

მარტივი და რთული სასუქები

ნაშრომში განხილულია მარტივი და რთული, აგრეთვე მიკროსასუქების თვისებები, ნიადაგში მათი გარდაქმნა და გამოყენება ნიადაგურ-კლიმატური პირობების, სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ტერიტორიული გაადგილებისა და მათი ბიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით.

ნაშრომი განკუთვნილია სამიწათმოქმედო სფეროში დასაქმებული პრაქტიკოსი სპეციალისტების ფართო წრისათვის, ფერმერებისა და სასოფლო-სამეურნეო წარმოებით დაინტერესებული ნებისმიერი პირებისათვის.

შედგენილია სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის ნიადაგის ნაყოფიერების კვლევის სამსახურში.

ავტორები: გ. ორმოცაძე, გ. ღამბაშიძე, თ. ჯოლოხავა, გ. გვენცაძე

რედაქტორი-ზ. ჩანქსელიანი, სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი.

მინერალური სასუქები შეიცავენ მცენარისათვის საჭირო საკვებ ნივთიერებებს სხვადასხვა მინერალური მარილების სახით. სასუქის შემადგენლობაში არსებულ საკვებ ელემენტებზე დამოკიდებულებით მათ ყოფენ მარტივ და რთულ სასუქებად.

მარტივი (ცალმხრივი) სასუქები შეიცავენ მხოლოდ ერთ რომელიმე საკვებ ელემენტს. თუმცა ამგვარი განსაზღვრება რამდენამდე პირობითია, რადგან სასუქი ერთი ძირითადი საკვები ელემენტის გარდა შეიძლება მინარევების სახით შეიცავდეს გოგირდს, მაგნიუმს, კალციუმს, მიკროელემენტებს. მარტივი სასუქები, მისი შემადგენელი საკვები ელემენტების მიხედვით დაყოფილია აზოტიან, ფოსფორიან, კალიუმიან და მიკროსასუქებად.

აზოტიანი სასუქების ძირითადი თვისებები

სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსავლიანობის ასამაღლებლად წამყვანი ადგილი მიეკუთვნება აზოტიან სასუქებს, რაც განპირობებულია მცენარის სიცოცხლისათვის აზოტის უმნიშვნელოვანესი როლით. აზოტი შედის ცილების შედგენილობაში, რომელიც წარმოადგენს ციტოპლაზმისა და უჯრედის ბირთვის ძირითად ნაწილს; ნუკლეინმჟავების, ქლოროფილის, ფერმენტების, ფოსფატიდების, ვიტამინების უმრავლესობის და სხვა ორგანულ აზოტოვან შენაერთებში აზოტი ასრულებს მნიშვნელოვან როლს მცენარის ნივთიერებათა ცვლის პროცესებში.

აზოტიანი სასუქების საწარმოო ძირითადი ნედლეულია ამიაკი (NH_3) და აზოტმჟავა (HNO_3). თხევადი სასუქები წარმოდგენილია უწყლო და წყლიანი ამიაკის ფორმით. აზოტის ნაერთების მიხედვით, აზოტიანი სასუქები იყოფა შემდეგ ჯგუფებად:

1. ამიაკური (NH_3 -უწყლო ამიაკი). ეს არის უფერო, თხევადი, ყველაზე კონცენტრირებული უბალასტო აზოტიანი სასუქი. მთელ, ან თითქმის მთელ აზოტს შეადგენს თავისუფალი ამიაკი და შეიცავს 82 % აზოტს; ნიადაგში შეტანით უწყლო ამიაკი თხევადი მდგომარეობიდან გარდაიქმნება გაზად, რომელიც ადსორბირდება კოლოიდური ფრაქციების მიერ და შთაინთქმება ნიადაგური ტენით., შედეგად, წარმოიქმნება ამონიუმის ჰიდროქსიდი. ნიადაგური ხსნარის ანიონებთან ურთიერთზემოქმედებით ამონიუმი იძლევა სხვადასხვა მარილებს და ერთდროულად ებმება ნიადაგური კოლოიდების ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესებში, სადაც ურთიერთზემოქმედების შედეგად შთაინთქმება ნიადაგის მყარი ფაზის მიერ. ამასთან ერთად, ფიზიკურ-ქიმიური რეაქციების მსვლელობისას ამიაკი ექვემდებარება ნიტრიფიკაციას. ნიადაგის მიერ ამიაკის შთაინთქმის სისწრაფე დამოკიდებულია ნიადაგის ჰუმუსის შემცველობაზე, მექანიკურ შედგენილობაზე და სინოტივეზე, აგრეთვე შეტანილი სასუქის ნიადაგში ჩაკეთების სიღრმეზე. მძიმე, ორგანული ნივთიერებით მდიდარ, კარგად დამუშავებულ ტენიან ნიადაგებში ამიაკი შთაინთქმება უკეთესად, ვიდრე მსუბუქ, ჰუმუსით ღარიბ ნიადაგებში. ქვიშიან და ქვიშნარ ნიადაგებში ამიაკისაგან ამონიუმის მარილების წარმოქმნა და ამონიუმის იონის აბსორბცია მიმდინარეობს ნელა, ვიდრე მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში. ამის გამო, მსუბუქ ნიადაგებში სასუქი ხანგრძლივად ინახება NH_3 -ის სახით და შესაძლებელია ადვილად აორთქლდეს. წყლიანი ამიაკი, ან ამიაკის წყალი. სასუქად გამოიყენება ორი ხარისხის (სორტის) წყლიანი ამიაკი: 25 % ამიაკის შემცველობით, სადაც აზოტი შეადგენს 20,5 %-ს და მეორე-20 % ამიაკის შემცველობით, სადაც აზოტი არის 16 %. წყლიან ამიაკში აზოტი იმყოფება თავისუფალი ამიაკის (NH_3) და ამონიუმის (NH_4OH) ფორმით. თავისუფალ ამიაკს შეიცავს გაცილებით მეტს, ვიდრე ამონიუმს, რაც აპირობებს აორთქლებით აზოტის დანაკარგების შესაძლებლობას მისი გადაზიდვის, შენახვის და ნიადაგში შეტანისას. ამიაკური წყლის ნიადაგში შეტანისას ამიაკი

ადსორბირდება კოლოიდებთან, რის გამო სუსტად გადაადგილდება. დროის განმავლობაში ამიაკის აზოტი ნიტრიფიცირდება და ნიადაგურ ხსნართან მიგრირებით იძენს მოძრაობის დიდ უნარს. ტექნიკურად, ამიაკური წყლის სასუქად გამოყენება უფრო იოლი და უსაფრთხოა, წყლიან ამიაკთან შედარებით, მაგრამ მის დიდ უარყოფით მხარეს წარმოადგენს აზოტის დაბალი შემცველობა, რის გამო იზრდება დანახარჯები მის მოხმარებაზე.

თხევადი აზოტიანი სასუქების გამოყენება შეიძლება ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის, როგორც თესვისწინა (ძირითადი) სასუქის. ნიადაგში მისი შეტანა შეიძლება არა მხოლოდ გაზაფხულზე თესვის წინ, არამედ შემოდგომის კეთილსასურველ დროსაც. თუმცა, მსუბუქ ქვიშიან და ქვიშნარ ნიადაგებზე, ამ სასუქების გაზრდილი დოზების შემოდგომით გამოყენება ქმნის ამიაკის დანაკარგის დიდ შესაძლებლობას, რადგან ამონიუმის ნაწილი არ შთანთქმება ნიადაგის მიერ.

სხვადასხვა კულტურებისათვის, უწყლო ამიაკის და წყლიანი ამიაკის ეფექტურობაზე ჩატარებული მრავალი ცდის შედეგი მოწმობს, რომ აღნიშნული სასუქები, მათში აზოტის შემცველობის შესაბამისად ნორმების სწორად განსაზღვრითა და გამოყენებით (სპეციალური მანქანებით) ტოლფასოვანნი არიან ამონიუმის გვარჯილის.

სურ. 1. უწყლო ამიაკის შეტანა სახნავ ფართობზე



2. ამონიუმ-ნიტრატული სასუქები. აზოტს შეიცავენ ამონიუმის და ნიტრატული ფორმით. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ყველაზე ფართოდ გავრცელებული აზოტიანი სასუქი ამონიუმის გვარჯილა, იგივე ნიტრატამონიუმი, აზოტმჟავა ამონიუმი- NH_4NO_3 , შეიცავს 34-35 % აზოტს. ამონიუმის ნიტრატი მეტად ჰიგროსკოპულია, ჰაერზე ძლიერ ნესტიანდება და იბელტება. შებელტვის შესამცირებლად მას უმატებენ მაკონდიციონირებელ ნივთიერებებს (წმინდად დაფუჭული ფოსფორიტის, ან ძვლის ფხვნილი, თაბაშირი, კაოლინტი და სხვა), რომლებიც არ შლიან ამონიუმის გვარჯილას და შეუძლიათ შთანთქან მნიშვნელოვანი რაოდენობის ტენი. ნიტრატამონიუმის ფიზიკურ თვისებებს მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს სასუქის წარმოების შედეგად მიღებული კრისტალების ზომები და ფორმები. ამჟამად, ქიმიური მრეწველობა ნიტრატამონიუმს უშვებს გრანულების (1-3 მმ დიამეტრის მქონე, მრგვალი ფორმის გრანულები) და კილიანი (აპკიანი) კრისტალების სახით. გრანულირებულ ამონიუმის გვარჯილას გააჩნია უკეთესი ფიზიკური თვისებები, ვიდრე კრისტალურს., იგი ინარჩუნებს სიფხვიერეს და კარგად მოიფანტება.

სურ. 2. ამონიუმის ნიტრატი 1) შეფუთვით; 2) გრანულები



ა)



ბ)

3. ამონიუმის გვარჯილა სწრაფად და მთლიანად იხსნება ნიადაგურ ხსნარში, საიდანაც მცენარე უფრო მალე შთანთქავს NH_4^+ - ის კათიონებს ვიდრე NO_3^- ის ანიონებს. ამიტომ, ამონიუმის გვარჯილა მიეკუთვნება ფიზიოლოგიურად მჟავე სასუქების ჯგუფს. თუმცა, მისი მჟავიანობა გაცილებით დაბალია, ვიდრე ამიაკური სასუქების. ნიადაგში შეტანის შემდეგ ამონიუმის გვარჯილა ებმება ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსთან რეაქციაში., შედეგად, ამონიუმი ადსორბირდება ნიადაგის კოლოიდებით, ხოლო NO_3^- ანიონი ნიადაგურ ხსნარში კალციუმთან, მაგნიუმთან და სხვა იონებთან წარმოქმნის მარილებს. ფუძეებით მაძარ ნიადაგებში (შავმიწა, რუხი-ყავისფერი) ხსნარის გამჟავიანება არ ხდება სასუქის მაღალი ნორმების სისტემატური შეტანის დროსაც კი. ამ ნიადაგებისათვის ნიტრატამონიუმი არის აზოტიანი სასუქების ერთ-ერთი საუკეთესო ფორმა. ნიადაგში კალციუმის უკმარისობის შემთხვევაში (ეწერ-ლებიანი ნიადაგი), ნიტრატამონიუმის შეტანამ შეიძლება გამოიწვიოს ნიადაგის ხსნარის გამჟავიანება, მაგრამ მას აქვს დროებითი ხასიათი: მცენარეთა მიერ ნიტრატული აზოტის შთანთქმით ის ქრება. თუმცა, ნიადაგური ხსნარის pH-ის შემცირებამ შეიძლება შეასუსტოს ჯერ კიდევ ზრდის საწყის სტადიაში მყოფი არამომძლავრებული მცენარეების განვითარება, ისეთი შენაერთების ხსნადობის გააქტიურებით, როგორც არის მცენარეზე ტოქსიკურად მოქმედი ალუმინის ჰიდროქსიდი. მცირედბუფერულ ნიადაგებში აზოტმჟავა ამონიუმის ნიტრიფიკაცია ასევე იწვევს ნიადაგის დროებით გამჟავიანებას. ამონიუმის გვარჯილის ზემოქმედება ეწერ-ლებიანი თიხნარი ნიადაგების გამჟავიანებაზე და შთანთქმული კათიონების შემადგენლობაზე გაცილებით სუსტია, ვიდრე ამონიუმის სულფატის., თუმცა, მცირედბუფერული მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ეწერ-ლებიანი ნიადაგების გამჟავიანება შეიძლება აღმოჩნდეს საკმაოდ მნიშვნელოვანი, რის

შედეგად ამონიუმის გვარჯილის გამოყენების ეფექტურობა შესამჩნევად ეცემა, განსაკუთრებით მომეტებულ მჟავიანობაზე მგრძნობიარე კულტურებისათვის.

ამონიუმის გვარჯილას, მისი ეფექტურობით ხშირად უკავია წამყვანი ადგილი აზოტიან სასუქებს შორის. იგი წარმატებით გამოიყენება სხვადასხვა კულტურისათვის ყველა ნიადაგზე. ამონიუმის გვარჯილის ეფექტურობის ასამაღლებლად, მისი სისტემატური შეტანისას მცირედბუფერულ მჟავე ეწერ-ლებიან ნიადაგებზე დიდი მნიშვნელობა აქვს მათ მოკირიანებას. ამონიუმის გვარჯილის პოტენციალური მჟავიანობის უარყოფითი გავლენის აცილება შესაძლებელია აგრეთვე მისი კირით ან დოლომიტით ნეიტრალიზაციის გზით (1 ტ სასუქზე 1 ტ CaCO_3).

ამონიუმის გვარჯილაში აზოტის ერთი ნახევრის ადვილად მოძრავი ნიტრატული ფორმით, ხოლო მეორე ნახევრის ნაკლებად მოძრავი ამონიუმის ფორმით არსებობა განასხვავებს მას სხვა აზოტიანი სასუქებისაგან, რაც იძლევა მისი გამოყენების მეთოდების, ნორმების და ვადების ფართოდ დიფერენცირების საშუალებას ნიადაგის თვისებებზე, კლიმატზე და გასანოყიერებელ კულტურათა სახეობებზე დამოკიდებულებით.

ამონიუმის გვარჯილა გამოიყენება როგორც თესვისწინა (ძირითადი გამოყიერებისას) სასუქი, შეაქვთ მწკრივებში, ან ბუდნებში თესვის დროს და გამოკვებისას ვეგეტაციის განმავლობაში.

4. **ნიტრატული სასუქები.** მათ მიეკუთვნება აზოტმჟავას მარილები, რომლებიც აზოტს შეიცავენ მხოლოდ ნიტრატული ფორმით:

ნატრიუმის გვარჯილა (აზოტმჟავა ნატრიუმი, ნატრიუმის ნიტრატი, ან ჩილეს გვარჯილა),- NaNO_3 . გვარჯილა, რომელიც მინარევების სახით 5 %-ის ფარგლებში შეიცავს NaCl , MgCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 და სხვა. ნიადაგში შეტანისას სწრაფად იხსნება და ადვილად შეითვისება მცენარეების მიერ. ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსთან ურთიერთზემოქმედებისას წარმოებს კათიონების ურთიერთგაცვლის რეაქცია: NO_3 ანიონი ნიადაგის მიერ არ შთაინთქმება და თავისუფლად გადაადგილდება ნიადაგში კაპილარულ და გრავიტაციულ წყალთან ერთად. ამიტომ, ნიადაგში ნიტრატული სასუქების შეტანა შემოდგომით, ან უხვად მორწყვის შემდეგ არ არის რეკომენდებული, რადგან შესაძლოა აზოტის გამორეცხვა.

ნატრიუმის გვარჯილა განსაკუთრებით კეთილსასურველია მცენათა გამოკვებისას. ნატრიუმის მარილების ხანგრძლივმა გამოყენებამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს ნიადაგის ფიზიკურ თვისებებზე: ნატრიუმის ზეგავლენით ნიადაგი ბიცობიანდება, რასაც მოყვება მისი სტრუქტურის, წყლოვანი და საჰაერო თვისებების გაუარესება., თუმცა, ეს შეიძლება მოხდეს სასუქის დიდი დოზების გამოყენებით.

ნატრიუმის გვარჯილა ფიზიოლოგიურად ტუტე სასუქია, რამდენადაც ანიონი NO_3 მცენარეების მიერ შეითვისება უფრო სწრაფად, ვიდრე ნატრიუმი. ამიტომ, ნატრიუმის გვარჯილა რამდენადმე ატუტიანებს ნიადაგს, რის შედეგად მჟავე ნიადაგში მცირდება ალუმინის მოძრავი ფორმების შემცველობა. ამგვარად, მისი გამოყენება მჟავე ნიადაგებზე მეტად სასურველია.

ნატრიუმის გვარჯილაში არსებული ნატრიუმი დადებითად მოქმედებს შაქრის და საკვები ჭარხლის ზრდა-განვითარებაზე. მაგალითად, ჩატარებული მინდვრის ცდებით დასტურდება, რომ დეგრადირებულ და გამოტუტულ შავმიწებში ნატრიუმის გვარჯილა ზრდის შაქრის ჭარხლის მოსავლიანობას გაცილებით მეტად, ვიდრე სხვა აზოტიანი სასუქები, რომლებიც არ შეიცავენ ნატრიუმს.

სურ. 3. ნატრიუმის გვარჯილა



ნატრიუმის გვარჯილას უარყოფით თვისებად მიიჩნევა მისი მაღალი ჰიგროსკოპულობა და მიდრეკილება შებელტვისაკენ, რის გამო მისი შენახვისას წარმოიქმნება დიდი ზომის ბელტები, რომელთა ნიადაგში შეტანამდე აუცილებელი ხდება მათი დაქუცმაცება.

კალციუმის გვარჯილა (კალციუმის ნიტრატი, კირიანი გვარჯილა, ნორვეგიული გვარჯილა, აზოტმჟავა ცალციუმი), $-Ca(NO_3)_2$. შეიცავს 14-14,5 % აზოტს ნიტრატული ფორმით და 1-1,5 % აზოტს ამიაკური ფორმით. მიიღება კირის მეშვეობით აზოტმჟავას განეიტრალების გზით. თეთრი ფერის კრისტალური მარილი, წყალში კარგად ხსნადი. გააჩნია მეტად მაღალი ჰიგროსკოპულობა და ნორმალური შენახვის პირობებშიც კი ძლიერ ნესტიანდება და იბელტება.

