და საქსტანდარტის ნორმატივებით, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე ალტერნატიული მიწათმოქმედების პირობებში დასაშვებია: ორგანული ნარჩენების, ტორფის, თევზის ფქვილის, ორგანული მულჩის კომპოსტების გამოყენება. მინერალური ფორმებიდან \_ გრანიტის ფქვილის, დოლომიტის, კირიანი თიხის, ფოსფატების, ბუნებრივი არაგამდიდრებული მინერალების, მინდვრის შპატის გამოყენება. ასევე ნიადაგის მელიორანტების: კირის, თაბაშირის, ნახერხის, პემზის, ბუნებრივი გოგირდის გამოყენება.

**ჰუმატები.** ჰუმატების გამოყენებით ძალზე კარგი შედეგები იქნა მიღებული მთელი რიგი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განოყიერებისას. მათი მიღება ხდება მურა ნახშირის ან ტორფის მაღალ ტემპერატურაზე ტუტის ხსნარით დამუშავებით. ჰუმატებიდან ყველაზე ფართო გამოყენება აქვს ლინგოჰუმატს, რომელიც შედგება ჰუმინის მჟავას მარილისაგან და მათთან ორგანულად დაკავშირებული მიკროელემენტებისაგან. იგი კარგ შედეგს იძლევა ყველა ბოსტნეული კულტურის თესლის თესვისწინა დამუშავებისას, ფესვგარეშე გამოკვებისას და წვეთური რწყვის დროს.

ლინგოჰუმატის გამოყენება განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს მცენარეთა სტრესულ სიტუაციებში გამოყენების დროს, რომელსაც იწვევს გვალვის, ადრეული წაყინვების, პესტიციდების გადიდებული დოზების მოქმედება, რასაც მოსდევს მცენარის ზრდა-განვითარებისა და სხვა სასიცოცხლო პროცესების შეჩერება. ამ სასუქის შეტანისას მცენარე სწრაფად გამოდის სტრესული სიტუაციიდან და იწყებს სასიცოცხლო პროცესების აღდგენას.

### **ბიოლოგიური მიწათმოქმედება**

სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციის შედეგად საგრძნობლად გაიზარდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა, მაგრამ აღნიშნულის პარალელურად, მიმდინარეობს ნიადაგისა და აგროეკოსისტემის დეგრადაცია. აქედან გამომდინარე, საჭირო გახდა ბუნებათსარგებლობის ეკოლოგიურად უსაფრთხო მეთოდებზე გადასვლა,

რასაც მოჰყვა მსოფლიოში მიწათმოქმედების ეკოლოგიზაციის რამდენიმე კონცეფციის გაჩენა. მათ შორის აღსანიშნავია მიწათმოქმედების ალტერნატიული სისტემები: ორგანული, ბიოდინამიური, ბიოლოგიური და სხვ.

**ორგანული სისტემა.** ორგანული სისტემით სასოფლო-სამეურნეო წარმოების არსი დამყარებულია შიდა სამეურნეო რესურსების სრულყოფილი გამოყენებით ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო პროდუქციის წარმოების გადიდებაზე და მცირე დანახარჯებით ნიადაგისა და წყლის რესურსების დაცვაზე.

ორგანული სისტემის დროს რეკომენდებულია ნაკელის, კომპოსტების, ძვლის ფქვილის, დოლომიტის, სილის, ცარცის, კირის გამოყენება. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება თესლბრუნვების დანერგვას, სამყურას მწვანე სასუქად ჩახვნას. მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად გამოიყენება პირეტრუმი, ნიორი და ნიკოტინი. საკვები ელემენტების მობილიზაციისათვის – ბაქტერიული პრეპარატები.