კალციუმის გვარჯილა, ნატრიუმის გვარჯილას მსგავსად ფიზიოლოგიურად ტუტე სასუქია. მცენარეები დიდი რაოდენობით მოიხმარენ NO_3^- -ის ანიონებს, ვიდრე Na^+ და Ca^{2+} -ის კათიონებს, რომლებიც რჩებიან ნიადაგში და მისი რეაქცია მიყავთ გატუტიანებისაკენ.

კალციუმის გვარჯილა განსაკუთრებით კარგ შედეგს იძლევა ფუძეებით ღარიბ ნიადაგებზე. მისი შეტანით მცირდება ნიადაგის მჟავიანობა და უმჯობესდება ფიზიკური თვისებები, რადგან კალციუმი კრავს (აერთიანებს) ნიადაგის კოლოიდებს.

ზოგადად, არ არის რეკომენდებული გვარჯილების შეტანა შემოდგომით. უმჯობესია ნიადაგში მათი ჩაკეთება გაზაფხულზე, თესვისწინა კულტივაციის გზით. ამ სასუქების გამოყენება ძალიან კარგია საშემოდგომო და სათოხნი კულტურების გამოსაკვებად. კალციუმის გვარჯილა, განსხვავებით ნატრიუმის გვარჯილასაგან, არასასურველი ფიზიკური თვისებების გამო ნაკლებად ვარგისია თესვის დროს მწკრივებში შესატანად.

ნიტრატული სასუქები შეიძლება გამოყენებული იქნას სხვადასხვა ნიადაგებზე ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის. კარგ შედეგებს იძლევიან მჟავე ეწერ-ლებიან ნიადაგებზე, განსაკუთრებით მაღალი მჟავიანობის მიმართ მგრძობიარე კულტურებისათვის. შავმიწებზე მათ არ გააჩნიათ უპირატესობა. ნატრიუმის გვარჯილა ნაკლებად ხელსაყრელია დამლაშებულ ნიადაგებზე და ბიცობებზე; ეწერ-ლებიან ნიადაგებზე, ეფექტურობით პირველ ადგილზეა კალციუმის გვარჯილა. შავმიწებზე, კულტურათა უმრავლესობისათვის იგი ტოლფასოვანია ნატრიუმის გვარჯილის და მას ჩამორჩება მხოლოდ შაქრის ჭარხლის, საკვები და სასუფრე ძირხვენების განოციერების შემთხვევაში. ნატრიუმის გვარჯილის უფრო მეტი ეფექტურობა დაკავშირებულია ნატრიუმის კათიონის დადებით გავლენაზე. იგი აძლიერებს ფოთლებიდან

ფესვებში ნახშირწყლების უკუდენას, რის შედეგად იზრდება ძირხველების მოსავლიანობა და მასში შაქრის შემცველობა.

სურ. 4. კალციუმის ნიტრატი



5. მყარი ამონიუმდანი სასუქები, სხვა აზოტიან სასუქებთან შედარებით მცირე რაოდენობით (7-8 %) იწარმოება.

ამონიუმის სულფატი (გოგირდმჟავა ამონიუმი)- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, შეიცავს 20,8-21 % აზოტს. კრისტალური მარილია, წყალში კარგად ხსნადი; ხასიათდება მეტად სუსტი ჰიგროსკოპულობით, ამიტომ ნორმალურ პირობებში შენახვისას იბელტება მცირედ და ინარჩუნებს კარგად მოფანტვის თვისებას. დამზადებული პროდუქცია შეიძლება შეიცავდეს მცირე რაოდენობით (0,2-0,4 %) თავისუფალ გოგირდოვან მჟავას და სხვა მინარევებს. სულფატამონიუმის საწარმოებლად შეიძლება გამოყენებული იქნას სინთეზური ამიაკი, ასევე ქვანახშირის კოქსირების შედეგად წარმოქმნილი ამიაკი.

სინთეზური ამონიუმის სულფატი არის თეთრი ფერის, მაგრამ კოქსოქიმიურს, მასში არსებული ორგანული მინარევების გამო შეიძლება ჰქონდეს ნაცრისფერი, მოცისფრო, ან მოწითალო შეფერილობა.

სასუქი შეიცავს 24 % გოგირდს და მცენარეებისათვის წარმოადგენს ამ ელემენტით კვების კარგ წყაროს.

სულფატამონიუმი ფიზიოლოგიურად მჟავე სასუქია, ამიტომ მიზანშეწონილია იგი გამოყენებული იქნას ფუძეებით მამღარ ნიადაგებზე. მჟავე ნიადაგებზე მისი გამოყენება შეიძლება ნიადაგის მოკირიანების, ან სასუქის განეიტრალების შემდეგ. სულფატამონიუმი გამოსადეგია სასუქების შეტანის ყველა მეთოდის გამოყენებით, მათ შორის შემოდგომით თესვის წინ, რამდენადაც ნიადაგის კოლოიდების მიერ ამიაკის შთანთქმა წყვეტს მის გამორეცხვას ნიადაგიდან. თბილი ამინდების პირობებში, ამიაკი გადადის ნიტრატებში, რომლებიც ატმოსფერული ნალექებით შეიძლება გამოტუტვილი იქნან ნიადაგიდან. ამონიუმის სულფატის მიმართ მომთხოვნი არიან სუბტროპიკული კულტურები, ჩაი.

სურ. 5. ამონიუმის სულფატი



ნატრიუმ-ამონიუმის სულფატი- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, შეიცავს 16 % აზოტს; გააჩნია კარგი ფიზიკური თვისებები, მცირედ ჰიგროსკოპულია და არ იბელტება. ამიაკური აზოტის გარდა შეიცავს 8 % ნატრიუმს. წარმოადგენს მოყვითალო ფერის კრისტალურ მარილს. ნიადაგის გამჟავიანებაზე მისი ზემოქმედება, მასში არსებული ნატრიუმის გამო შედარებით სუსტია, ვიდრე ამონიუმის სულფატისა. ნატრიუმ-ამონიუმის სულფატი განსაკუთრებით ეფექტურია ფუძეებით მამდარ ნიადაგებზე. მისი გამოყენება შეიძლება ყველა კულტურისათვის ძირითადი განოყიერებისას და თესვასთან თანმიყოლებით, აგრეთვე ვეგეტაციის განმავლობაში მცენარეთა გამოსაკვებად.

ნატრიუმ-ამონიუმის სულფატის მაღალი ეფექტი ვლინდება შაქრის ჭარხლისათვის, რომელიც დადებითად ხვდება ნიადაგში ნატრიუმის არსებობას.

შარდოვანა (კარბამიდი)- $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. წარმოადგენს მყარი აზოტიანი სასუქებიდან ყველაზე კონცენტრირებულ სასუქს. გამოდის გრანულების, ან წვრილი თეთრი კრისტალების სახით. შარდოვანას, როგორც გამანოყიერებელ საშუალებას გააჩნია არანაკლებ 90 % 1-2,5 მმ ზომის გრანულები. კარგად იხსნება წყალში. შენახვის კარგ პირობებში მცირედ იბელტება. მოფანტვის თვისებას ინარჩუნებს დამაკმაყოფილებლად.

შარდოვანას გრანულირების პროცესში წარმოიქმნება ტოქსიკური ზემოქმედების მქონე ბიურეტი, თუმცა მისი შემცველობა გრანულირებულ სასუქში არ აღემატება 1 %-ს და პრაქტიკულად უვნებელია მცენარისათვის

შარდოვანას შეტანის პირველ დღეებში, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -ის (ჰიდროლიზური ტუტე მარილი) წარმოქმნის შედეგად ხდება ნიადაგის დროებითი გატუტიანება. წარმოქმნილი ამონიუმი შთაინთქმება ნიადაგის მიერ და თანდათანობით ნიტრიფიცირდება, ამასთან, მისი ნიტრიფიცირება მიმდინარეობს გაცილებით სწრაფად, ვიდრე $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -ის და განსაკუთრებით NH_4Cl -ის. შედეგად, ნიადაგის გატუტიანება იცვლება მისი რამდენადმე გამჟავიანებით. მცირედბუფერული მსუბუქი ნიადაგების ხსნარის რეაქციის ცვლილებები შეიძლება იყოს განსაკუთრებით შესამჩნევი, მაგრამ მცენარეთა მიერ აზოტის შეთვისების შემდეგ ნიადაგში არ რჩება არც ტუტეს და არც სიმჟავის ნარჩენები.

შარდოვანა არის ერთ-ერთი საუკეთესო აზოტიანი სასუქი და ეფექტურობით არ ჩამოუვარდება ამონიუმის გვარჯილას. მისი გამოყენება შეიძლება, როგორც ძირითადი სასუქის, ან

გამოსაკვებად ყველა კულტურისათვის სხვადასხვა ნიადაგებზე. შარდოვანას შეტანისას აუცილებელია მისი დროულად ჩაკეთება ნიადაგში, რამდენადაც სასუქის ზედაპირული განთავსებით შესაძლოა მოხდეს აზოტის დანაკარგი ნახშიმჟავა ამონიუმიდან ამიაკის აორთქლებით, განსაკუთრებით კარბონატულ და ტუტე ნიადაგებზე. შარდოვანა შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული ბოსტნეული და ხეხილოვანი კულტურების ფესვგარეშე გამოსაკვებად, ასევე ხორბლის საგვიანო გამოკვებისთვის, მარცვალში ცილის შემცველობის ამაღლების მიზნით.

სურ. 6. შარდოვანა



ქლორიანი ამონიუმი-(NH_4Cl), სოდის წარმოების გვერდითი პროდუქტი. შეიცავს 24-26 % აზოტს. წყალში კარგად ხსნადი, თეთრი ფერის, კარგი ფიზიკური თვისებების მქონე კრისტალური მარილი. შეიცავს ქლორის დიდ რაოდენობას (67 %) და ნაკლებად ვარგისია ამ ელემენტზე მგრძნობიარე კულტურებისათვის, განსაკუთრებით მსუბუქ და მჟავე ნიადაგებზე მათი არაერთჯერადი შეტანისას, რის გამოც იზღუდება მათი გამოყენება. ნიადაგში ქლორის მაღალ შემცველობაზე განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან თამბაქო, კარტოფილი, ვაზი, ციტრუსოვნები, სელი, წიწიბურა. ქლორიანი ამონიუმი მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას ნეიტრალურ და ტუტე რეაქციის ნიადაგებზე შაქრის ჭარხლის მოსაყვანად. ქლორიანი ამონიუმი მჟავე ნიადაგებზე გამოყენება დაფსაშვებია მხოლოდ მოკირიანებასთან შეთავსებით, ან სასუქის განეიტრალების შემდეგ. მისი შეტანა წარმოებს მზრალად ხვნის დროს. ამ შემთხვევაში ქლორი ჩაირეცხება ნიადაგის ქვედა ფენებში და მცენარეზე მისი უარყოფითი ზეგავლენა სუსტდება. ქლორამონიუმის ხანგრძლივი გამოყენება ერთსა და იმავე ფართობზე, ამ უკანასკნელს ხდის სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებისათვის გამოუსადეგრად.

სურ. 7. ამონიუმის ქლორიდი



ამიდური. იგი შეიცავს აზოტს ამიდური ფორმით (NH_2). ნიადაგში ამიდები გარდაიქმნებიან ამიაკად და ნიტრატებად. ამიდურ სასუქებს მიეკუთვნება კარბამიდი, შარდოვანა-ფორმალდეჰიდური სასუქები და კალციუმის ცეანამიდი.

შარდოვანა-ფორმალდეჰიდური სასუქები მათი მაღალი სიმკვრივის გამო ეკონომიკურად არახელსაყრელია., ამიტომ შედარებით გამოიყენება

კალციუმის ცეანამიდი მცენარისათვის მომწამლავია, ამიტომ მას, როგორც აზოტიან სასუქს იყენებენ უმნიშვნელო რაოდენობით და ძირითადად მოიხმარება როგორც ჰერბიციდი და დეფოლიანტი. მისი მტვრის შესუნთქვამ შეიძლება გამოიწვიოს ძლიერი გამაღიზიანებელი ზემოქმედება, კანის ანთებით.

ფოსფორიანი სასუქების ძირითადი თვისებები

ბუნებაში ფოსფორი არსებობს მხოლოდ სხვა ელემენტებთან შენაერთების სახით, ძირითადად-ქანგბადთან.

ფოსფორიანი სასუქები, რომლებიც მიეწოდება სოფლის მეურნეობას, შეიცავს ფოსფორს ორთოფოსფატების სახით (ორთოფოსფორმჟავას მარილები H_3PO_4). გარდა ამისა, ცალკეული ფოსფორიანი სასუქები, ძირითადად რთული, მიიღება პოლიფოსფორული (სუპერფოსფორული) მჟავების საფუძველზე.

ხსნადობის შესაბამისად, ფოსფორიანი სასუქები იყოფა 3 ძირითად ჯგუფად: 1) წყალში ხსნადი-სუპერფოსფატი, ორმაგი სუპერფოსფატი, ამოფოსი, დიამოფოსი; 2) წყალში უხსნადი, მაგრამ იხსნებიან ლიმონმჟავა ამონიუმის ხსნარში, ან ლიმონმჟავაში-პრეციპიტატი (ორჩანაცვლებული კალციუმის ფოსფატი), თომასწიდა, მარტენის ფოსფატწიდა, ფტორმოცილებული ფოსფატი და სხვა თერმული ფოსფატები; 3) ძნელად ხსნადი ფოსფატები-ფოსფორიტული და ძვლის ფხვნილი. ფოსფორიანი სასუქების ხსნადობის ხარისხი საზღვრავს მათი გამოყენების თავისებურებებს. წყალხსნად სასუქებს იყენებენ ფხვნილის და გრანულების სახით; ლიმონმჟავა ამონიუმში და ლიმონმჟავაში ხსნადებს იყენებენ ფხვნილის სახით, ხოლო ძნელად ხსნადებს იყენებენ ძლიერ წვრილად დაფქული ფხვნილის სახით.

სუპერფოსფატი- $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4$ თავისუფალი H_3PO_4 -ის მინარევით. ძირითადი ფოსფორიანი სასუქი. მის წილად მოდის ფოსფორიანი სასუქების მსოფლიო წარმოების თითქმის ნახევარი. სუპერფოსფატს

იყენებენ ყველა ტიპის ნიადაგზე, ყველა კულტურისათვის განსხვავებული მეთოდებით. სასუქის ძირითადი ნაკლია საკვები ელემენტის დაბალი კონცენტრაცია (14-19,5 % P_2O_5).

სუპერფოსფატს, კონცენტრირებული ორმაგი სუპერფოსფატისაგან განსხვავების გამო ხშირად უწოდებენ მარტივ სუპერფოსფატს. სუპერფოსფატი მჟავე სასუქია, მაგრამ მისი ხანგრძლივად შეტანილთა ც ნიადაგის მჟავიანობა არ იზრდება. ნორმალურ პირობებში შენახვისას არ იბელტება და ინარჩუნებს კარგად მოფანტვის თვისებას.

მარტივ სუპერფოსფატს ღებულობენ დაფქვილი აპატიტის, ან გოგირდმჟავა ფოსფორიტის გადამუშავებით, რომლის დროსაც წარმოიქმნება წყალხსნადი ერთხანაცვლებული კალციუმის ფოსფატი $Ca(H_2PO_4)_2$ და წყალში უხსნადი თაბაშირი $CaSO_4$. თაბაშირი რჩება სასუქის შედგენლობაში და იკავებს მისი მასის 40 %-ს. ამიტომ, ამგვარ სუპერფოსფატში ფოსფორი თითქმის 2-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე პირველად ნედლეულში. ამ მიზეზით, დაბალპროცენტული ფოსფორიტები არ გამოიყენება სუპერფოსფატის დასამზადებლად. ამისათვის უპირატესობას ანიჭებენ აპატიტის კონცენტრატს, აგრეთვე მაღალპროცენტულ ფოსფორიტებს.

აპატიტისაგან წარმოებული გრანულირებული სუპერფოსფატი შეიცავს არანაკლებ 19,5 %

შესათვისებელ P_2O_5 -ს. 2-4 მმ ზომის გრანულები უნდა შეადგენდეს 74 %-ს, ხოლო 1-2 მმ არა უმეტეს 20 %-ს. გრანულირებულ სუპერფოსფატს გააჩნია კარგი ფიზიკური თვისებები. მარტივი სუპერფოსფატისაგან განსხვავებით, ნიადაგში შეტანისას იგი ნაკლებად ეხება ნიადაგის ნაწილაკებს, რაც აფერხებს ფოსფორმჟავას რეტროგრადაციის პროცესს, ანუ ასუსტებს წყალხსნადი მონოკალციუმის ფოსფატის გადასვლას მნელადხსნად ფორმებში.

სუპერფოსფატიდან ფოსფორის გამოყენების კოეფიციენტი, თესვამდე მოხვნასთან ერთად, შეადგენს შეტანილი სასუქის რაოდენობის 15-25 %-ს, ხოლო მწკრივებში შეტანისას იზრდება 1,5-ჯერ.

შაქრის ჭარხლის, სიმინდის, კარტოფილის, მარცვლეულის, ბოსტნეულის და სხვა კულტურათა მაღალი მოსავლის მისაღებად აუცილებელია სუპერფოსფატის თესვისწინა შესატანი ძირითადი განოყიერების დოზები შეთანწყობილი იქნას მწკრივებში, ან ბუდნებში შესატანი სასუქის შედარებით შემცირებულ დოზებთან, რაც დააბალანსებს გარკვეული კულტურისათვის განსაზღვრულ სასუქის ნორმას.

სურ. 8. მარტივი სუპერფოსფატი



ორმაგი სუპერფოსფატი- $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, მარტივი სუპერფოსფატისაგან განსხვავებით, გააჩნია P_2O_5 -ის მაღალი შემცველობა და საწარმოო ნედლეულზე დამოკიდებულებით შეიცავს 40-50 %-ს. ორმაგი სუპერფოსფატი წარმოადგენს კონცენტრირებულ სასუქს. მას ღებულობენ იმავე ნედლეულისაგან, რომლისგანაც მიიღება მარტივი სუპერფოსფატი, განსხვავება მხოლოდ წარმოების ტექნოლოგიაშია.

საუკეთესო ორმაგ სუპერფოსფატს ღებულობენ ხიბინის აპატიტის კონცენტრატისაგან. გამოდის 2-4 მმ ზომის გრანულების სახით. ქიმიური და ფიზიკური თვისებები, გამოყენება და ეფექტურობა აქვს იგივე, რაც მარტივის. თუმცა, იმ კულტურების განოყიერებისას, რომლებიც დადებითად რეაგირებენ თაბაშირზე (სამყურა და სხვა პარკოსნები), უფრო ძლიერ დადებით ზეგავლენას ახდენს მარტივი სუპერფოსფატი. მეორე მხრივ, ორმაგ სუპერფოსფატს, რომელიც არ შეიცავს თაბაშირს, შეიძლება ჰქონდეს გარკვეული უპირატესობა კალციუმზე მწვავედ მგრძობიარე კულტურებისათვის (მაგალითად, ჩაის ბუჩქი). მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ისიც, რომ ორმაგი სუპერფოსფატის სისტემატური შეტანა გოგირდით სუსტად უზრუნველყოფილ ნიადაგებზე, განსაკუთრებით იმ კულტურებისათვის, რომლებსაც გააჩნიათ მაღალი მოთხოვნილება ამ საკვებ ელემენტზე (პარკოსანი და ჯვაროსან-ყვავილოვანი), არის ნაკლებად ეფექტური, შედარებით მარტივ სუპერფოსფატთან, რომელიც თაბაშირთან ერთად შეიცავს გოგირდს. ამიტომ, ასეთ შემთხვევებში რეკომენდებულია ორმაგი სუპერფოსფატის შეტანა შეეთანაწყოს გოგირდის შემცველ აზოტიან და კალიუმთან სასუქებს (სულფატ ამონიუმი, კალიუმის სულფატი, კალიუმ-მაგნიუმის სულფატი).

პრეციპიტატი- $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, წარმოადგენს კალციუმის დიფოსფატს. პირველად ნედლეულზე დამოკიდებულებით შეიცავს 25-35 % P_2O_5 -ს. წყალში უხსნადია, მაგრამ იხსნება სუსტ მჟავებსა და ლიმონმჟავა ამონიუმში. პრეციპიტატის ფოსფორი მცენარისათვის ხელმისაწვდომია ყველა ნიადაგზე. ამ სასუქს გააჩნია კარგი ფიზიკური თვისებები. მას მოიხმარენ ამონიუმის გვარჯილას ფიზიკური თვისებების გასაუმჯობესებლადაც კი.

პრეციპიტატს იყენებენ, როგორც ძირითად სასუქს ხვნის წინ. ლოკალური შეტანისათვის (კერძოდ, მწვრივთა შორის) ის გამოუსადეგარია, რამდენადაც ამ მიზნით იყენებენ სუპერფოსფატს, რომელშიც ფოსფორის მჟავა არის წყალხსნადი და ახალგაზრდა მცენარეებისათვის უფრო ადვილად შესათვისებელი.

მარტენის ფოსფატწიდა (ტომასწიდა)- $4\text{Ca}_4 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$. მარტენის მეთოდით, ფოლადისა და რკინის მისაღებად ფოსფორით მდიდარი თუჯის გადამუშავების შედეგად მიღებული გვერდითი პროდუქტი. მძიმე, მუქი ფერის ფხვნილი, იხსნება 2 %-იან ლიმონმჟავა ამონიუმში, შეიცავს 8-12 % P_2O_5 -ს. როგორც ტუტე ფოსფორიანი სასუქი, განსაკუთრებით ეფექტურია მჟავე ნიადაგებზე. მისი ნაკლია მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორის დაბალი პროცენტული შემცველობა.

ფტორმოცილებული ფოსფატი- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$, მიიღება აპატიტის კონცენტრატისაგან მცირეოდენი (2-3 %) კაჟოვანას დამატებით. საწარმოო პროცესში, აპატიტში არსებული ფტორი- $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ -გამოიყოფა გაზის სახით, ხოლო ფოსფორი გადადის მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმაში. ფტორმოცილებულ ფოსფატში P_2O_5 -ის საერთო შემცველობა შეადგენს 30-36 %-ს, მათ შორის ლიმონმჟავაში ხსნადი არის 28-32 %. სასუქი არაჰიგროსკოპულია, არ იბელტება.

ფტორმოცილებული ფოსფატი, ისე როგორც ტომასწიდა, არ შეიძლება შერეული იქნას ამონიუმის სასუქებთან. მისი გამოყენება, როგორც ძირითადი სასუქის შეიძლება ყველა ნიადაგზე. ეწერ-ლებიან და შავმიწებზე ეფექტურობით არ ჩამოუვარდება სუპერფოსფატს.

ფოსფორიტის ფქვილი, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$, ეს შენაერთი უხსნადია წყალში და სუსტ მჟავებში და ასევე სუსტად შეითვისება მცენარეთა უმრავლესობის მიერ. ნაწილობრივ იხსნება ლიმონმჟავაში, ხოლო მარილისა

და აზოტის მჟავათა ნაერთში მთლიანად. მის დასამზადებლად შეიძლება გამოყენებული იქნას დაბალპროცენტული ფოსფატები, ამიტომ არის ყველაზე იაფი ფოსფორიანი სასუქი. მისი ეფექტურობა იზრდება ფქვილის მეტად დაქუცმაცებასთან ერთად, ვინაიდან მეტ შემხებლობას პოულობს ნიადაგთან და უკეთესად მიმდინარეობს მისი დაშლა ნიადაგური სიმჟავის ზეგავლენით, ვიდრე გარდაიქმნება მცენარისათვის ხელმისაწვდომ შენაერთად. P_2O_5 -ის შემცველობა, სასუქის ხარისხის შესაბამისად შეადგენს 14-30 %. მხოლოდ მცენარეთა ზოგიერთ სახეობას (ხანჭკოლა, წიწიბურა, ნაწილობრივ ბარდა და კანაფი) შეუძლია ფოსფორიტის ფქვილიდან ფოსფორის შეთვისება ნიადაგის ხსნარის ნეიტრალური რეაქციის შემთხვევაში, ანუ ნიადაგის სიმჟავის ზემოქმედებით მის დაშლამდე.

მცენარეთა უმრავლესობა (ყველა მარცვლოვანი, სელი, ჭარხალი, კარტოფილი) იყენებს ფოსფორიტს მხოლოდ ნიადაგის განსაზღვრულ მჟავიანობამდე, ანუ რაც საკმარისია მის დასაშლელად. ამიტომ, ნეიტრალური რეაქციის ნიადაგებზე ფოსფორიტის ფქვილის გამოყენება ნაკლებ ეფექტურია. მჟავე ეწერ-ლებიან, წითელმიწებზე და გამოტუტვილ შავმიწებზე იგი ეფექტურობით არ ჩამორჩება სუპერფოსფატს.

ფოსფორიტის ფქვილის დოზები ასევე დგინდება ნიადაგის მჟავიანობაზე დამოკიდებულებით. ძლიერ და საშუალოდ მჟავე ნიადაგებზე (pH 5,0 და ქვემოთ) შეიძლება ფოსფორიტი შეტანილი იქნას იმავე დოზით, როგორც სუპერფოსფატის, ხოლო სუსტად მჟავე ნიადაგებზე-გაორმაგებული და გასამმაგებული დოზებით.

სურ. 9. ფოსფორიტის ფქვილი



კალიუმის სასუქების ძირითადი თვისებები

კალიუმი, ისე როგორც აზოტი და ფოსფორი წარმოადგენს მცენარის მინერალური კვების ერთ-ერთ აუცილებელ, ძირითად ელემენტს. აზოტისა და ფოსფორისაგან განსხვავებით, ის არ შედის მცენარის ორგანული შენაერთების შედგენილობაში, არამედ იმყოფება მცენარის უჯრედებში იონური ფორმით, უჯრედის წვენში ხსნადი მარილების და ნაწილობრივ ციტოპლაზმის კოლოიდებთან მყიფე ადსორბციული კომპლექსების სახით. საკვებ არეში კალიუმის უკმარისობის შემთხვევაში ხდება მისი გადადინება ძველი ორგანოებიდან ახალ, მზარდი ორგანოების ქსოვილებში, სადაც კალიუმი ექვემდებარება განმეორებით გამოყენებას (რეუტილიზაცია).

მცენარის კალიუმით კვების წყაროა: ნიადაგში მისი შენაერთები, სხვადასხვა სამეურნეო ანარჩენები, რომლებიც უზრუნდება ნიადაგს და მინერალური კალიუმის სასუქები. კალიუმის მთლიანი შემცველობა დამოკიდებულია ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობაზე, მსუბუქ ნიადაგებში ის გაცილებით ნაკლებია, მძიმესთან შედარებით.

ნიადაგში არსებობს კალიუმის სხვადასხვა ფორმები, როგორც შედგენილობის, ისე მცენარეებისათვის მათი ხელმისაწვდომობის კუთხით. ამჟამად განასხვავებენ ნიადაგური კალიუმის ხუთ ფორმას: 1. წყალხსნადი; 2. გაცვლითი, ან შთანთქმული ნიადაგის კოლოიდური ნაწილის მიერ; 3. სილიკატების შემადგენლობაში მყოფნი; 4. მცენარეული, ცხოველური და სხვა ორგანულ ნარჩენებში არსებულნი; 5. ნიადაგის მიკროორგანიზმების შემადგენელი კალიუმი.

კალიუმის სასუქები დაყოფილია სამ ჯგუფად:

- 1) კონცენტრირებულნი, რომლებიც წარმოადგენენ კალიუმის საბადოების ქარხნული გადამუშავების პროდუქტს: ქლორკალიუმი, გოგირდმჟავა კალიუმი, სულფიდური კალიუმ-მაგნიზია, კალიუმ-მაგნიუმის კონცენტრატი;
- 2) კალიუმის ნედლი მარილები, რომლებიც არიან კალიუმის ბუნებრივი საბადოს დაფქვილ მდგომარეობაში წარმოდგენილი-კაინიტი, სილვინიტი;
- 3) კალიუმის მარილები, რომლებიც მიიღება კალიუმის ნედლი მარილების შერევით კონცენტრირებულთან, ჩვეულებრივ ქლორკალიუმთან, ანუ 30 და 40 %-იანი კალიუმის მარილები.

ქლორკალიუმი KCl. NaCl-ის მცირედი მინარევით, კონცენტრირებული, ძირითადი კალიუმის სასუქი. მიიღება სილვინიტის მადნების გადამუშავების გზით, აგრეთვე მცირე რაოდენობით კარნალიტის და კალიუმის სხვა მარილების ხსნარებიდან მისი გამოკრისტალებით. შედეგად წარმოიქმნება თეთრი ფერის წვრილკრისტალური ფხვნილი, მცირედ ჰიგროსკოპული, მაგრამ შენახვისას ძლიერ ბელტვადი. ამიტომ, ნიადაგში შეტანამდე საჭირო ხდება მისი კვლავ დაქუცმაცება. შებეღების შესამცირებლად მას ამუშავებენ ცხიმის ან ნივთიერებებით, ან სხვა შესაბამისი ნივთიერებებით. წყალში კარგად იხსნება.

ამჟამად არსებობს სილვინიტისაგან ქლორკალიუმის მიღების ფლოტაციური და ჰიდროციკლური მეთოდი, შედარებით მარტივი და იაფი, ამავე დროს აუმჯობესებს სასუქის ფიზიკურ თვისებებს. მეთოდი ეფუძნება KCl-ის და NaCl-ის განცალკევებას მათი სიმკვრივის მიხედვით. პროცესის შედეგად მიიღება მსხვილკრისტალური (4-6 მმ ზომის) ქლორკალიუმი, რომელიც შენახვის დროს არ იბელტება და ნიადაგში შეტანისას კარგად მოიხნება.

ქლორკალიუმის ქლორი არ ებმება ნიადაგს და გამოირეცხება დაღმავალი ტენით. გვალვიან რაიონებში ქლორკალიუმი ზოგჯერ ამლაშებს ნიადაგს. უქლორო კალიუმის სასუქების უქონლობის შემთხვევაში საჭიროა, რომ ქლორი ჩაირეცხოს ნიადაგის ღრმა ფენებში, რათა არ დააზიანოს ქლორის მიმართ მგრძობიარე კულტურები.

ქიმიურად სუფთა ქლორკალიუმი შეიცავს 63,1 % K₂O-ს, სასუქი NaCl-ის მინარევით 50-60 % K₂O-ს.

ქლორკალიუმი შეიძლება გამოყენებული იქნას ყველა ტიპის ნიადაგზე, სასოფლო-სამეურნეო ყველა კულტურის მოსაყვანად, გარდა თამბაქოსი, რომელიც მეტად მგრძობიარეა ქლორის მიმართ.

სურ. 10. კალიუმის ქლორიდი



ქლორკალიუმი-ელექტროლიტი. წარმოადგენს ელექტროლიტური მეთოდით კარნალიტისაგან მაგნიუმის წარმოების პროცესში მიღებულ გვერდით პროდუქტს. წყალში კარგად იხსნება. გამოდის მსხვილმარცვლოვანი ფხვნილის ან გრანულების სახით. შეიცავს 32-45 % K_2O -ს, გარდა ამისა, 8 % MgO , 8 % Na_2O და 50 %-მდე Cl -ს. არაჰიგროსკოპულია და არ იბელტება. სასუქში შემავალი კალიუმი და სხვა კათიონები (Na^+ , Mg^{2+}) შთაინთქმება ნიადაგის კოლოიდური ნაწილის მიერ, ხოლო ქლორი რჩება ნიადაგურ ხსნარში, ამიტომ ადვილად გამოირეცხება. ნიადაგში მისი შეტანა, როგორც ძირითადი სასუქის შეიძლება ყველა კულტურისათვის.

კალიუმის სულფატი K_2SO_4 (გოგირდმჭავა კალიუმი). შეიცავს 45-48 % K_2O -ს. წვრილკრისტალური ნაცრისფერი მარილი, წყალში ხსნადი; გააჩნია კარგი ფიზიკური თვისებები: არაჰიგროსკოპულია, არ იბელტება და კარგად მოიფანტება. შეიძლება გამოყენებული იქნას ნებისმიერ ნიადაგზე, ყველა კულტურისათვის, განსაკუთრებით ქლორის მიმართ მგრძნობიარეთათვის (თამბაქო, ვაზი, ციტრუსი და სხვა).

სურ. 11. კალიუმის სულფატი



კალიუმ-მაგნიუმის კონცენტრატი $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$. (კალიმაგი). სასუქი საშუალოდ შეიცავს: 30-38 % K_2SO_4 , 39-40 % $MgSO_4$, 4-5 % KCl და 8-10 % $NaCl$. კონცენტრატში კალიუმის ერთეულზე მოდის დაახლოებით 2-ჯერ ნაკლები ქლორი, ვიდრე ქლორკალიუმში. ქლორის უმნიშვნელო შემცველობის გამო მას თვლიან უქლორო სასუქად. ეს არის მარცვლოვანი, არაბელტვადი ნაცრისფერი ფხვნილი, არანაკლებ 90 % 3 მმ ზომის ნაწილაკების მქონე. სასუქში მაგნიუმის არსებობა დადებითად მოქმედებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსავლიანობაზე მსუბუქ ქვიშიან და ქვიშნარ ნიადაგებზე.

კალიუმ-მაგნიუმის სულფატი $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ (კალიმაგნეზია). კალიუმის სულფატის და კაინიტის გადამუშავების შედეგად მიღებული ნახევრადპროდუქტი, რომელიც ძირითადად შეიცავს მინერალ შენიტს. ამიტომ, ასევე უწოდებენ შენიტს. გამოდის 1-3 მმ, ან 1 მმ-მდე ზომის გრანულების სახით, რომლებშიც ნივთიერებათა შემცველობა მშრალ პროდუქტზე გაანგარიშებით (%) და სასუქის ხარისხის (I, II) მიხედვით უნდა იყოს: კალიუმის ჟანგი არანაკლებ 30-28, მაგნიუმის ჟანგი არანაკლებ 10-8, ქლორი, არაუმეტეს 5 (არ არის ნორმირებული), ტენიანობა არაუმეტეს 2.

სასუქი არის თეთრი, მოვარდისფრო შეფერილობის. გამოყენება შეიძლება ყველა ნიადაგზე, ყველა კულტურისათვის, პირველ რიგში თამბაქოს, ვაზის, ციტრუსის, კარტოფილის და ქლორის მიმართ სხვა უარყოფითად დამოკიდებული კულტურებისათვის. მაგნიუმის შემცველობის გამო განსაკუთრებით ეფექტურია მსუბუქ ნიადაგებზე.

სურ. 12. კალიუმ-მაგნიუმ სულფატი



30 და 40 %-იანი კალიუმის მარილები. მიიღება ქლორკალიუმისა და წვრილად დაფქული სილვინიტის ან კანიტის მექანიკური შერევით. მასში ქლორისა და ნატრიუმის შემცველობა მეტია, ვიდრე ქლორკალიუმში. კალიუმის მარილები განსაკუთრებით ეფექტურია შაქრის ჭარხლისა და სხვა საკვები ძირხვენებისათვის, რომლებიც დადებითად რეაგირებენ ნატრიუმზე და ნაკლებად მგრძობიარენი არიან ქლორის მიმართ. ქლორის ჭარბი რაოდენობის მიმართ მგრძობიარე კულტურებისათვის ნაკლებად ვარგისია ქლორკალიუმთან შედარებით. კალიუმის მარილები შეიტანება, როგორც ძირითადი სასუქი ხვნის დროს, მისი ნიადაგში ღრმად ჩაკეთებით, უმჯობესია შემოდგომით, მზრალად ხვნის დროს.

კალიუმის გვარჯილა (KNO_3). მოყვითალო-ნაცრისფერი კრისტალური ნივთიერება, 44 % K_2O და 13 % N-ის შემცველობით. არის სუსტად ბელტვადი. ნიადაგში შეიტანება გაზაფხულზე, რამდენადაც სასუქი შეიცავს ადვილად გამორეცხვად ნიტრატულ აზოტს. გამოიყენება ქლორის მიმართ უარყოფითი რეაქციის მქონე კულტურებისათვის.