**ორგანო-ბიოლოგიური სისტემა.** ალტერნატიული მიწათმოქმედების ეს მიმართულება შედარებით ახალია. ამ სისტემის არსი მდგომარეობს ნიადაგის მიკროფლორის გააქტიურების ხარჯზე ცოცხალი და ჯანმრთელი ნიადაგის შექმნაში. მეურნეობის საქმიანობა დაფუძნებულია ბუნებრივ ეკოსისტემაზე. სავარგული რაც შეიძლება დიდი ხნის განმავლობაში უნდა იყოს დაკავებული მცენარეებით, ამასთან, მცენარის ფესვთა სისტემისა და მიწისზედა ორგანოების ნარჩენების ჩაკეთება ხდება ნიადაგის ზედა ფენებში. თესლბრუნვაში მოყავთ პარკოსან-მარცლოვანი ბალახები. ასეთ შემთხვევაში დასაშვებია მხოლოდ ორგანული სასუქების – ნაკელის, ნამჯის, სიდერატების გამოყენება. მინერალური სასუქებიდან შეაქვთ ნელმომქმედი სასუქები: ფოსფორიტის ფქვილი, კალიმაგნეზია, ბაზალტის მტვერი.

სარეველების წინააღმდეგ საბრძოლველად გამოიყენება ცეცხლით დაწვა და სხვა აგროტექნიკური ღონისძიებები. მავნებლებისა და დაავადებების წინააღმდეგ იღებენ გამაფრთხილებელ ზომებს. მათ წინააღმდეგ დასაშვებია არატოქსიკური პრეპარატების მცენარეული ეთერზეთების, წყალმცენარეების ფხვნილის და კლდის ქანების გამოყენება. ბიოდინამიური პრეპარატებიდან გამოიყენება ჭინჭრის ნაყენი, შვიტას ან აბზინდას ნახარში. დასაშვებია გოგირდისა და სპილენძის პრეპარატების გამოყენება. აგრეთვე ზოგიერთი ორგანულ სინთეტიკური პრეპარატების გამოყენება როგორცაა მანები და ცინები. რეკომენდებულია მცენარეული ინსექტიციდები – პირეტრუმი, როტენონი და ნიკოტინი.

**ბიოლოგიური (ეკოლოგიური სისტემა).** მიწათმოქმედების ამ სისტემის გამოყენებისას მკვეთრად არის შემცირებული მინერალური სასუქების ადვილად ხსნადი ფორმების შეტანა. მცენარის კვებისათვის ძირითადად გამოიყენება ნედლი ორგანული სასუქები, რომელთა ჩაკეთება ნიადაგში წარმოებს არალრმად. ღრმად ჩაკეთებისას დაშლა წარმოებს ანაერობულ პირობებში, რომლის დროსაც წარმოქმნილი ტოქსიკური შენაერთები იწვევენ აღმონაცენისა და მისი ფესვთა სისტემის ძლიერ დაჩაგვრას. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად, ნიადაგში ჩაკეთებამდე ორგანული ნივთიერება საჭიროა დაკომპოსტდეს, რათა მათ გაიარონ აერობული ფერმენტაციის ფაზა, ამასთან, რეკომენდებულია ნაკელის ფაშარად შენახვა.

ნიადაგის მჟავიანობის შესამცირებლად რეკომენდებულია ბაზალტის მტვრის და დაფქული წყალმცენარეების გამოყენება. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნიადაგის დამუშავებას, რაც ზრდის მის ბიოლოგიურ აქტიურობას. ბიოლოგიური მიწათმოქმედების ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტია ერთი და იგივე კულტურით გაჯერებული თესლბრუნვისა და სიდერატების გამოყენება.

მცენარეთა დაცვისათვის რეკომენდებულია ისეთივე ღონისძიებები, როგორსაც ორგანო-ბიოლოგიური სისტემის დროს იყენებენ.

**ბიოდინამიური სისტემა.** ბიოდინამიური სისტემის საფუძველი ორიგინალურია. მას აქვს ალტერნატიული მიწათმოქმედების საერთო და მისგან განსხვავებული პრინციპები. ამ სისტემის დროს მიწათმოქმედების სისტემა საჭიროა აიგოს არა მარტო მიწიერი, არამედ კოსმოსური რიტმების გათვალისწინებით.

სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში კოსმოსური და სხვა ძალების გავლენის გამოყენება შესაძლებელია სპეციალური ბიოდინამიური პრეპარატების გამოყენებით, რომლებიც მიწათმოქმედებაში ნიადაგის ერთიან რიტმთან შეერთების საშუალებას იძლევიან. ნიადაგისა და ნათესების დამუშავება, მათი მოვლის ღონისძიებები რეკომენდებულია გატარდეს უფრო ხელსაყრელ პერიოდში, რომელთა დადგომა დაკავშირებულია მთვარის ადგილმდებარეობით ამა თუ იმ ზოდიაქოს თანავარსკვლავედში. მცენარეზე კოსმიურ გავლენას ახდენენ სხვა პლანეტებიც.

სპეციალური ბიოდინამიური პრეპარატები მცენარეს აძლევენ აუცილებელ ძალას, ააქტიურებენ ნიადაგში განსაზღვრულ პროცესებს. ჰუმუსოვან პრეპარატებს ამზადებენ რქებისაგან და ნაკელისაგან, კაჟბადის (სილიციუმმჟავას) პრეპარატებს – რქებისაგან და დაფქული კვარცისაგან. ფართოდ გამოიყენება ფარსმანდუკის, ჭინჭრის, გვირილის, ბაბუაწვერას, მუხის ქერქის, ვალერიანის, შვიტას და სხვა მცენარეებისაგან დამზადებული ბიოდინამიური პრეპარატები.

ეკოლოგიური მიწათმოქმედების პრინციპებიდან გამომდინარე, თესლბრუნვაში მარცლოვანი კულტურები არ უნდა აღემატებოდნენ 70%-ს. ბიოლოგიური საშუალებებით უნდა დამუშავდეს თესლბრუნვის მთელი მინდორი. ამ სისტემის მიზანია მიღწეულ იქნეს პროდუქციაში სასარგებლო ნივთიერებების მაღალი შემცველობა. ძირითადი სასუქებია სიდერატები, საფენიანი ნაკელი და კომპოსტები.

**ნათესბალახიანი სისტემა.** მიწათმოქმედების ნათესბალახიანი სისტემაში ცენტრალური ადგილი უჭირავთ მრავალწლიან ბალახებს. ამ სისტემით განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მრავალწლიან პარკოსან ბალახებს, რომლებიც ამდიდრებენ ნიადაგს აზოტით, აუმჯობესებენ ნიადაგის სტრუქტურას, უზრუნველყოფენ მსხვილფეხა რქოსან პირუტყვს საკვებით, რის შედეგადაც ზრდიან ორგანული სასუქების გამოსავალს. პარკოსნები ადიდებენ ნიადაგის კვლავწარმოების უნარს, ზრდიან მასში მცენარეული ნაშთების შემცველობას, ჩრდილავენ ნიადაგს და ახშობენ სარეველებს, უკეთესად იყენებენ საკვებ ელემენტებს ნიადაგის ღრმა ფენებიდან.

ალტერნატიული მიწათმოქმედების დასახული ამოცანების შესასრულებლად, ნიადაგურ-კლიმატური და ეკოლოგიური პირობების გათვალისწინებით, უნდა გამოვიყენოთ შემდეგი მეთოდები (ცხრ. 34).

**ბალანსირებული სასოფლო-სამეურნეო სისტემები** ითვალისწინებენ თანამედროვე მოწყობილობების, სერტიფიცირებული თესლის, ნიადაგისა და წყლის რესურსების დაცვის და მათი რაციონალური გამოყენების სისტემის დანერგვას. დიდი ყურადღება ექცევა თესლბრუნვების სწორად შერჩევას, ნიადაგის ნაყოფიერების შენარჩუნებას და აღდგენას, კულტურათა და ცხოველთა მრავალფეროვნების დაცვას, მიკროორგანიზმების, მავნებლებისა და სარეველების წინააღმდეგ ეკოლოგიური მეთოდებით და საშუალებებით ბრძოლას.

სოფლის მეურნეობის ბალანსირებული სასოფლო-სამეურნეო სისტემების ასეთი გაძლოა უნდა ეყრდნობოდეს ეკოლოგიის ძირითად კანონებს. ასეთი კანონია „ბუნებაში იცის უკეთესად“.

ბალანსირებული სისტემა დაფუძნებულია ფაქტორთა ექვს ჯგუფზე:

- \_საზოგადოების პროდუქტებზე მოთხოვნილებაზე;
- \_სასოფლო-სამეურნეო კულტურების აგროეკოლოგიურ მოთხოვნებზე;
- \_ ბუნებრივ პირობებზე;
- \_ წარმოების ინტენსიფიკაციის დონეზე;
- \_ საზოგადოებრივ წყობაზე;
- \_ბუნების დაცვის მოთხოვნებზე.

**ცხრ. 34. ალტერნატიული მიწათმოქმედების ხერხები და მეთოდები**

მიზანი	ხერხები და მეთოდები
გარემოს დაცვა	პესტიციდებით დამუშავების რა-ოდენობის შემცირება, ორგანული ნარჩენების გამოყენება. მინერალური სასუქებიდან საკვები ელემენტების დანაკარგების შემცირება. შუალედური კულტურების თესვა
პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესება	სასარგებლო ნივთიერებების შემცვე-ლობის გადიდება. მავნე ნივთიერე-ბების შემცველობის შემცირება, პესტიციდებით დამუშავების რაოდე-ნობის შემცირება
ნივთიერებათა წრებრუნვის გადიდება	აზოტის ბიოლოგიური შებოჭვა. ორგანული სასუქების და ორგანული ნარჩენების გამოყენება, ფოსფორის კალიუმის და კალციუმის შეტანა
ენერჯის ეკონომია	აზოტის ბიოლოგიური შებოჭვა. ნამჯით განოყიერება. ნიადაგის ბიოლოგიური დამუშავება. ქიმიზა ციის საშუალებათა გამოყენების დონის შემცირება
ნიადაგის ნაყოფიერების გადიდება.	აზოტის ბიოლოგიური შებოჭვა. ორგანული სასუქების შეტანა. ორგანული ნარჩენების გამოყენება. მოკირიანება და მოფოსფორიტება. პესტიციდებით დამუშავების რიცხვის შემცირება

ბალანსირებული სისტემის ერთერთი ძირითადი ფორმაა ადაპტურ-ლანდშაფტური მიწათმოქმედების სისტემა, რომლის პროექტირება მოიცავს:

- \_ ნიადაგის აგროეკოლოგიურ შეფასებას კულტურათა მოთხოვნილებისა და ნიადაგურ-ლანდშაფტური რუკის საფუძველზე;
- \_ ერთგვაროვანი აგროეკოლოგიური ტიპის ნიადაგების გამოყოფას და მათთვის თესლბრუნვების და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოვლა-მოყვანის ტექნოლოგიის შერჩევას;

\_ ნიადაგების აგროეკოლოგიური ჯგუფების ფორმირება, რომლებისთვისაც განისაზღვრება სავარგულების ოპტიმალური შეფარდება და თესლბრუნვის სისტემები.

ადაპტურ-ლანდშაფტური მიწათმოქმედების სისტემის ფორმირებისათვის მთავარია აგროლანდშაფტების და მისი თანმხლები ბუნებრივი ლანდშაფტების ეკოლოგიური მდგრადობის შენარჩუნება. ამ მიზნით მიწის რესურსების გამოყენების სტრატეგია ორიენტირებული უნდა იქნეს საუკეთესო მიწების ინტენსიფიკაციაზე. დაბალი ნაყოფიერების ნიადაგები გამოყენებული უნდა იქნეს ტყეების და ნაციონალური პარკის გასაშენებლად და სათიბ-სამოვრების მოსაწყობად.

ადაპტურ-ლანდშაფტური მიწათმოქმედების სისტემა ითვალისწინებს ორგანულ სასუქებთან ერთად მინერალური სასუქების გამოყენების საკმაოდ მაღალ დონეს.



ნიადაგში აზოტის შემცველობის გასადიდებლად პარკოსანი კულტურების ნათესების გადიდებას და აზოტფიქსატორების აქტიური შტამების გამოყენებას. სასუქები უნდა შევიტანოთ ლანდშაფტის პირობების – რელიეფის ფორმის, ექსპოზიციის, ფერდობის დახრილობის, მიკროკლიმატის, ნიადაგის თვისებების, ჩამონადენი წყლების რაოდენობის, თესლბრუნვების, ნიადაგის დამუშავების მეთოდების და სხვა ელემენტების გათვალისწინებით.