სურ. 13. კალიუმის გვარჯილა



სილვინიტი $KCl+NaCl$. მოწითალო-მონაცრისფრო მსხვილკრისტალური (კრისტალების ზომა 1-4 მმ, არაუმეტეს 20 % 4 მმ-ზე მეტი) ფხვნილი. სილვინიტის შედგენილობაში შედის 22-28 % ქლორკალიუმი (სილვინი) და 67-72 % ქლორნატრიუმი (გალიტი), წონითი თანაფარდობით 1 : 3. სილვინიტი შეიცავს 14-18 % კალიუმის ჟანგს, 34-38 % ნატრიუმის ჟანგს და 52-55 % ქლორს. სასუქში

არსებობს უხსნადი ლამიანი თიხა (2-7 %) ნარჩენის სახით., აგრეთვე შეიცავს მიკროელემენტების მინარევს-ბორს, ბრომს, იოდს და სხვა. სასუქი მცირედ ჰიგროსკოპულია, კარგად მოხსნება, მაგრამ შენახვისას იბელტება. ნიადაგში შეიტანება შემოდგომით მზრალად ხვის დროს, ქლორის გამოტუტვის მიზნით. მჟავე ნიადაგებზე სილვინიტის გამოყენებისას ნიადაგში მატულობს მცენარეებზე უარყოფითად მოქმედი ალუმინისა და მანგანუმის მოძრავი ფორმები. ამიტომ, უმჯობესია იგი შეტანილი იქნას მოკირიანებულ ნიადაგებზე. ქლორის მიმართ უარყოფითად მგრძობიარე კულტურებისათვის სილვინიტის გამოყენება არ არის რეკომენდებული.

კაინტი $KCl \cdot 2MgSO_4 \cdot 3H_2O$, წყალში ხსნადი, ნაცრისფერი კრისტალური პროდუქტი, ქლორნატრიუმის (NaCl) დიდი რაოდენობის მინარევით. შეიცავს: 10-12 % K_2O , 8 % MgO , 40 %-მდე Cl , 35 % Na_2O და 15-17 % გოგირდის ანჰიდრიდს. კაინტი დაბალპროცენტული სასუქია. სილვინიტის მსგავსად გამოიყენება შემოდგომით, რათა შეიქმნას პირობები ქლორის გამოსარეცხად.

კალიუმის სასუქებში შემავალი კალიუმი და სხვა კათიონები (Na^+ , Mg^{2+}) შთანთქმება ნიადაგის კოლოიდური ნაწილის მიერ, ქლორი კი რჩება ნიადაგურ ხსნარში, რის გამო ადვილად გამოირეცხება. შთანთქმულ მდგომარეობაში კალიუმის გადასვლით კლებულობს მისი მოძრავუნარიანობა და წყდება ნიადაგიდან გამორეცხვა, გარდა მცირე შთანთქმის ტევადობის მქონე ქვიშიანი და ქვიშნარი ნიადაგების შემთხვევაში. ნიადაგის მიერ შთანთქმული სასუქის გაცვლითი კალიუმი ადვილად ხელმისაწვდომია მცენარეებისათვის. მინერალური სასუქებიდან კალიუმის გამოყენების კოეფიციენტი, კულტურის სახეობაზე და ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებზე დამოკიდებულებით მერყეობს დიდ ფარგლებში და შეადგენს 12-50 %.

საშუალო და მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებზე კალიუმის სასუქები შეიტანება შემოდგომით, მზრალად ხვის დროს. ამ შემთხვევაში სასუქი ექცევა ნიადაგის ტენიანი ფენის ქვეშ, სადაც ვითარდება ფესვთა სისტემის ძირითადი მასა და მცენარეები ადვილად ითვისებენ კალიუმს.

მსუბუქ ნიადაგებზე, განსაკუთრებით ნალექების დიდი რაოდენობით მახასიათებელ რაიონებში მიზანშეწონილია კალიუმის სასუქები შეიტანებოდეს გაზაფხულზე კულტივაციასთან ერთად.

ყველა კალიუმის სასუქი ფიზიოლოგიურად მჟავე მარილია, მაგრამ მათი ფიზიოლოგიური მჟავიანობა გაცილებით ნაკლებია ამიაკურ სასუქებთან შედარებით და ვლინდება მხოლოდ კალიუმის დიდი რაოდენობით მომხმარებელი კულტურებისათვის (მზესუმზირა, წიწიბურა, ძირნაყოფიანები, კარტოფილი, ბოსტნეული) ხანგრძლივი გამოყენების შემთხვევაში. ნიადაგში შთანთქმული კალიუმის სასუქების K^+ -ის და Na^+ -ის კათიონები აძევენ Ca^{2+} ან H^+ და Al^{3+} კათიონების ექვივალენტურ რაოდენობას, რასაც მოყვება ნიადაგური ხსნარის გამჟავიანება და მასში ალუმინის შემცველობის გაზრდა. უფრო მკვეთრი ფორმით გამჟავიანება ვლინდება მხოლოდ კალიუმის სასუქების მაღალი დოზების სისტემატური გამოყენების შედეგად ფუძეებით არამადარ ნიადაგებზე.

კალიუმის სასუქების ეფექტურობა, ისე როგორც სხვა სასუქების, ვლინდება მხოლოდ ნიადაგში არსებული კალიუმის შესათვისებელი ფორმით მცენარის უზრუნველყოფის შემთხვევაში, რაც დგინდება ნიადაგის ლაბორატორიული კვლევებით, კულტურათა ბიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით; მაღალი დონის აგროტექნიკის, აზოტიანი და ფოსფორიანი სასუქების გამოყენებით; ყოველივე აღნიშნულზე ზეგავლენას ახდენს ნიადაგურ-კლიმატური პირობები.

კალიუმის სასუქების სრული ხსნადობისა და მცენარეებისათვის კალიუმის ხელმისაწვდომობის მხრივ ცალკეული კალიუმის სასუქების ეფექტურობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება

ერთიმეორისაგან. ეს აიხსნება იმით, რომ კალიუმის სასუქები გარდა კალიუმისა შეიცავენ სხვა ელემენტებსაც, რომლებიც ზემოქმედებენ კულტურათა მოსავლიანობასა და პროდუქციის ხარისხზე. სასუქების განსხვავებული ეფექტურობა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია კალიუმის მიმართ მცენარეთა მოთხოვნილების დონეზე.

მაგალითისათვის მოვიტანთ ცალკეული კალიუმის სასუქების განსხვავებულ ეფექტურობას ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოყვანისას, კალიუმის მიმართ მცენარეთა მოთხოვნილებაზე დამოკიდებულებით:

კარტოფილი მიეკუთვნება „კალიუმის მოყვარულ“ მცენარეთა რიცხვს. ამ კულტურის კარგი მოსავლის მისაღებად აუცილებელია კალიუმის დიდი რაოდენობა. ამასთან ერთად გასათვალისწინებელია, რომ კარტოფილი მეტად მგრძობიარეა ქლორის სიჭარბის მიმართ, რის გამო კლებულობს მოსავლიანობა და სახამებლის შემცველობა. ამიტომ, ქლორის დიდი რაოდენობით შემცველი კალიუმის მარილების (სილვინიტი, კაინიტი, 40 %-იანი კალიუმის მარილები) გამოყენება კარტოფილისათვის არ არის რეკომენდებული. ამ კულტურისათვის, კალიუმის სასუქებიდან საუკეთესო ფორმას წარმოადგენს გოგირდმჟავა კალიუმი, კალიმაგი, კალიმაგნიზია.

ქლორის სიჭარბის მიმართ მგრძობიარე კულტურათა რიცხვს კარტოფილის გარდა მიეკუთვნებიან თამბაქო, ეთერზეთოვანები, ციტრუსები, ვაზი, წიწიბურა. ქლორის სიჭარბის ზეგავლენით მცირდება მათი მოსავლიანობა და უარესდება პროდუქციის ხარისხი. აღნიშნული კულტურებისათვის სასურველია გამოყენებული იქნას უქლორო კალიუმის სასუქები: გოგირდმჟავა კალიუმი; კალიუმის გვარჯილა (ნიადაგში შეიტანება გაზაფხულზე, რამდენადაც სასუქი შეიცავს ადვილად გამორეცხვად ნიტრატულ აზოტს); კალიუმ-მაგნიუმის სულფატი და კალიუმ-მაგნიუმის კონცენტრატი, რომლებიც მაგნიუმის შემცველობის გამო განსაკუთრებით ეფექტურნი არიან მსუბუქ ნიადაგებზე.

მარცვლოვანი კულტურები და მრავალწლიანი ბალახები კარგად რეაგირებენ ქლორის შემცველ სასუქებზე.

შაქრის ჭარხალს და საკვებ ჭარხალს მოსავლით გამოაქვთ კალიუმის დიდი რაოდენობა. ქლორნატრიუმის შემცველი კალიუმის ნედლი მარილები, აღნიშნულ კულტურათა მოსავლიანობას ზრდის მეტი ოდენობით, ვიდრე ნატრიუმის არმქონე კონცენტრირებული სასუქები; სილვინიტის გამოყენებით შაქრის ჭარხლის მოსავლიანობის ზრდასთან ერთად მალღება ძირხვეწებში შაქრის შემცველობა გაცილებით მეტად, ვიდრე ქლორკალიუმის მოხმარებით.

MgSO₄-ის და NaCl-ის მინარევების შემცველი კაინიტის გამოყენება კარგ შედეგს იძლევა, როგორც შაქრის ჭარხლის და სხვა ძირხვეწების, ისე კომბოსტოს და სამყურას მოყვანისას, რომლებიც დადებითად რეაგირებენ ნატრიუმზე, განსაკუთრებით მსუბუქ ნიადაგებზე.

მრავალრიცხოვანი ცდების (პ. მ. სმირნოვი, ე. ა. მურავინი) შედეგები გვიჩვენებს, რომ კალიუმის სასუქების სწორი გამოყენებით, K₂O-ს თითოეული კილოგრამი უზრუნველყოფს საშუალოდ დამატებით სასაქნლო პროდუქციას შემდეგი რაოდენობით (კგ-ით 1 ჰა-დან): შაქრის ჭარხალი 35-40, კარტოფილი 20-33, საშემოდგომო კულტურათა მარცვალი 3-5, საგაზაფხულო მარცვლეული 2-3, სამყურას ან იონჯის თივა 20-30. კალიუმის ერთეულს უფრო მეტი უკუგება აქვს მსუბუქ და ტორფიან ნიადაგებზე.

მიკროელემენტები და მიკროსასუქები

მცენარეთა ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის, გარდა ნახშირბადის, ჟანგბადის, წყალბადის, აზოტის, ფოსფორის, გოგირდის, კალიუმის და კალციუმისა აუცილებელია სხვა ქიმიური ელემენტები, რომელთა შემცველობა მცენარეებში, თითოეული ცალკე აღებული ელემენტისათვის არ აღემატება პროცენტის მეასედს.

მიკროელემენტების შემცველ სასუქებს ეწოდება მიკროსასუქები.

ამათუიმ მიკროელემენტის უკმარისობა ვლინდება სპეციფიური დაავადებებით, რასაც მოყვება მცენარეებში ნივთიერებათა ცვლის რღვევა და მოსავლიანობის შემცირება. მაგალითად, დადგენილია რომ ბორის უკონლობა იწვევს შაქრის ჭარხლის ზრდის წერტილების კვდომას, გულის სიდამპლეს; ტორფიან ნიადაგებზე სპილენძის უკმარობისას არ ხდება თესლის გამონასკვა; კოჟრის ბაქტერიები ვერ ბოჭავენ ჰაერიდან აზოტს მოლიბდენის გარეშე და სხვა.

მიკროსასუქების გამოყენებით შესაძლებელია მოსავლიანობის მნიშვნელოვანი ზრდა და პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესება. ამიტომ, არ შეიძლება მცენარეთა განოყიერების მეცნიერული საფუძვლების შემუშავება მიკროსასუქების როლის გათვალისწინების გარეშე. დიდი მნიშვნელობა გააჩნია შემდეგ მიკროელემენტებს: ბორი, მანგანუმი, სპილენძი, მოლიბდენი, თუთია, კობალტი და იოდი. მათ ჯგუფში ჩვეულებრივ რთავენ მაგნიუმს და რკინას, რომლებიც მკაცრად რომ ითქვას არ წარმოადგენენ მიკროელემენტებს, რამდენადაც მათი შემცველობა მცენარეებში 0, 01 %-ზე მეტია.

მრავალი მიკროსასუქი ფართოდ არის დანერგილი სასოფლო-სამეურნეო საწარმოებში. ეს პირველ რიგში ეხება ბორიან სასუქებს, აგრეთვე მრეწველობის ისეთ ანარჩენებს, როგორცაა კოლჩედანის ნამწვი (სპილენძის წყარო), მანგანუმის შლამი (მანგანუმის წყარო).

სხვადასხვა მცენარეებში მიკროელემენტების შემცველობას გააჩნია ფართო ზღვარი. მაგალითად, ძირხვენები, სამყურა, მარცვლოვანი პარკოსნები შეიცავენ გაცილებით მეტ ბორს, ვიდრე პურეული მარცვლოვნები. როგორც წესი, მცენარეები კონკრეტული მაკრო ან მიკროელემენტის მცირე შემცველობით, ნაკლებ მომთხოვნი არიან ამ კონკრეტულ ელემენტზე, ვინაიდან კმაყოფილდებიან იმ რაოდენობით, რომელსაც მოიპოვებენ ნიადაგში, ხოლო ის მცენარეები, რომლებიც შეიცავენ რომელიმე მიკროელემენტს დიდი რაოდენობით, მათ გააჩნიათ მოთხოვნილება ამ ელემენტზე, როგორც სასუქზე.

უმნიშვნელოვანესი მიკროსასუქების და სხვა მიკროელემენტების შემცველი სასუქების გამოყენების მოკლე მიმოხილვა

ბორიანი სასუქები, ელემენტი ბორი (B).

ბორის მჟავა- H_3BO_3 , შეიცავს 17,5 % ბორს;

ბურა- $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, შეიცავს 11,3 % ბორს;

ბორმაგნიუმისანი სასუქები, შეიცავს 1-2 % ბორს., ბორის მჟავას სამრეწველო ანარჩენი;

ბორის შემცველი საბადოები, შეიცავენ 3 %-მდე ბორს.

განსაკუთრებით დიდია ბორის მნიშვნელობა თესლის მისაღებად და მოსავლის ხარისხის გასაუმჯობესებლად (მატულობს შაქრიანობა შაქრის ჭარხალში, სახამებელი კარტოფილში, ცხიმის პროცენტულობა მზესუმზირის თესლში და სხვა).

მარცვლოვნები სუსტად რეაგირებენ ბორიანი სასუქების შეტანაზე.

ბორის უკმარისობისას მცენარეს ეწყება კენწეროს გაფერმკრთალება, ქლოროზი და ზედა ნაწილის ახალგაზრდა ფოთლების გაუხეშება, კოკრების, ყვავილებისა და ნასკვების ჩამოცვენა; ხეხილოვნებს მეტნაკლებად უყვითლდებათ და ეჭმუჭნებათ ფოთლები., ხდება ნაყოფის ნაწილობრივ კვდომა. ბორის ნაკლებობისას მცენარეში წყალი ცუდად გადაადგილდება.

არსებობს ბორიანი სასუქის შეტანის ორი მეთოდი: 1) ნიადაგში შეტანა, როგორც ძირითადი სასუქის, ან გამოსაკვებად და 2) ფესვგარეშე შეტანა-შესხურება, ან შეფრქვევა.

ნიადაგში შეტანის მეთოდით, ბორიანი სასუქი შეაქვთ: ა) გაზაფხულზე, კულტივაციასთან ერთად; ბ) მწვრივებში, შაქრის ჭარხლის თესვისას სხვა სასუქებთან შერევით; გ) ზედაპირული, საგაზაფხულო გამოკვების ფორმით, სათესლე იონჯისა და სამყურასათვის.

ნიადაგები, რომლებზეც ვლინდება ბორიანი სასუქების ზემოქმედება: ეწერი, განსაკუთრებით მათი მოკირიანებისას; ნემომპალა-კარბონატული და ეწერიანი დაჭაობებული ნიადაგები; რუხი და გამოტუტვილი შავმიწები.

სათესლე მრავალწლიანი პარკოსანი ბალახებისათვის, სათესლე შაქრის ჭარხლისათვის, ბოსტნეული კულტურებისათვის და საკვები ძირხვენებისათვის შემუშავებულია ბორით მცენარეთა ფესვგარეშე გამოკვების მეთოდი. ამ მეთოდის მიხედვით, მცენარეებს შეაფრქვევენ ან შეასხურებენ ბორმაგნიუმიანი სასუქის ხსნარს მათი ბუტონიზაციიდან ყვავილობამდე პერიოდში. ფესვგარეშე გამოკვებისას ბორის დოზა მცირდება 3-4-ჯერ ნიადაგში შეტანასთან შედარებით, ეფექტურობის დაქვეითების გარეშე.

შეფრქვევა ხორციელდება: 1) ქიმიკატების საფრქვევით, 2) მარლის მომცრო ტომრებით და 3) სათესლეებისათვის სასუქების მარტივად შეფრქვევით. ბორის დოზა-0,5 კგ/ჰა. ბორმაგნიუმიანი სასუქზე გადაანგარიშებით, რომელიც შეიცავს 1 % ბორს, ეს დოზა შეადგენს 50 კგ/ჰა-ს.

შესხურება ხორციელდება ბორმაგნიუმიანი სასუქების წყალხსნარებით, ბორის 0,025 %-იანი კონცენტრაციით. დოზა-0,25 კგ/ჰა ბორი (რაც პასუხობს 1 % ბორის შემცველ 25 კგ ბორმაგნიუმიანი სასუქს) იხსნება 100 სათლ წყალში. შესხურება ხდება, როგორც ტექნიკის გამოყენებით, ისე ხელით.

ბორის დოზები ნიადაგში შეტანისას (1 ჰა-ზე): სამყურასათვის 1-2 კგ, სელისათვის 0,5-1,5 კგ, იონჯისათვის 2-3 კგ, ჭარხლისათვის 1-1,5 კგ.

მიკროელემენტების შემცველი სასუქების დოზების გამოსათვლელად (კგ-ით 1 ჰა-ზე) მიკროელემენტის დოზას ამრავლებენ 100-ზე და ყოფენ იმ რიცხვზე, რომელიც გამოსახავს სასუქში მიკროელემენტის პროცენტულ შემცველობას. მაგალითი: საჭიროა შეტანილი იქნას 1,5 კგ/ჰა ბორიანი სასუქი ბურას სახით, რომელიც შეიცავს 11,3 % ბორს, $\frac{100 \times 1,5}{11,3} = 13,3$ კგ ბურა.

მანგანუმიანი სასუქები, ელემენტი მანგანუმი (Mn).

გოგირდმჟავა მანგანუმი, კრისტალური-MnSO₄ · 4H₂O, შეიცავს 24,6 % მანგანუმს.

მანგანუმის შლამი, ჭიათურის საბადო- მანგანუმის სამრეწველო ანარჩენები, შეიცავს 9-15 % მანგანუმს.

მანგანუმზე დადებითი რეაქციის მქონე კულტურებია: ხორბალი, ქერი, შვრია, შაქრის ჭარხალი, სუფრის და საკვები ჭარხალი, სიმინდი, პრასა, კანაფი, თამბაქო, კომბოსტო, კარტოფილი, პამიდორი, ხეხილოვნები.

მცენარეში მანგანუმის უკმარისობის სიმპტომებია ფოთლების სიყვითლე (ქლოროზი), დასაწყისში ლაქებად, შემდგომში მასიურად (კარტოფილი, კომბოსტო, პამიდორი); მარცვლეულთა ფოთლებს უჩნდებათ თეთრი ან მოყავისფრო ზოლებრივი ლაქები; ჭარხლის ფოთლები იძენენ სწორად მდგარ სამკუთხედის ფორმას; ხეხილოვნებს სიყვითლე ეწყებათ ფოთლის ფირფიტის პერიფერიული ნაწილებიდან და მიდის შუაგულისაკენ.

ნიადაგები, რომლებზეც ვლინდება მანგანუმის სასუქების გავლენა: შავმიწები, კარბონატული და გამოტუტვილი, ყავისფერი და დამლაშებული ნიადაგები, ძლიერ მოკირიანებული ეწერი და სარწყავი რუხი ნიადაგები.

გამოყენების მეთოდები: ხვნასთან ერთად, დოზით 1,5-დან 3 ც-მდე 1 ჰა-ზე შეიტანება შლამი., ბუდნებში და მწკრივებში 20-დან 100 კგ-მდე 1 ჰა-ზე. იყენებენ აგრეთვე მანგანუმის ხსნად მარილებს (გოგირდმჟავა მანგანუმი) ხეხილის შესასხურებლად. ხსნარის კონცენტრაციაა 0,06-0,08 % მანგანუმი, 0,15 % ჩამქრალი კირის დამატებით.

სპილენძიანი სასუქები, ელემენტი სპილენძი (Cu).

გოგირდმჟავა სპილენძი (სპილენძის კუპარისი), კრისტალური-CuSO₄ · 7H₂O, შეიცავს 25,9 % სპილენძს.

კოლჩედანის (პირიტის) ნამწვი, გოგირდმჟავას და ცელულოზა-ქაღალდის სამრეწველო ანარჩენი, შეიცავს 0,3-0,4 და 1 %-მდე სპილენძს.

სპილენძიანი სასუქები განსაკუთრებით ეფექტურია ასათვისებელ, დაბლობის დამშრალ ტორფიან ნიადაგებზე, სადაც სპილენძის შეტანის გარეშე ხშირად ვლინდება მარცვლოვნების დაავადება, რომელსაც უწოდებენ „თეთრ ჭირს“.

ტორფიანებზე სპილენძის შეტანაზე დადებითად მგრძნობიარე კულტურებია: ხორბალი, შვრია, ქერი, კანაფი, კარტოფილი, საკვები ბალახები, ბოსტნეული.

მცენარეებში სპილენძის უკმარისობის სიმპტომებია ფოთლების წვეროების გათეთრება, კიდეებს ეძლევათ მოყვითალო-ნაცრისფერი. ელემენტის ძლიერი უკმარისობისას ფოთლები ხმება, ჩნდება თეთრი ფერის თესლის არმქონე თავთავები.

შესატანი დოზები. სპილენძიანი სასუქები შეაქვთ 4-5 წელიწადში ერთხელ შემოდგომით, ან ადრე გაზაფხულზე, ანგარიშით-500 კგ/ჰა კოლჩედანის (პირიტის) ნამწვი, ან 25 კგ/ჰა სპილენძის კუპარისი.

თუთიის სასუქები, ელემენტი თუთია (Zn).

გოგირდმჟავა თუთია, თუთიის სულფატი (თუთიის კუპარისი), კრისტალური-ZnSO₄ · 7H₂O, შეიცავს 22,8 % თუთიას.

თუთიის ჟანგი-(ZnO).

თუთიის უკმარისობა აღმოჩენილია, როგორც მექანიკური შედგენილობის მხრვ სხვადასხვაგვარ ნიადაგებზე (თიხნარი, ქვიშიანი), ასევე მჟავიანობით განსხვავებულ ნიადაგებზე. ეს ალბათ დაკავშირებულია ნიადაგწარმომქმნელ ქანებში თუთიის სხვადასხვა ოდენობით შემცველობებზე. კირის და ფოსფორიანი სასუქების უხვად გამოყენება აზრკოლებს მცენარეთა მიერ თუთიის შეთვისებას. დადგენილია (მაგნიციკი), რომ ბაღებში იონჯის მოყვანა ამცირებს ხეხილის შიმშილს თუთიისადმი.

მომრავი თუთიის ყველაზე ნაკლები შემცველობით გამოირჩევა კარბონატული ნიადაგები, რომელთა რეაქცია უახლოვდება ნეიტრალურს. მჟავე ნიადაგებზე ეს მიკროელემენტი უფრო მეტად მოძრავია, ვიდრე ნეიტრალურ და სუსტ ტუტეებზე.

მინდვრის პირობებში, თუთიაზე შიმშილის სიმპტომებს შედარებით ხშირად ავლენს ლობიო, სოია, სიმინდი, ფართოდ არის გავრცელებული ხეხილოვნებში. ვაშლისათვის თუთიის უკმარისობა იწვევს მცენარის „წვრილფოთლიანობას“, რაც განსაკუთრებით შესამჩნევია გაზაფხულზე. ეს ფოთლები არის მეტად მწვანე და კიდებზე დატალღული, ფირფიტის შუა ნაწილი იფარება ქლოროზის ლაქებით. ასეთ ყლორტებზე ნაყოფი არ წარმოიქმნება, ან არის წვრილი და ფორმადაკარგული. თუთიაზე ხანგრძლივი (რამოდენიმე წელი) შიმშილის შემდეგ ყლორტები კვდებიან.

თუთიის უკმარობას ალუბალი ავლენს თითქმის ისევე, როგორც ვაშლი.

ლობიოს ფოთლებს ძარღვთშორისებში უჩნდებათ ქლოროზი, რასაც მოსდევს ქსოვილების კვდომა ყავისფერი ლაქების გაჩენასთან ერთად.

შესატანი დოზები. თუთიის უკმარისობის აღმოსაფხვრელად ნიადაგში შეაქვთ 20-40 კგ გოგირდმჟავა თუთია 1 ჰა-ზე. თუმცა, კარბონატულ ნიადაგებზე ეს მეთოდი არაეფექტურია. ბაღებში იყენებენ გოგირდმჟავა თუთიის 0,05 %-იან ხსნარს მცენარეებზე შესასხურებლად. ხეების მოსვენების პერიოდში შესასხურებელი ხსნარის კონცენტრაცია შეიძლება გაზრდილი იქნას 0,25-0,5 %-მდე. თუთიაზე შიმშილის ასაცილებლად, ბაღის რიგთშორისებში, თესვენ იონჯას. თუმცა მისი ჩახვნის შემდეგ, თუთიის უკმარისობის სიმპტომები კვლავ იწყებს განახლებას.

მოლიბდენის სასუქები, ელემენტი მოლიბდენი (Mo).

მოლიბდენმჟავა ამონიუმი (ამონიუმის მოლიბდატი)-(NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O, შეიცავს 54 % მოლიბდენს.

ნატრიუმ-ამონიუმის მოლიბდატი, შეიცავს 35-36 % მოლიბდენს და მცირე რაოდენობით სოდას.

მცენარეთა მოთხოვნილება მოლიბდენზე ჩვეულებრივ ვლინდება მჟავე ნიადაგებზე, როდესაც pH ნაკლებია 5,2-ზე. კირის შეტანისას ნიადაგში მატულობს მოლიბდენის მოძრავი ფორმა და მცენარეთა მიერ მათი შეთვისება. შედეგად, მცირდება ან მთლიანად აღმოფხვრება მცენარეთა მოთხოვნილება მოლიბდენიან სასუქებზე.

მოლიბდენის უკმარისობაზე ყველაზე მგრძობიარეა იონჯა, სამყურა, და სხვა პარკოსანი ბალახები, სამარცვლე პარკოსანი კულტურები, აგრეთვე ყვავილოვანი და თავხვეული კომბოსტო, სალათა, ისპანახი, პამიდორი.

მოლიბდენიანი სასუქის გამოყენებით იზრდება მოსავლიანობა, უმჯობესდება მისი ხარისხი: მატულობს ცილოვანი ნივთიერებები, ვიტამინები.

მოლიბდენიან სასუქებს ფართოდ იყენებენ მჟავე ეწერ-ლებიან ნიადაგებზე და ტყის რუხ თიხნარებზე სამარცვლე პარკოსანი კულტურებისა და პარკოსანი ბალახებისათვის.

პარკოსანი კულტურებისათვის მოლიბდენიანი სასუქის გამოყენების ერთ-ერთი ეფექტური ღონისძიებაა პარკოსანთა თესლის თესვისწინა დამუშავება ამონიუმის მოლიბდატის, ან ნატრიუმ-ამონიუმის მოლიბდატის მცირე რაოდენობის ხსნარით (25 გ/ჰა მოლიბდენი). მოლიბდენის აღნიშნულ რაოდენობას შეიცავს 50 გ ამონიუმის მოლიბდატი, ან 80 გ ნატრიუმ-ამონიუმის მოლიბდატი. მარილის მოცემულ დოზას ხსნიან მცირე რაოდენობის წყალში და თესვამდე რამოდენიმე დღით ადრე შეასხურებენ (ასველებენ) თესლს.

მოლიბდენიანი სასუქები მიზანშეწონილია მოხმარებული იქნას ფესვგარეშე გამოსაკვებად. ამისათვის, მცენარეთა ზრდის პერიოდში მას ასხურებენ 0,02 %-იან ამონიუმის მოლიბდატს, ან სხვა გახსნილ მარილს (100 გ/3ა ელემენტი). პარკოსანი კულტურებისათვის მოლიბდენი შეიტანება ფოსფორ-კალიუმის სასუქების ფონზე.

მაგნიუმის სასუქები, ელემენტი მაგნიუმი (Mg).

გოგირდმჭავა მაგნიუმი კრისტალური (მწვავე მარილი)- $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, შეიცავს 9,9 % მაგნიუმს.

დუნიტი- $Mg_2SiO_4 \cdot Fe_2SiO_4$, შეიცავს 24-27 % მაგნიუმს.

კალიუმ-მაგნიუმის კონცენტრატი (კალიმაგი)- $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$, შეიცავს 30-38 % K_2SO_4 , 39-40 % $MgSO_4$, 4,5 % KCl, და 8-10 % NaCl.

მაგნიუმის სასუქების ფორმები სხვადასხვაგვარია. უმრავლეს შემთხვევაში მაგნიუმის შეტანა უთავსდება ნიადაგის მოკირიანებას მაგნიუმის შემცველი მასალით, ან სხვა სასუქების შეტანას.

მაგნიუმის სასუქებს შედგენილობის მიხედვით ყოფენ მარტივ (მაგნიუმი, დუნიტი და სხვა) და რთულ სასუქებად, რომლებიც შეიცავენ ორ და მეტ საკვებ ნივთიერებას: აზოტოვან-მაგნიუმის (ამმოშენიტი, ამონიუმის გვარჯილა-დოლომიტი); ფოსფოროვან-მაგნიუმის (მაგნიუმის მდნარი ფოსფატი); კალიუმ-მაგნიუმის (კალიუმ-მაგნიუმის კონცენტრატი, კალიმაგნიუმი, პოლიგალიტი, კაინიტი, კარნალიტი და სხვა); ბორმაგნიუმის (მაგნიუმის ბორატი); მაგნიუმის კირქვა (დოლომიტი, დოლომიტიზირებული კირქვები და მათი გადამუშავების პროდუქტები); აზოტის, ფოსფორის და მაგნიუმის შემცველები (მაგნიამონიფოსფატები); კალიუმ-მაგნიუმის სასუქების უმრავლესობა შეიცავს გოგირდს.

სხვადასხვა ნიადაგებზე მაგნიუმის საერთო შემცველობა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია დედაქანის შედგენილობაზე. ქვიშიან დედაქანზე წარმოქმნილი ნიადაგები შეიცავენ მაგნიუმს მცირე რაოდენობით, ხოლო თიხნარებსა და თიხებზე წარმოქმნილ ნიადაგებს გააჩნიათ გაცილებით მეტი მაგნიუმი.

ზოგადად, ნიადაგში მაგნიუმის შენაერთების რაოდენობით ჭარბობს წყალში მხელადხსნადი და მცენარეებისათვის ნაკლებად მოხმარებადი სილიკატები და ალუმოსილიკატები. მცენარის მაგნიუმით კვების ძირითადი წყარო-გაცვლითი მაგნიუმი შეადგენს ნიადაგში არსებული მისი საერთო მარაგის 5-10 %-ს. სხვადასხვა ნიადაგები შეიცავენ სხვადასხვა რაოდენობის გაცვლით მაგნიუმს. ამ მხრივ, ღარიბია ქვიშიანი და ქვიშნარი ნიადაგები, რომლებზედაც 1 ჰა სახნავი ფენა შეიცავს 30-180 კგ MgO-ს. მაგნიუმით ღარიბი ნიადაგებია ასევე წითელმწიბები და ზოგიერთი ტორფიანი ნიადაგები, სადაც მცენარეები ხშირად განიცდიან მაგნიუმის უკმარისობას.

მაგნიუმზე მცენარეთა მოთხოვნილება დამოკიდებულია კულტურათა სახეობაზე და მათ მოსავლიანობაზე. მოცემული საკვები ნივთიერება დიდი რაოდენობით გამოაქვს შაქრის და საკვებ ჭარხალს, კარტოფილს., მცირე რაოდენობით-მარცვლეულ კულტურებს და მარცვლოვან ბალახებს., შუალედური ადგილი უკავიათ პარკოსან ბალახებს.

მაგნიუმის არ შემცველი მინერალური სასუქების მაღალი დოზების გამოყენებისას მცენარეებს უძლიერდებათ ამ ელემენტზე მოთხოვნილება.

ნიადაგის ხსნარში სხვა იონების (კალიუმის, ამონიუმის, ნატრიუმის, და კალციუმის კათიონები) მნიშვნელოვანი სიჭარბის შემთხვევაში სუსტდება მცენარის მიერ მაგნიუმის შეთვისება. ნატრიუმი ამცირებს მაგნიუმის შეთვისებას ნატრიუმის მოყვარული მცენარეებისათვის (ჭარხალი, კომბოსტო, ქერი და სხვა).

ნიადაგის მჟავე რეაქცია და ნიადაგურ ხსნარში მისგან განპირობებული ალუმინისა და მანგანუმის დაგროვება ასევე ძლიერ ასუსტებს მაგნიუმის შეთვისებას. ნიტრატული აზოტით მცენარის კვება პირიქით, უადვილებს მას ნიადაგიდან მაგნიუმის შთანთქმას.

ქვიშიან და ქვიშნარ მიადაგებზე, ასევე წითელმიწებზე, მაგნიუმის სასუქების შეტანა უნდა იყოს სასუქების სისტემის აგროტექნიკურ ღონისძიებათა აუცილებელი პირობა. ქვიშიან და ქვიშნარ ნიადაგებზე მაგნიუმის დოზა 1 ჰა-ზე შეადგენს 20-40 კგ MgO-ს. რაც უფრო ნაკლებია მაგნიუმი ნიადაგში და რაც უფრო მჟავეა ნიადაგი, მით უფრო მაღალი მაგნიუმის სასუქის დოზაა საჭირო. მჟავე ნიადაგებზე თუ არ შეიტანება ნაკელი, ხსნადი მაგნიუმის სასუქი გამოყენებული უნდა იქნას ყოველ წელს. ნეიტრალურთან ახლო რეაქციის მქონე ნიადაგებზე მაგნიუმი გამოირეცხება სუსტად და მაგნიუმის სასუქები შეაქვთ მხოლოდ ამ ელემენტზე მომთხოვნი კულტურებისათვის.

მაგნიუმის შემცველი კარბონატული მასალებით ნიადაგის მოკირიანებისას, მცენარე მთლიანად უზრუნველყოფილია მაგნიუმის საკვები ნივთიერებით თესლბრუნვის ერთი-ორი როტაციის განმავლობაში. მჟავე ნიადაგებზე საჭიროა შეტანილი იქნას დუნიტი და მაგნიუმის სხვა სილიკატები გაზრდილი დოზებით (5-10 ც 1 ჰა-ზე) ხვნასთან ერთად.

კალიმაგნეზის და კალიუმ-მაგნიუმის კონცენტრატის შეტანა კალიუმის სასუქების დოზებით სრულად უზრუნველყოფს მცენარის მოთხოვნილებას მაგნიუმზე.

ყველა ხსნადი სასუქები უმჯობესია შეტანილი იქნას ნიადაგის გაზაფხულზე დამუშავებისას. უხვი ნალექების რაიონებში, ან სარწყავებში ნაკლებად ხსნად მაგნიუმის შემცველ სასუქებს (დოლომიტი, დუნიტი) გააჩნიათ უპირატესობა წყალში ხსნად სასუქებთან შედარებით.