მცენარეთა დაცვა ხორციელდება მავნე ორგანიზმებისა და სარეველების რიცხოვნების გათვალისწინებით.

ნათესების ფიტოსანიტარული მდგომარეობის ოპტიმიზაცია მიიღწევა სახნავის სტრუქტურის, თესლბრუნვის, მოუთესავი ანეულის და ნიადაგის დამუშავების სისტემის შეცვლით, თესვის ვადის და ნორმის დაცვით, ეკოლოგიურად უსაფრთხო ბიო ლოგიური საშუალებების და პესტიციდების ერთობლივი გამოყენებით, დაავადებებისადმი და ავადმყოფობებისადმი უფრო გამძლე მცენარის ჯიშების შერჩევით.

აგროცენოზების მართვის მეთოდებისადმი ასეთი მიდგომა ქმნის ნიადაგის მინიმალური დამუშავების, მისი ზედაპირის მცენარეული ნარჩენებით მულჩირების პერსპექტივას და უზრუნველყოფს ნიადაგის ბიოგენურობის გადიდებას, მისი ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესებას, ენერგეტიკული ხარჯის შემცირებას.

**ბიოლოგიური მიწათმოქმედება** ითვალისწინებს ბიოლოგიური კანონმდებლობის სრულყოფილად გამოყენებას სრულფასოვანი და ეკოლოგიურად უსაფრთხო მცენარეული პროდუქტების წარმოების პროცესში. ასეთი მიწათმოქმედების საფუძველს წარმოადგენს ჰუმუსის კვლავწარმოების გაფართოება, რომელიც ნიადაგის ნაყოფიერების გადიდების საფუძველია. ის გავლენას ახდენს ნიადაგის კვების, წყლის, აერაციის, სითბოს და ფიტოსანიტარულ რეჟიმზე.

ბიოლოგიური მიწათმოქმედების ეკოლოგიური როლი მდგომარეობს მცენარისათვის ტროფიკული კომფორტის შექმნაში, რომლის დროსაც გამორიცხულია ყოველგვარი სტრესი მაკროელემენტების სიმცირის ან სიჭარბის გამო. უზრუნველყოფილია ფესვთა სისტემისათვის საკვები ელემენტების შესათვისებლობა, სასუქების ხანგრძლივი მოქმედება, დამბინძურებლების ბლოკადა ნიადაგი-ფესვთა სისტემის საზღვარზე. ამასთან, პრიორიტეტი ენიჭება ნათესბალახიან თესლბრუნვებს, სადაც ჩართულია ორგანული სასუქები და სიდერატები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ორგანული ნივთიერებების მარაგის შევსებას ნიადაგში და მისი აგროფიზიკური თვისებების გაუმჯობესებას.

## გამოყენებული ლიტერატურა

- L 1. ერისთავი ვ. დანელია ა. ალასანია რ. არხიპოვა ლ. გარემოს გაჭუჭყიანების წყაროები და მათი ლიკვიდაციის ტექნიკური ღონისძიებები. თბილისი. 1985. გვ. 223.
2. ზარდალიშვილი ო. ურუშაძე თ. სასუქების გამოყენება და გარემო. თბილისი. 1992. გვ. 151.
3. თხელიძე ა. სასუქების გამოყენების სისტემა. „თბილისი“. მწიგნობარი. 2009. გვ. 371.
4. მარშანია ი. აგროქიმია. განათლება „თბილისი“. განათლება 1991. გვ.718.
5. Баранников В.Д. Кириллов Н. К. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции. М., Колос. 2005. с. 351.
6. Донченко Л. В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевой продукции. М., Колос. 2007. с.286.
7. Здоровье и окружающая среда. Под ред. Дж. Лениксена и У. Флетчера. М., 1979.с.230.
8. Жуков Ю. П, Кобзаренко В. И. Б. А., Ягодин Б. А. Агрохимия. М.,Мир. 2004. с.584.
9. Минаев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. М., МГУ. 1984.с. 282.
10. Минеев В. Г. Агрохимия. М. МГУ, 2006. с 752.
11. Минеев. В. Г. Удобрения и качество продукции. М., 1988. с 64.
12. Минеев. В. Г. Химизация земледелия и природная среда. М., Агрорромиздатю 1990. с. 287.
13. Милашенко Н.З., Захаров В.П. Производство экологически чистых и биологически полноценных продуктов питания. Ж. Химизация сел. хоз-ва, 1991. № 1. с. 6-9.
14. Никитишен В.И. Эколого- агрохимические основы сбалансированного применения удобрений в адаптивном земледелии М., Наука. 2003. с. 386.
15. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания безопасности и экспертиза продовольственных товаров. Новосибирский ун-т. Новосибирск, 1996. с 430.
16. Юркий С.Н., Благовещенская З.К., Макаров Н.Б., Пименов Е.А. - Потери элементов питания в земледелии и охрана окружающей среды. М., 1978. с.52
17. Экологические проблемы применения удобрений. Под ред. В. А. Ковда. М., 1984. с.231.
18. Ягодин Б. А. Агрохимия. М., Колос. 1989. с 654.