მდელოებსა და სამოვრებზე მაგნიუმის სასუქების შეტანით არა მხოლოდ იზრდება სათიბ-სამოვრების პროდუქტიულობა, არამედ საკვები მდიდრდება მაგნიუმით.

თუ მაგნიუმის სასუქები არ შეიტანებოდა თესვის წინ, ფოთლის ანალიზებით, ან ვიზუალურად დგინდება მცენარეთა შიმშილი მაგნიუმზე და ატარებენ გამოკვებას. ასეთ შემთხვევაში იყენებენ მხოლოდ წყალში ხსნად მანგანუმის სასუქებს და შეაქვთ ფესვთან რაც შეიძლება ახლოს, სარწყავ წყალთან ერთად. გამოკვებისას შეაქვთ ძირითადი სასუქის დოზის 1/2., ძლიერი შიმშილის დროს იყენებენ მთლიან დოზას.

რკინა, (Fe).

გოგირდმჟავა რკინის ქვეჟანგი (რკინის კუპარისი)-FeSO₄ · 7H₂O, შეიცავს 20,4 % რკინას.

რკინა არის დედამიწის ქერქის ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული ელემენტი. ნიადაგში მისი შემცველობა მერყეობს 1-დან 5 %-მდე. რკინით განსაკუთრებით მდიდარია საქართველოს წითელმიწები, რომლებშიც მისი შემცველობა ადის 10-11 %-მდე. ამ ელემენტით განსაკუთრებით ღარიბია მსუბუქი ქვიშნარი ნიადაგები (1 %-ის ფარგლებში). მიუხედავად ნიადაგებში რკინის საკმაოდ მაღალი საერთო შემცველობისა, ხსნადი, მცენარეებისათვის შესათვისებელი რკინის შენაერთების უკმარისობა ხშირად იჩენს თავს.

რკინა აუცილებელია ყველა მცენარის სასიცოცხლოდ. რკინის შემცველობა მცენარეში შეადგენს მისი ნედლი მასის მეასედ პროცენტს. სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსავლიანობებით 1 ჰა-დან გამოიტანება დაახლოებით 0,6-9 კგ მოცემული ელემენტი. მცენარეები ყველაზე ხშირად რკინის უკმარისობას განიცდიან კარბონატულ და ძლიერად მოკირიანებულ ნიადაგებზე. ნიადაგში რკინის ნაკლებობის საპასუხოდ მცენარეებს ასხურებენ რკინის კუპარისის 0,05-0,5 %-იან ხსნარს. რამდენადაც ფოთლებზე დატანილი რკინა რჩება ადგილზე და მეტად სუსტად გადაადგილდება მცენარის ახალ, მზარდი

ნაწილებისაკენ, ხოლო ხსნარის მაღალი კონცენტრაცია იწვევს ფოთლების დაწვას, შესხურებას იმეორებენ რამოდენიმეჯერ. მცენარის მოსვენების პერიოდში იყენებენ უფრო კონცენტრირებულ ხსნარს (3-10 %-იანი).

რკინიანი სასუქის გამოყენებისას, კარგი შედეგი მიიღება რკინის კომპლექსური ორგანული შენაერთების მოხმარებით, სახელწოდებით-ხელატები, რომლებიც არიან ადვილად ხსნადები და არ კავდებიან ნიადაგის მიერ. თუმცა, კარბონატულ და ტუტე ნიადაგებზე, ეს შენაერთები მალე იშლებიან.

რკინის ხელატები შეიძლება შეტანილი იქნას ნიადაგში და ასევე გამოყენებული იქნას მცენარის დასამუშავებლად. შესასხურებლად იყენებენ 0,1 %-იან ხსნარს.

კარბონატულ ნიადაგებზე ხეხილოვანი მცენარეები შეიძლება განიცდიდნენ რკინის უკმარისობას. ასეთ შემთხვევაში ვლინდება ფოთლების მკვეთრი სიყვითლე (ქლოროზი), რომლის საწინააღმდეგოდ რეკომენდებულია ხეების შესხურება რკინის კუპარისის 0,04-0,08 %-იანი ხსნარით, მასში 0,15 % ჩამქრალი კირის დამატებით.

რთული სასუქები

სასუქებს, მცენარისათვის საჭირო ორი ან სამი ძირითადი საკვები ელემენტის შემცველობით უწოდებენ რთულს ანუ კომპლექსურს. გარდა ძირითადი საკვები ნივთიერებებისა სასუქის შედგენილობაში შეიძლება შედიოდეს მაგნიუმი, ასევე მიკროელემენტები: ბორი, მანგანუმი, თუთია, მოლიბდენი და სხვა.

დღეისათვის დაგროვილი დიდი მეცნიერული და საწარმოო გამოცდილება მოწმობს კომპლექსური სასუქების მაღალ ეფექტურობას პრაქტიკულად ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის განსხვავებულ ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში. კომპლექსურ სასუქებს გააჩნიათ რიგი უპირატესობა მარტივ სასუქებთან შედარებით, რაც გამოიხატება იმით, რომ მათში არ არსებობს, ან მცირე რაოდენობითაა ბალასტი, მაშინ როდესაც მარტივ სასუქებში ის საკმაოდ ბევრია. მაგალითად, მარტივი სუპერფოსფატი შეიცავს 14-20 % P_2O_5 -ს, დანარჩენი 80-86 % წარმოადგენს უსარგებლო მინარევს; ამონიუმის სულფატში 20 % არის აზოტი, ხოლო მთავარ ნაწილს შეადგენს გოგირდმჟავას ნარჩენები, რომელიც უმრავლეს შემთხვევაში არ ჭირდება მცენარეს და ხშირად მავნე გავლენასაც ახდენს მასზე. არასასურველ მინარევებს მიეკუთვნება აგრეთვე ქლორი და ზოგიერთი სხვა ელემენტი. რთული სასუქები უფრო მეტად კონცენტრირებულნი არიან, ვიდრე ცალმხრივები., ამის კვალობაზე, გააჩნიათ მეტი ტრანსპორტაბელურობა და საჭიროებენ ნაკლებ ხარჯებს გადაზიდვასა და ნიადაგში შესატანად.

მიუხედავად აღნიშნული დადებითი თვისებებისა, კომპლექსურ სასუქებს გააჩნიათ ნაკლოვანებებიც. მარტივი სასუქების გამოყენებისას არსებობს მეტი შესაძლებლობა ცალკეული საკვები ელემენტების დოზებისა და მათ შორის თანაფარდობების დასადგენად, ნიადაგების თვისებებზე და მცენარეთა მოთხოვნილებებზე დამოკიდებულებებით. მოვიტანთ რამოდენიმე მაგალითს: პარკოსანი კულტურებისათვის (სამყურა, იონჯა და სხვა) საჭიროა შეტანილი იქნას მხოლოდ ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქები, რომლებიც რთულ სასუქებში იმყოფება აზოტთან ერთად. ასეთ შემთხვევაში აზოტი არ იქნება მოხმარებული მწარმოებლური მნიშვნელობით; საშემოდგომო კულტურებისათვის არ არის მიზანშეწონილი აზოტიანი სასუქები შეტანილი იქნას თესვამდე, ან შეიტანება მცირე რაოდენობით, მაშინ როდესაც სრული სასუქიდან აზოტის გამორიცხვა, ან მისი დოზის შემცირება შეუძლებელია; საშემოდგომო კულტურების გაზაფხულზე გამოსაკვებად ძირითადად საჭიროა აზოტიანი სასუქები, ხოლო ფოსფორიანები მიზანშეწონილია შეიტანებოდეს თესვამდე ხვნასთან ერთად. მცენარეთა ამგვარი განოყიერების განხორციელება კომპლექსური სასუქების გამოყენებით ვერ ხერხდება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, კომპლექსური სასუქების შემუშავებული ასორტიმენტის მეცნიერულად სწორი გამოყენების საფუძველია მათი მოქმედების ფიზიკური კანონზომიერებები განსხვავებულ კლიმატურ ზონებში, ნიადაგის ნაყოფიერებისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ბიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით.

ჩვენი ქვეყნის მრავალფეროვანი ნიადაგურ-კლიმატური პირობები განსხვავებულ ზეგავლენას ახდენენ თუნდაც ერთი და იმავე კულტურის ზრდა-განვითარებაზე. ამიტომ საჭიროა გამოვიყენოთ მოსაყვანი კულტურის ტერიტორიული გაადგილების შესაბამისი ძირითადი საკვები ელემენტების თანაფარდობების მქონე კომპლექსური სასუქები.

კომპლექსური სასუქები დაყოფილია ორმაგ (ფოსფორ-კალიუმისანი, აზოტ-ფოსფორისანი, აზოტ-კალიუმისანი) და სამმაგ (აზოტ-ფოსფორ-კალიუმისანი) სასუქებად. ქიმიურ მრეწველობაში გამოყენებული ტექნოლოგიური მეთოდების მიხედვით იყოფიან რთულ, რთულ-შერეულ და შერეულ სასუქებად. გარდა ამისა, კომპლექსური სასუქები ჯგუფდებიან მყარ და თხევად სასუქებად. ეს უკანასკნელი მიეკუთვნება რთულ სასუქებს და ეწოდება რთული თხევადი სასუქი (რთს).

კალიუმის გვარჯილა (აზოტმჟავა კალიუმი, ან კალიუმის ნიტრატი)-KNO₃. რთული აზოტ-კალიუმისანი სასუქი, შეიცავს არანაკლებ 13,5 % ნიტრატული ფორმის N-ს და 45,6 % K₂O-ს. წარმოადგენს კრისტალურ თეთრ ფხვნილს, მოყვითალო-რუხი შეფერვით. იგი უბალასტოა, წყალში იხსნება კარგად, ახასიათებს სუსტი ჰიგროსკოპულობა. ფიზიოლოგიურად ტუტე სასუქია. შენახვისას შეიძლება დაიბეღოს. მისი გამოყენება ეფექტურია კარტოფილის, თამბაქოს, ვაზისა და სხვა კულტურებისათვის, რომლებიც უარყოფითად რეაგირებენ ქლორზე. მისი გამოყენების დროს, თუ მცენარეს ესაჭიროება აზოტი, ის უნდა დაემატოს მარტივი აზოტისანი სასუქის ფორმით, ხოლო ფოსფორის ნაკლებობისას ემატება მარტივი ფოსფორისანი სასუქი.

კალიუმის გვარჯილას უარყოფითი მხარეა დიდი შეფარდება აზოტსა და კალიუმს შორის (1:3,5), რაც ამცირებს როგორც რთული სასუქის უპირატესობას და ზღუდავს მის გამოყენებას ჭარხლის, კარტოფილის და ბოსტნეული კულტურების საგვიანო გამოკვებისათვის.

ამოფოსი-NH₄H₂PO₄ და დიამოფოსი (NH₄)₂HPO₄. ამოფოსის წარმოება ემყარება თავისუფალი ფოსფორმჟავას ამიაკით გაჯერებას. გაჯერების გაგრძელების შემთხვევაში მიიღება დიამოფოსი.

ამოფოსი შეიცავს 11-12 % N-ს და 36-დან 49 %-მდე P₂O₅-ს, ანუ შეფარდება N:P₂O₅ არის ძალიან ფართო, თითქმის 1:4-თან. დიამოფოსში N შეადგენს 19-21 %-ს, P₂O₅ 49-53 %-ს, თანაფარდობა N:P₂O₅ ტოლია 1:2,5. მოცემული სასუქები არიან მაღალკონცენტრირებულნი, მცენარისათვის აზოტისა და ფოსფორის კარგად შესათვისებელი, წყალხსნადი ფორმების შემცველნი. ამოფოსისა და დიამოფოსის აზოტს მცენარეები შეითვისებენ როგორც ამონიუმის, ისე ნიტრატული ფორმით (ამიაკის ნიტრიფიკაციის შემდეგ).

სასუქების შეტანა შეიძლება, როგორც მცენარეთა ძირითადი განოყიერებისას, ასევე ვეგეტაციის განმავლობაში მათ გამოსაკვებად. რამდენადაც სასუქები აზოტს შეიცავენ 2,5-4-ჯერ ნაკლებს, ვიდრე ფოსფორს, მათი ნიადაგში შეტანა აუცილებლად უნდა მოხდეს სხვა აზოტისანი სასუქებთან ერთად.

ამოფოსის და დიამოფოსის თესვამდე შეტანა რიგ შემთხვევებში შეიძლება ჩატარდეს სხვა აზოტისანი სასუქების დამატების გარეშე. ასეთი მოქმედება გამართლებულია საშემოდგომო კულტურების განოყიერების შემთხვევაში, რადგან ამოფოსში და დიამოფოსში აზოტის ნაკლებობა კომპენსირდება გამოკვების დროს აზოტისანი სასუქების შეტანით.

ამოფოსი და დიამოფოსი, ისე როგორც ყველა ამონიუმთან სასუქი ფიზიოლოგიურად მჟავაა, თუმცა მათი მჟავიანობა მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ქლორიან ამონიუმთან და გოგირდმჟავა ამონიუმთან შედარებით. მათ შეიძლება ფართო გამოყენება ჰპოვონ ყველა კულტურისათვის შავმიწებზე, ყავისფერ და რუხ ნიადაგებზე, სადაც ხშირად ვლინდება ფოსფორის სიმცირე, ხოლო კალიუმით ეს ნიადაგები ჩვეულებრივ უზრუნველყოფილი არიან.

დიამოფოსკა (მარკა A NPK-1 10:26:26).

აზოტიან-ფოსფორიან-კალიუმთან კომპლექსური სასუქი, საკვები ნივთიერებებით მაღალკონცენტრირებული.

გამოდის მოწითალო, ან ვარდისფერი, 6 მმ ზომის გრანულების სახით.

მიიღება ფოსფორმჟავას ნეიტრალიზაციით დიამონიტროფოსფატამდე, შემდგომი დიამონიზაციის და სასუქის შედგენილობაში კალიუმის შენაერთების შეყვანით.

სასუქი შეიცავს: 10 % აზოტს ამონიუმის ფორმით (NH_4), P_2O_5 -არანაკლებ 26 %, K_2O -26 %, წყალი 1,5 %-მდე; მინარევების სახით სასუქში შეიძლება არსებობდეს გოგირდი, კალციუმი, მაგნიუმი, თუთია, მანგანუმი, სპილენძი, რკინა, კაჟი (ტალი). არ შეიცავს ქლორს.

დიამოფოსკა არაჰიგროსკოპულია, არ იბელტება და კარგად მოიფანტება., არის ფიზიოლოგიურად ნეიტრალური სასუქი (pH-7).

დიამოფოსკას შემადგენლობის ქიმიური შენაერთები ნიადაგში შეტანით დისოცირდებიან ცალკეულ იონებად: ამონიუმის იონები NH_4^+ , ორთოფოსფორმჟავას იონები H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} და კალიუმის იონად K^+ .

დიამოფოსკა გამოიყენება, როგორც მაღალეფექტური სასუქი ყველა ტიპის ნიადაგზე ყველა კულტურისათვის. განსაკუთრებით ეფექტურია აზოტით კარგად უზრუნველყოფილ ნიადაგებზე, ტორფიან და ფოსფორ-კალიუმით დაბალი შემცველობის მქონე ნიადაგებზე.

ნალექების უკმარისობით დამახასიათებელ რაიონებში დიამოფოსკა შეიტანება ხნულის მთელ სიღრმეზე, ხოლო ჭარბტენიან რაიონებში-მხოლოდ ზედაპირულად.

რეკომენდებულია დიამოფოსკა გამოყენებული იქნას ნიადაგის ძირითადი განოყიერებისას, აგრეთვე თესვის თანმიყოლებით (უპირატესად მწკრივთშორისებში შეტანით) და მცენარეთა ფესვური და ფესვგარეშე გამოსაკვებად მთელი ვეგეტაციის განმავლობაში.

დიამოფოსკა ზრდის ყველა კულტურული მცენარის მოსავლიანობას, აუმჯობესებს პროდუქციის ხარისხს., იმავდროულად ამალღებს მცენარეთა მედეგობას დაავადებებისადმი, მავნებლებისა და არასასურველი გარემო პირობების მიმართ (გვალვა, მოყინვა და სხვა).

ნიტროფოსები და ნიტროფოსკები

აზოტმჟავას საფუძველზე აპატიტის ან ფოსფორიტის დაშლით წარმოებულ რთულ სასუქებს უწოდებენ ნიტროფოსფატებს.

აზოტმჟავით აპატიტის ან ფოსფორიტის დაშლით მიიღება დიკალციუმფოსფატი და კალციუმის ნიტრატი- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{CaHPO}_4$. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -ის ძლიერი ჰიგროსკოპულობის გამო, მიღებული ნარევი ცუდი ფიზიკური თვისებების მქონეა. მისი ფიზიკური თვისებების გასაუმჯობესებლად ჭარბ კალციუმს გამოაცალკეებენ ხსნარიდან და გადააქვთ სხვა შენაერთში. ნარევეს უმატებენ ამიაკს და გოგირდმჟავას, ან ამონიუმის სულფატს (სულფატური სქემა). ამ დროს წარმოიქმნება ამონიუმის ნიტრატი და თაბაშირი.

შეიძლება ნარევის დაემატოს ნახშირმჟავა (კარბონატული სქემა). პირველ შემთხვევაში სასუქი შედგება დიკალციუმფოსფატის, ამონიუმის ფოსფატის, ამონიუმის ნიტრატის და თაბაშირისაგან. მეორე შემთხვევაში-დიკალციუმფოსფატის, ამონიუმის ნიტრატის და კალციუმის კარბონატისაგან.

იყენებენ აგრეთვე კალციუმის ნიტრატის გაყინვის მეთოდს, როდესაც ნარევი მუშავდება ამიაკით და გოგირდმჟავათი. შედეგად მიიღება ამონიუმის ნიტრატისა და დიკალციუმფოსფატისაგან შემდგარი სასუქები. ასეთ სასუქებს უწოდებენ ნიტროფოსებს. ნიტროფოსებს თუ დაემატება KCl მიიღება სამმაგი სასუქები-ნიტროფოსკები.