## სარჩევი

**შესავალი;**

**თავი I. გარემოს დაბინძურების ძირითადი წყაროები;**

გარემოს დაბინძურება სხვადასხვა ენერგეტიკული წყაროებით;

სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემო;

სასუქების გამოყენება და გარემოს დაბინძურება;

სასუქების ნორმების, ფორმებისა და მინარევების

გავლენა გარემოს დაბინძურებაზე;

სასუქების ბიოციდური თვისებები და მისი

თავიდან აცილების გზები;

გარემოს დაბინძურება მცენარეთა დაცვის ქიმიური

საშუალებების გამოყენებით;  
გარემოს დაბინძურება ჰორმონებით და ზრდის  
სტიმულატორებით;  
გარემოს დაბინძურება მეცხოველეობის ფერმების  
ანარჩენებით;  
გარემოს დაბინძურება სილოსის წვენიით;  
გარემოს დაბინძურება საწარმოთა ანარჩენების  
სასუქად გამოყენებისას;  
გარემოს დაბინძურება სამრეწველო და  
საყოფაცხოვრებო ანარჩენებისგან დამზადებული  
კომპოსტებით;  
გარემოს დაბინძურება ჩამონადენი წყლების  
ნალექით და მისგან დამზადებული კომპოსტებით;  
გარემოს დაბინძურება სარწყავი წყლით;  
**თავი II. საკვები ელემენტების არასამეურნეო  
დანაკარგები;**  
მინერალური სასუქების დანაკარგები ქარხნიდან  
მინდვრამდე;  
სასუქების დანაკარგები ქარხნებში და გადაზიდვის  
დროს;  
საკვები ელემენტების დანაკარგები სასუქების  
შენახვისას;  
მინერალური სასუქების დანაკარგები მათი  
სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ  
შეტანისას;  
ნიადაგისა და სასუქებიდან საკვები ელემენტების  
მიგრაცია ბუნებრივ სამეურნეო ფაქტორების  
მოქმედებით;  
ნიადაგის ეროზია, როგორც საკვები ელემენტების  
დანაკარგების ძირითადი წყარო;  
საკვები ელემენტების დანაკარგები ნიადაგის და  
სასუქის გადარეცხვისას;  
სასუქების შეტანის ხერხების გავლენა საკვები  
ელემენტების დანაკარგებზე;  
ნიადაგის, ჰუმუსისა და ძირითადი საკვები  
ელემენტების დანაკარგები ზემო იმერეთის  
სიმინდის კულტურით დაკავებულ სხვადასხვა  
ხარისხით ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე;  
საკვები ელემენტების გამორეცხვა ფესვთა  
სისტემის განვითარების ზონიდან;  
აზოტისა და გოგირდის ჩარეცხვა;  
ფოსფორისა და კალიუმის ჩარეცხვა;  
კალციუმის, მაგნიუმის მიკროელემენტებისა და  
სასუქების სხვა კომპონენტების ჩარეცხვა;  
აზოტის აქროლებითი დანაკარგები;  
საკვები ელემენტების დანაკარგების წინააღმდეგ

ბრძოლის ღონისძიებები;

**თავი III. ატმოსფეროს დაბინძურება და მისი**

**გავლენა გარემოსა და მოსახლეობაზე;**

ატმოსფეროს შედგენილობა;

ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ძირითადი წყაროები;

ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ძირითადი კომპონენტები;

ატმოსფეროს დაბინძურება პესტიციდებით და დიოქსინით;

მძიმე ლითონებით ატმოსფეროს დაბინძურება;

ატმოსფეროს დაბინძურება ადამიანისა და ცხოველთა ინფექციური დაავადებების გამომწვევი მიკროორგანიზმებით;

ატმოსფეროს დაბინძურების შემცირების გზები;

**თავი IV. ჰიდროსფეროს დაბინძურება;**

წყლის მნიშვნელობა და მისი სახეები;

სასმელი, მდინარის და წყალსაცავების წყლების დამაბინძურებელი წყაროები;

სასმელი, მდინარეების და წყალსაცავების წყლის დაბინძურება ნიტრატებით;

წყალსატევების ევტროფიკაცია;

პესტიციდებით ზედაპირული და გრუნტის წყლების დაბინძურება პესტიციდებით;

წყლის რესურსების მძიმე ლითონებით და რადიონუკლიდებით დაბინძურება;

წყლების დაბინძურების თავიდან აცილების ღონისძიებათა სისტემა;

**თავი V. ნიადაგის დაბინძურება;**

ნიადაგების აგროეკოლოგიური თავისებურებანი;

ნიადაგის ეროზიით დაზიანების მიზეზები და

მისი თავიდან აცილების გზები;

ნიადაგის დაბინძურების ძირითადი წყაროები;

ნიადაგის პესტიციდებით და დიოქსინით დაბინძურება და მისი შემცირების მეთოდები;

ნიადაგის მძიმე ლითონებით დაბინძურების გზები;

ნიადაგის რადიონუკლიდებით დაბინძურება და მისი შემცირების გზები;

ნიადაგის დაბინძურება ადამიანისა და ცხოველთა ინფექციური დაავადებების გამომწვევი მიკროორგანიზმებით;

ნიადაგის რეკულტივაცია. მძიმე ლითონებითა და სხვა ტოქსიკური შენაერთებით ნიადაგის დაბინძურების შემცირების ღონისძიებები;

**თავი VI. მცენარეული პროდუქტების**

**დაბინძურება;**

ხილბოსტნეულის და სხვა სასურსათო პროდუქტების ნიტრატებით დაბინძურების დიაგნოსტიკა;

საკვებ პროდუქტებში ნიტრატების ჭარბი რაოდენობით დაგროვების ხელშემწყობი პირობები და მისი თავიდან აცილების გზები;

ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქების როლი საკვები პროდუქტების დაბინძურების საქმეში;

პესტიციდებით და დიოქსინით მცენარეული პროდუქტების დაბინძურება;

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მძიმე ლითონებით დაბინძურების ხელშემწყობი ფაქტორები;

მძიმე ლითონების ფიტოტოქსიკურობა და მათი გავლენა ადამიანისა და ცხოველთა ჯანმრთელობაზე;

მცენარეული პროდუქტების მძიმე ლითონებით დაბინძურების თავიდან აცილების საშუალებები და ღონისძიებები;

რადიონუკლიდების როლი მცენარეული პროდუქტების დაბინძურებაში;

მძიმე ლითონებისა და ტოქსიკური შენაერთების როლი მიკროოგანიზმთა და ფერმენტების ცხოველმყოფელობის შემცირებაში;

მძიმე ლითონების რადიონუკლიდების გავლენა მცენარისა და ადამიანის ორგანიზმზე;

**თავი VII. სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ოპტიმიზაცია ეკოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქციის საწარმოებლად;**

აგროეკოსისტემის აგროქიმიკატებით დაბინძურების თავიდან აცილება;

ეკოლოგიურად უსაფრთხო სასუქები და ქიმიური მელიორანტები;

ბიოლოგიური მიწათმოქმედება; გამოყენებული ლიტერატურა.

დედანი მოამზადა გამოსაცემად საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის სარედაქციო საგამომცემლო განყოფილებამ.

სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 12

ტირაჟი 200