ნიტროფოსკა- $\text{NH}_4\text{NO}_3+(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4+\text{KCl}$, ან K_2SO_4 . ნიტროფოსებზე ქლორკალიუმის დამატებით წარმოიქმნება მარილები (NH_4Cl , KNO_3), ნიტრატამონიუმზე ნაკლებ ჰიგროსკოპულები.

ნიტროფოსკებში აზოტი და კალიუმი იმყოფება ადვილადხსნადი შენაერთების ფორმით (NH_4NO_3 , NH_4Cl , KNO_3 , KCl), ხოლო ფოსფორი, ძირითადად წყალში უხსნადი სახით, მაგრამ მცენარისათვის შესათვისებელი დიკალციუმფოსფატის და ნაწილობრივ წყალხსნადი ამონიუმის ფოსფატის ფორმით. ნიტროფოსფატების სახეობების მიხედვით, საკვები ნივთიერებების შემცველობები განსხვავებულია.

ნიტროფოსკებში, წარმოების საშუალებებზე დამოკიდებულებით საკვები ნივთიერებების რაოდენობა შეადგენს 35-52 %-ს, სადაც მათი საერთო შემცველობა შეიძლება მერყეობდეს: 10-17 %-N, 8-30 %- P_2O_5 , 12-20 % K_2O .

ნიტროფოსკები იწარმოება 2,5-4 მმ ან 1,65-2,8 მმ ზომის გრანულების სახით.

სასუქები შეიტანება ნიადაგის ძირითადი განოყიერებისას თესვამდე, აგრეთვე თესვასთან მიყოლებით მწკრივთშორისებში და ბუდნებში., გამოიყენება ასევე მცენარეთა დამატებითი გამოკვებისათვის. მათი ეფექტურობა პრაქტიკულად ისეთივეა, როგორც მარტივი სასუქების ნარევის ექვივალენტური რაოდენობის.

ნიტროფოსკებს გააჩნიათ აზოტს, ფოსფორსა და კალიუმს შორის განსაზღვრული თანაფარდობები და რამდენადაც სხვადასხვა ნიადაგები განსხვავდებიან ცალკეული საკვები ნივთიერებების შემცველობებით და მცენარეთა მოთხოვნილებაც მათზე არაერთგვაროვანია, ნიტროფოსკების შეტანისას (ისე როგორც სხვა რთული სასუქების შემთხვევაში) ხშირად აუცილებელია ზოგიერთი კორექტირება, ანუ ამათუიმ საკვები ელემენტის უკმარისობის შემთხვევაში მათი დამატებითი შეტანა მარტივი სასუქების სახით.

ნიტროფოსი- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2+\text{CaHPO}_4$. წარმოადგენს რთულ, აზოტიან-ფოსფორიან სასუქს. მიიღება ისე, როგორც ნიტროფოსკა, ბუნებრივი ფოსფატების აზოტმჟავათი დაშლით, ან აზოტის და ფოსფორის მჟავათა ნარევით, შეიძლება აგრეთვე გოგირდმჟავათი, მაგრამ არ ხდება კალიუმის მარილების დამატება. შეიცავს 20 % N-ს და 20 % შესათვისებელ ფოსფორს (P_2O_5), მათ შორის წყალხსნადი ფორმით 10 %-ს. სასუქი გამოიცემა გრანულების სახით. მისი გამოყენება შეიძლება ყველა ნიადაგზე, ნებისმიერი კულტურისათვის, იმ შემთხვევაში, როდესაც აუცილებელია აზოტისა და ფოსფორის ერთობლივი შეტანა, ხოლო კალიუმით მცენარე უზრუნველყოფილია.

ნიტროამოფოსი. წარმოადგენს რთულ აზოტიან-ფოსფორიან სასუქს. მიიღება აზოტისა ფოსფორის მჟავათა ნარევის ამიაკით განეიტრალების გზით და წარმოქმნილი რბილობის შემდგომი გრანულირებით. საბოლოო პროდუქტი გამოირჩევა საკვები ნივთიერებების მაღალი შემცველობით და იძლევა ფართო შესაძლებლობას მის შედგენილობაში არსებულ აზოტსა და ფოსფორს შორის შეფარდების ცვლილებებით მოთხოვნილების შესაბამისი თანაფარდობის მისაღებად.

ნიტროამოფოსი უბალასტო სასუქია, რომელშიც არის 58 % ამონიუმის გვარჯილა და 42 % მონოამონიუმფოსფატი. იგი შეიძლება გამოიყენოს 10-30 % აზოტის და 27-14 % წყალხსნადი P_2O_5 -ის შემცველობით.

ნიტროამოფოსი გამოიყენება ყველა ტიპის ნიადაგზე, ნებისმიერი სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის, როდესაც აუცილებელია აზოტისა და ფოსფორის შეტანა, როგორც ძირითადი, ისე თესვის თანმიყოლებით, აგრეთვე მცენარეთა დამატებითი გამოკვებისათვის.

ნიტროამოფოსს თუ დაემატება ქლორკალიუმი მიიღება სამმაგი კომბინირებული სასუქი ნიტროამოფოსკა.

ნიტროამოფოსკა- $NH_4H_2PO_4+NH_4NO_3+KCl$. შეიცავს სამივე ძირითად საკვებ ელემენტს წყალხსნადი ფორმით. მას ღებულობენ ფოსფორისა და აზოტმჟავას ნარევის ამიაკით განეიტრალების საშუალებით, წარმოქმნილ მდნარ მასაში კალიუმის მარილების (KCl ან K_2SO_4) დამატებით და მისი გრანულირებით (გამოდის 1-დან 3-4 მმ-მდე ზომის გრანულების სახით). ნიტროამოფოსკა უბალასტო რთული სასუქია, საკვები ნივთიერებების შემცველობა მერყეობს 47-52 %-ის ფარგლებში. სასუქის კომპონენტების შემადგენლობისა და მათი რაოდენობრიობის რეგულირების გზით ღებულობენ საკვებ ნივთიერებათა (N , P_2O_5 , K_2O) სხვადასხვა თანაფარდობების პროდუქტს. მისი გამოყენება შეიძლება ყველა ნიადაგზე, ნებისმიერი კულტურისათვის, როგორც ძირითადი განოყიერებისას, ისე თესვის თანმიყოლებით და მცენარეთა დამატებითი გამოკვებისათვის.

მინერალური სასუქების დოზების განსაზღვრა

1 ჰა-ზე: $\frac{a \cdot 100}{b}$, სადაც a-საწყისი დოზა კგ-ით,

b-საკვები ნივთიერება %-ით.

მონაკვეთზე: $\frac{a \cdot s}{b \cdot 100}$, სადაც a-საწყისი დოზა კგ-ით, (1 ჰა-ზე გაანგარიშებით),

s-მონაკვეთის ფართობი m^2 ,

b-საკვები ნივთიერება %-ით.

ცალმხრივი (მარტივი) შერეული სასუქების შესატანი დოზები 1 ჰა-ზე დგინდება ფორმულით, როგორც ზემოთ მოტანილი ერთი მარტივი საკვები ნივთიერების შესატანი დოზისა. განსხვავება არის მხოლოდ შერეული საკვები ნივთიერებების ჯამური რაოდენობის განსაზღვრაში. მაგალითად, საჭიროა შევიტანოთ შერეული სასუქი შედგენილობით: ამონიუმის გვარჯილა, სუპერფოსფატი, ქლორკალიუმი. თითოეული საკვები ნივთიერების დოზა (პირობითად) არის 60 კგ/ჰა. ამისათვის, $\frac{60 \cdot 100}{34,5} = 175$ კგ, ანუ 1,75 ც ამონიუმის გვარჯილა; $\frac{60 \cdot 100}{19,5} = 308$ კგ, 3,1 ც სუპერფოსფატი; $\frac{60 \cdot 100}{60} = 100$ კგ, 1 ც კალიუმის მარილი. შერეული სასუქის ჯამური რაოდენობა 1 ჰა-ზე იქნება $1,75 + 3,1 + 1 = 5,85$ ც.

სასუქების დოზების განსაზღვრის არსებული მეთოდებიდან ყველაზე მეტ ყურადღებას იმსახურებს დაგეგმილი მოსავლით ნიადაგიდან საკვები ნივთიერებების გამოტანის მეთოდი.

თითოეულ კულტურას, მოსავლიანობის დონეზე დამოკიდებულებით, ნიადაგიდან გამოაქვს საკვები ნივთიერებების განსაზღვრული რაოდენობა. ვიცით რა, ნიადაგში საკვები ნივთიერებების შემცველობა და

მცენარეთა მიერ ამ ნივთიერებათა გამოტანა, გვეძლევა შესაძლებლობა გავიანგარიშოთ სასუქების დოზები დაგეგმილი მოსავლისათვის. ამისათვის საჭიროა შემდეგი მონაცემები:

1. საკვები ნივთიერების გამოტანა კგ-ით 1 ც ან 1 ტ ძირითადი და თანმდევი პროდუქციით;
2. გამოყენების კოეფიციენტები მინერალური (საჭიროების შემთხვევაში ორგანული) სასუქებიდან;
3. საკვები ნივთიერებების რეზერვები ნიადაგში (კარტოგრამებით), ან თქვენს მიერ ჩატარებულ ნიადაგური ანალიზებით;
4. დაგეგმილი მოსავალი და საშუალო ფაქტიური მოსავლიანობა გასული ხუთიწლის მანძილზე (ბოლო ერთი წლის მაინც).

მაგალითად, თუ დაგეგმილი გვაქვს მივიღოთ საშემოდგომო ხორბლის მოსავალი 3 ტ/ჰა, ხოლო წინა წლებში მოსავლიანობა შეადგენდა საშუალოდ 1.8 ტ/ჰა-ს. დაგეგმილ და ფაქტიურ მოსავლიანობას შორის სხვაობა შეადგენს 1.2 ტ-ს. მოსავლის ასეთი მატება უზრუნველყოფილი უნდა იქნას სასუქების შეტანით. საცნობარო მონაცემებით განისაზღვრება აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის საჭირო რაოდენობა 1.2 ტ ხორბლის მისაღებად და გავიანგარიშება სასუქების დოზები, მათი გამოყენების კოეფიციენტის გათვალისწინებით. მცენარეები აზოტიანი სასუქებიდან გამოიყენებენ საშუალოდ 60-65 % საკვებ ნივთიერებას, ფოსფორიანიდან-20 %, კალიუმიანიდან-70-80 %. საშემოდგომო ხორბლის 1 ტ პროდუქციას გამოაქვს საშუალოდ: N 35 კგ, P₂O₅ 10 კგ, K₂O 24 კგ.

მოტანილი მაგალითისათვის, საკვები ნივთიერებების გამოტანის გათვალისწინებით, სასუქები იანგარიშება საშემოდგომო ხორბლის 1,2 ტ მოსავლის მატებაზე გათვლით, რომელიც გამოიტანს საკვები ნივთიერებების შემდეგ რაოდენობას:

$$\text{აზოტი } 1,2 \times 35 = 42 \text{ კგ,}$$

$$\text{ფოსფორი } 1,2 \times 10 = 12 \text{ კგ,}$$

$$\text{კალიუმი } 1,2 \times 24 = 28,8 \text{ კგ}$$

ვიციტ რა, მცენარეთა მიერ სასუქებიდან საკვები ნივთიერებების გამოყენების რაოდენობა, ისაზღვრება სასუქების დოზები:

$$\text{აზოტი} = \frac{42 \times 100}{65} = 64 \text{ კგ,}$$

$$\text{ფოსფორი} = \frac{12 \times 100}{20} = 60 \text{ კგ,}$$

$$\text{კალიუმი} = \frac{28,8 \times 100}{70} = 41 \text{ კგ.}$$

სასუქების მიღებული რაოდენობა საკვებ ნივთიერებებში საჭიროა გადაყვანილი იქნას საწარმოში არსებული სასუქების დოზებზე.

სასუქების დოზების გაანგარიშების მოტანილი მეთოდის გამოყენებისას ჩვენ უშვებთ, რომ მოსავლის ფორმირება ხორციელდება ყველა სამი საკვები ელემენტის მონაწილეობით. ეს არის ამ მეთოდის ნაკლი, რამდენადაც პრაქტიკაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სხვადასხვა შემთხვევებს. მაგალითად, როდესაც მოსავალი შემოიფარგლება ერთი, ან ორი, ან სამი საკვები ნივთიერებით, ან სხვა საკვები ელემენტებით, გარდა ე. წ. სრული (NPK) სასუქებისა.

სასუქების დოზების დასაზუსტებლად, საკვები ნივთიერებების გამოტანის მიხედვით, ჩვეულებრივ თვლიან, რომ ერთი სეზონის განმავლობაში თავთავიან კულტურებს შეუძლიათ ნიადაგიდან გამოიყენონ

ფოსფორი 10-15 %, კალიუმი 20-30 %, ხოლო სათოხნ კულტურებს-ფოსფორი 15-20 % და კალიუმი 30-40 %, ამ საკვები ნივთიერებების მოძრავი ფორმების საერთო შემცველობიდან. 100 გ ნიადაგზე 1 მგ ფოსფორისა და კალიუმის შემცველობა შეესაბამება დაახლოებით 1 ჰა სახნავ ფენაში 30 კგ საკვებ ნივთიერებებს. აზოტიანი სასუქები შეიტანება კვლევის დაწესებულებების რეკომენდაციებით.

აღსანიშნავია, რომ კომპლექსური სასუქების ეფექტურობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსაყვანად, უფრო მკაფიოდ ვლინდება ნიადაგის ტიპიურობის მახასიათებლებისა და ნაყოფიერების დონის შესაბამისი ფორმების სწორი შერჩევით, კულტურათა ბიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით და გარკვეულ ორგანულ სასუქებთან, ან პოლიმერული ტიპის აბსორბენტთან ერთობლივი გამოყენებით, რაც დადასტურდა 2016-2019 წ.წ. სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის ნიადაგის ნაყოფიერების კვლევის სამსახურის მიერ ჩატარებული მინდვრის სტაციონალური, მრავალფაქტორიანი ცდით.

საველე ცდა მოეწყო გორის მუნიციპალიტეტის სოფ. შინდისის საცდელ-სადემონსტრაციო ნაკვეთზე, მდელის ყავისფერი ნიადაგის პირობებში. საცდელად შეირჩა რეგიონში ადაპტირებული სიმინდის ჯიში „ქართული კრუგი“. ცდის საწყის ეტაპზე, ლაბორატორიული კვლევებით დადგინდა ნიადაგის ნაყოფიერების დონის განმსაზღვრელი პარამეტრები.

გრანულომეტრული შედგენილობით ნიადაგი მიეკუთვნება მსუბუქი თიხა კატეგორიის ნიადაგებს (ფიზიკური თიხის შემცველობა არ აღემატება 74,5 %-ს); ნიადაგს გააჩნია ტუტე არეს რეაქცია (pH წყლის გამონაწერში-8,19); ორგანული ნივთიერების მხრივ ხასიათდებოდა დაბალი შემცველობით (2,64-3,60 %); მცენარისათვის ხელმისაწვდომი ძირითადი საკვები ელემენტები მგ/კგ ნიადაგზე შეადგენდა: აზოტი (N) 30,1-მაღიან დაბალი, ფოსფორი (P₂O₅) 17,3-დაბალი, კალიუმი (K₂O) 393,94-მაღალი. სიმინდისათვის pH-ის ოპტიმალური ინტერვალაა 6,0-7,0. ამიტომ, საცდელი ნიადაგის ტუტე არეს რეაქციის, მისი მსუბუქი თიხა მექანიკური შედგენილობის, ორგანული ნივთიერების დაბალი შემცველობის და ძირითადი საკვები ნივთიერებების ურთიერთთანაფარდობათა ძლიერი განსხვავების გათვალისწინებით შეირჩა აღნიშნული პირობებისათვის მისაღები სამმაგი, რთული კომპლექსური სასუქი ნიტროამოფოსკა NH₄H₂PO₄+NH₄NO₃+KCl მარკა-A 16:16:16., ვეგეტაციის განმავლობაში, მცენარეთა აზოტით ორჯერადი გამოკვებისათვის გამოიყენებოდა ნიტრატამონიუმი (NH₄NO₃). ცდაში ჩართული იყო პოლიმერული ტიპის სუპერაბსორბენტი-ტერავეტი, აგრეთვე 100 %-ით ნატურალური თხევადი ორგანული სასუქი ბიოდეპოზიტ ელექსირი და ლატვიური საპროპელისაგან დამზადებული თხევადი ორგანული სასუქი საპრო ელექსირი (ბ.დ.ე. და ს.ე.). ცდის სამი წლის საშუალო ციფრობრივმა მონაცემებმა გვიჩვენა, რომ სიმინდის კულტურის საუკეთესო მოსავალი (მარცვალი, ჩალა) მიღებულია ბ.დ.ე-ის და ს.ე-ის ერთობლივი გამოყენებით ნიტროამოფოსკას აგროტექნიკური დოზის (ა.ტ.დ.)-N₉₀P₉₀K₉₀ ნიადაგში შეტანის ფონზე. მარცვლის საჭექტრო მოსავლიანობამ შეადგინა 5,12 ტ, რაც უსასუქო ვარიანტს აღემატება 2,6 ტ-ით, ხოლო ნიტროამოფოსკას ა.ტ.დ-ის დამოუკიდებლად გამოყენებით მიღებულ მოსავლიანობასთან შედარებით მეტია 1 ტ-ით. აღნიშნული ორგანული სასუქები ვეგეტაციის განმავლობაში მოიხმარებოდა ორჯერ-სიმინდის „საგველას“ გამოტანის და მარცვლის რძისებრი სიმწიფის ფაზებში, ფესვარეშე გამოკვების მეთოდით. ბ.დ.ე. წარმოადგენს თხევად ორგანულ, ე.წ. ჰუმუსურ კონცენტრატს., არის ეკოლოგიურად უსაფრთხო, შეიცავს მიკრო და მაკრო ელემენტების ბალანსირებულ კომპლექსს, კრავს მძიმე მეტალებს მცენარისათვის მიუღებელ ფორმებში და ამალავს სასუქების ეფექტურობას. მისი საპროელექსირთან ერთობლივი გამოყენებით მატულობს ეფექტურობა, ვინაიდან საპროპელის შემადგენლობა (ჰუმუსური კომპლექსი, ამინომჟავები, მაკრო და 20-მდე მიკრო ელემენტი და ა.შ.) დამატებით დადებით გავლენას ახდენს საკვები ელემენტების მცენარისათვის ხელმისაწვდომ, ადვილად შესათვისებელ ფორმებში გარდასაქმნელად, რაც კიდევ უფრო აქტიურდება რთული სასუქების ფონზე მათი გამოყენებით. სასუქების ამგვარმა კომბინაციამ გამოიწვია ნიადაგის

ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მეტ-ნაკლები ცვლილებები, რაც დადასტურდა ცდის დასასრულს ნიადაგის ლაბორატორიული კვლევებით. ცდის დასაწყისში ნიადაგი გრანულომეტრული ფრაქციების ზომებით ($1,025 < 0,001$ მმ, ფიზიკური თიხის შემცველობა-74,5 %) მიეკუთვნებოდა მსუბუქი თიხა კატეგორიის ნიადაგებს. ცდის დასასრულს ფრაქციათა ზომები ($0,05-0,01$ მმ, ფიზიკური თიხის შემცველობა-28,9 %) მიუთითებს, რომ გარკვეულწილად შეიცვალა ნიადაგის მექანიკური შედგენილობა და წარმოგვიდგა მსხვილი მტვრის შემცველ მსუბუქ თიხნარ ნიადაგად; pH-ის სიდიდე არსებითად არ შეცვლილა (8,39) და ნიადაგი კვლავ მიეკუთვნება ტუტე არეს მქონეთა კატეგორიას. მისი სიდიდე ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობასთან და ჰუმუსის რაოდენობასთან ერთად მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ნიადაგის შთანთქმის ტევადობას. ზოგადად, კათიონების შთანთქმის ტევადობა ტუტე არეში ყოველთვის მაღალია, ვიდრე მჟავებში. ცდის დასაწყისში მისი სიდიდე იყო 33,47 მგ. ექვ./100 გ, ცდის დასასრულს მაღლდება და შეადგინა 41,31 მგ. ექვ./100 გ ნიადაგზე; ჰუმუსის შემცველობის მხრივ არის მცირედი, მაგრამ მაინც ზრდის ტენდენცია, რაც გამოიხატა ცდის საწყის ეტაპზე მისი 2,64 %-დან ცდის დასასრულისათვის 2,82 %-მდე მატებით. ყოველივე ეს აიხსნება მცენარეთა მინერალური კვების პირობების გაუმჯობესებით და უკავშირდება, როგორც კომპლექსური სასუქების ნიადაგში თანაბარზომიერად განაწილებას, ისე თოთოეულ გრანულში რამოდენიმე საკვები ელემენტის არსებობას, რაც უმსუბუქებს ფესვთა სისტემას მათ შეთვისებას და მცენარე მოიხმარს აზოტს, ფოსფორს და კალიუმს მისთვის საჭირო რაოდენობით. ცდის დასაწყისში (მგ/კვ): მცენარისათვის ხელმისაწვდომი აზოტი ძალიან დაბალი შემცველობიდან-30,1 მატულობს დაბალ შემცველობამდე და აღწევს 47,1-ს; ფოსფორი (P_2O_5) საწყისი დაბალი შემცველობიდან-17,3 მატულობს საშუალოზე მაღალ შემცველობამდე-38,8; კალიუმი (K_2O) საწყისი ძალიან მაღალი შემცველობიდან-393,94 მცირდება საშუალო შემცველობამდე-175,33.

არსებობს პირდაპირი დამოკიდებულება მარცვლის მოსავლიანობასა და მცენარის საერთო მასას შორის, ანუ ძლიერი ბიომასის მცენარეებს შესწევთ უნარი ძირითად პროდუქციასთან ერთად მოგვცეს მეტი თანმდევი პროდუქცია, ე. ი. მეტი საფურაჟე ნედლეული.

ცდაში გამოვლინდა, რომ მარცვალში საკვები ელემენტების ჯამურ შემცველობასა და მოსავლიანობას შორის დამოკიდებულება უმრავლეს შემთხვევაში არაერთგვაროვანია, რაც აიხსნება შემდეგი ვითარებით: მცენარეებისათვის მახასიათებელია მინერალური მარილების იონების შერჩევითი შეთვისება (ხშირად, მცენარის ნაცრის შედგენილობა მკვეთრად განსხვავდება ნიადაგური ხსნარის შედგენილობისაგან). მცენარეში შეღწეული მინერალურ ნივთიერებათა იონების ქცევა სხვადასხვაგვარია. ზოგიერთი მათგანი (NO_3 , NH_4 , H_2PO_4) უშუალოდ მონაწილეობენ ორგანული შენაერთების სინთეზში, სხვები (K, Ca, Na და სხვა) არ შედიან ამ შენაერთების შედგენილობაში, თუმცა შეუძლიათ მოახდინონ გავლენა მცენარის მიერ მათი შეთვისების სიჩქარეზე, შეიძლება პირიქით (იონთა ანტაგონიზმი). მაგალითად, კალიუმი რომელიც არის უმნიშვნელოვანესი ელემენტი სიმინდის ნიადაგური კვებისა, აზოტისა და ფოსფორისაგან განსხვავებით არ მონაწილეობს მცენარეული უჯრედის წარმოქმნაში, მაგრამ არეგულირებს მცენარეში მიმდინარე უმნიშვნელოვანეს ფიზიოლოგიურ პროცესებს, აძლიერებს ნახშირწყლებისა და ცილების წარმოქმნის პროცესს. აქვე აღვნიშნავთ, რომ ცდის სხვადასხვა ვარიანტებზე და მათ ანალოგიურად, ნიტროამოფოსკას ფონზე ორგანული სასუქების ბ.დ.ე-ის და ს.ე-ის ერთობლივი გამოყენებით გამოვლინდა მჭიდრო კორელაცია მარცვალში საერთო აზოტის რაოდენობასა და ნედლი ცილას შემცველობას შორის. ცილის შემცველობა, თითქმის ყოველთვის შეესაბამება აზოტის რიცხოვრივ სიდიდეებს და ამ უკანასკნელის მატებას, ან კლებას ყოველთვის მოყვება ცილის შემცველობის ადექვატური ცვლილება. ამ მხრივ, საუკეთესო აღმოჩნდა სასუქების აღნიშნული კომბინაცია, სადაც მარცვალში აზოტისა ცილის შემცველობა შეადგენდა შესაბამისად კომპონენტებისა 2,47 და 13,8 %-ს.

საცდელი ნაკვეთის ქვესახნავი ფენის ნიადაგის პასტის ფილტრატების ხვედრითი ელექტროგამტარობა არ აღემატება 2 დეცისიმ./მ-ს, რაც FAO-ს კატეგორიების გრადაციით ნიადაგი არ არის დამლაშებული და სრულიად დასაშვებია მასზე სიმინდის და სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოყვანა.

ბიოდეპოზიტ-ელექსირის მოხმარების წესები და ხარჯვითი ნორმა

ბიოდეპოზიტ ელექსირი გამოიყენება ყველა სახის მცენარის გამოკვებისათვის, ნებისმიერ ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში, მცენარეთა განვითარების ყველა ფაზაში, თესლის დამუშავებიდან ვეგეტაციის ბოლომდე, ფესვური და ფოთლოვანი კვების სახით. არ არის რეკომენდებული ელექსირის გამოყენება ქლორის შემცველ პრეპარატებთან. სასურველია გაიხსნას წყაროს, მდინარის, ჭის ან გამოხდილ წყალში. მოხმარების წინ შეანჯღრიეთ. განსაკუთრებით ეფექტურია ბიოდეპოზიტ ელექსირის და საპრო ელექსირის ერთობლივი გამოყენება.

1. ბოსტნეული, ბაღჩეული:

- 1.1. ნიადაგის სტანდარტული მომზადება: მოასხურეთ სამუშაო ხსნარი ნიადაგს შეფარდებით-1ლ ელექსირი 1500 ლ წყალი, შემოდგომით ან გაზაფხულზე., შემდგომ განახორციელეთ თესვა.
- 1.2. თესლი დაამუშავეთ ელექსირის ხსნარში 8-13 სთ-ის განმავლობაში, ცალკე ან თესლის შესაწამლ საშუალებებთან ერთად. შესაწამლი საშუალებების ნორმა მცირდება 20 %-ით.
- 1.3. ფესვური მორწყვა თვეში ორჯერ, თანაფარდობით 1:1500. ხსნარის ხარჯი 1200-1500 ლ/ჰა. ელექსირის ხარჯი 800 გ-1 ლ ერთი დამუშავებისათვის.
- 1.4. ფოთლოვანი შესხურება ოთხჯერადად. ხსნარის გამოყენება შეიძლება ინსექტიციდებთან და ფუნგიციდებთან ერთად, ან მათ გარეშე. შესხურების ფაზებია: 1) 2-4 ფოთლის წარმოქმნა; 2) ბუტონიზაცია; 3) ყვავილობის დასაწყისი; 4) ნაყოფის ზრდა. თანაფარდობა 1 ლ ელექსირი 2000 ლ წყალი., ხსნარის ხარჯი 350-450 ლ/ჰა. ელექსირის ხარჯი 180-220 გ ერთ შესხურებაზე.

2. მწვანელი:

- 2.1. ნიადაგის სტანდარტული დამუშავება
- 2.2. თესლის დაღობვა 8-10 სთ-ის განმავლობაში, თანაფარდობით 1:1500 ლ
- 2.3. ფესვური კვება თვეში 1-2-ჯერ, თანაფარდობით 1:1500 ლ
- 2.4. ფოთლოვანი კვება 3-5-ჯერ, შეფარდებით 1:2000 ლ. ხსნარის ხარჯი 350-400ლ/ჰა.

3. მარცვლეული:

- 3.1. ნიადაგის სტანდარტული მომზადება
- 3.2. თესლის თესვისწინა დამუშავება 10-12 სთ-ის განმავლობაში ცალკე, ან თესლის შესაწამლ საშუალებებთან ერთად, თანაფარდობით 1:1500 ლ.
- 3.3. ფოთლოვანი კვება სამჯერადი (ჰერბიციდებთან ან ფუნგიციდებთან ერთად, ან მათ გარეშე). პირველი ფაზა-აღერება, მე-2 და მე-3 ფაზა-ყვავილობა, რძისებრი სიმწიფე. თანაფარდობა 1:1000, 1:1500 ლ. ხსნარის ნორმა 300-400ლ/ჰა.

მზესუმზირის, ლობიოს, ბარდას, ოსპის მოყვანისას პირველი შესხურება საჭიროა 2-4 ფოთლის ფაზაში, მე-2 შესხურება- ყვავილობის ფაზა, მე-3 შესხურება 10-15 დღის შემდეგ, თანაფარდობით 1:2000 ლ. ხსნარის ნორმა 350-450 ლ/ჰა.

სიმინდის შემთხვევაში, პირველი შესხურება უნდა მოხდეს „საგველას“ (ქოჩოჩი) გამოტანის ფაზაში, მე-2 შესხურება-მარცვლის რძისებრი სიმწიფე., თანაფარდობა 1:2000 ლ. ხსნარის ნორმა 350-450 ლ/ჰა.

4. ვაზი, ხეხილი:

- 4.1. ნერგების ამოვლება 24 სთ-ის განმავლობაში, თანაფარდობა 1:1500 ლ.
- 4.2. ფესვური მორწყვა თვეში 2-ჯერ, 10-20 ლ ერთ მცენარეზე, თანაფარდობა 1:1500 ლ
- 4.3. ფოთლოვანი კვება ვაზისათვის 4-6 შესხურება, თანაფარდობა 1:2000., პირველი ფაზა-ბუტონიზაცია, მე-2 ყვავილობის შემდგომ, მე-3 და მე-4 მტევნის ზრდის პერიოდი, მე-5 და მე-6 საჭიროებისამებრ.
ხეხილისათვის 3-4 შესხურება: პირველი-ბუტონიზაცია, მე-2 ნასკვების ჩამოცვენის დაწყება., მე-3 ნაყოფის ზრდის პერიოდი., მე-4 საჭიროებისამებრ. თანაფარდობა 1:2000 ლ, ხსნარის ნორმა 20 ლ ხსნარი 10-20 მცენარეზე.
ციტრუსი: ოთხჯერადი შესხურება. პირველი-ყვავილობის დამთავრებიდან 5-7 დღის შემდეგ., მეორე-ნასკვების ცვენის დაწყება., მესამე და მეოთხე 14-20 დღის ინტერვალით. თანაფარდობა 1:2000 ლ. ხსნარის ნორმა 20 ლ 10-20 მცენარეზე.
5. კარტოფილი:
 - 5.1. ტუბერების დაღობვა 2-3 სთ-ის განმავლობაში, ცალკე ან თესლის შესაწამლ საშუალებებთან ერთად. თანაფარდობა 1:1500 ლ.
 - 5.2. ფესვური კვება თვეში 2-ჯერ, თანაფარდობა 1:1500 ლ.
 - 5.3. ფოთლოვანი კვება სამჯერადი შესხურებით. პირველი 6-8 ფოთლის ფაზა, მე-2 ბუტონიზაცია, მე-3 ყვავილობა., თანაფარდობა 1:2000 ლ. ხსნარის ხარჯი 450-500 ლ/ჰა.

საპრო ელექსირი, პრეპარატული ფორმა-გელი

ბოლომდე იხსნება წყალში, არ შეიცავს ბალასტის მინარევებს, გამოიყენება როგორც მკაცრ კლიმატურ ზონებში, ასევე არასტაბილურ (გვალვა, ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება, ჭარბი ტენიანობა და ა. შ.) გარემოში. გამოიყენება ყველა სახის კულტურისათვის.

თესლის და ფესვების დამუშავება (დათესვა დარგვის წინ) 10-12 სთ. შეფარდება 1 ლ 300 ლ.

ფესვური გამოკვება ვეგეტაციის განმავლობაში 3-4-ჯერ. შეფარდება 1 ლ 250-300 ლ წყალთან.

ფესვგარეშე გამოკვება ვეგეტაციის განმავლობაში 3-6-ჯერ., თანაფარდობა 1 ლ 400-500 ლ წყალთან. სასარგებლოა შესხურება საწამლ საშუალებებთან ერთად (ფუნგიციდები, ჰერბიციდები, ინსექტიციდები და ა.შ.), რადგან მცენარე ადვილად იტანს სტრესს და უკეთესად გამოდის კრიზისული სიტუაციიდან.

სუპერაბსორბენტი ტერავეტი

ცდაში ჩართული იყო პოლიმერული ტიპის სუპერაბსორბენტი ტერავეტი, რომელიც დამზადებულია კალიუმის ფუძეზე. ტერავეტის ძირითადი თვისებაა წყლის შეწოვა (შთანთქმა), რომელსაც ინახავს მის შიგნით არსებულ თავისუფალ ფორებში. რათქმაუნდა ამ თვისებას იყენებს ნიადაგის ხსნარის მიმართებითაც, რომლის შეწოვით შთანთქმავს ხსნარში არსებულ საკვებ ნივთიერებებსაც, განსაკუთრებით ნიადაგის მორწყვისას. შემდგომ, მცენარე თანდათანობით (ვეგეტაციის განმავლობაში) ღებულობს აბსორბენტისაგან მისთვის საჭირო რაოდენობის წყალს და საკვებ ნივთიერებებს. ტერავეტის გამოყენების ძირითადი უპირატესობაა:

- მცენარეთა სარწყავი ნორმების შემცირება
- მცირე დანესტიანების დროსაც კი წყლის შეწოვა და ნიადაგის ნესტის შემანარჩუნებელი თვისების ამაღლება
- გამოყენება ცხელ და გვალვიან კლიმატურ ზონებში
- გამოყენების ხანგრძლივობა (10 წელი)

ჩვენს მიერ ჩატარებულ მინდვირს ცდაში, ტერავეტის სხვადასხვა კომბინაციებიდან საუკეთესო აღმოჩნდა მისი გამოყენება სასუქების აგროტექნიკურ დოზებთან ერთად (ფონი-N₉₀P₉₀K₉₀) თანმიყოლებული მორწყვით. მარცვლის მოსავალმა შეადგინა 4,7 ტ/ჰა, რაც უსასუქო ვარიანტს აღემატება 2 ტ-ით, ხოლო ფონურ ვარიანტს - 0,7 ტ-ით.

საკმაო ეფექტი გამოვლინდა აგროტექნიკური დოზების ფონზე ტერავეტის გამოყენებით, ნიადაგის მორწყვის გარეშე. ამ შემთხვევაში, მარცვლის საჰექტრო მოსავლიანობამ შეადგინა 4,4 ტ, რაც უსასუქო და ფონურ ვარიანტებს აჭარბებს 1,7 და 0,4 ტონით.

რაც ეხება ტერავეტის მოხმარებას ნიადაგის მორწყვით, თუ მოურწყავად, სასუქების გამოყენების გარეშე ვერ იძლევა ცდის სხვა კომბინაციებთან შედარებით უფრო მეტად სასურველ შედეგს.

შრალი პრეპარატის გამოყენებისას არ უნდა გადავაჭარბოთ დოზა, ამან შეიძლება გამოიწვიოს მცენარის გრუნტიდან ამოგდება, ვინაიდან 1 კგ პრეპარატს შეუძლია შეიწოვოს 400 ლ-მდე წყალი და გაიზარდოს მოცულობაში.

მზარდი ხეების და ბუჩქების გახმობისაგან დასაცავად შესაძლებელია ტერავეტის გრანულების შეტანა (ჩახვრეტის მეთოდი) ფესვთა სისტემის სიღრმეზე. დოზირება და შეტანის ტექნოლოგია დამოკიდებულია მცენარის ასაკზე. 5 წელზე მეტი ასაკის მცენარისათვის დოზა იზრდება 2-ჯერ. პრეპარატის შეტანის შემდეგ მცენარეები კარგად ირწყვება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. აგროქიმია, ბ.ა., იაგოდინის რედაქციით., მოსკოვი, „კოლოს“, 1982
2. ავდონინი ნ.ს., სასუქების გამოყენების მეცნიერული საფუძვლები., მოსკოვი, „კოლოს“, 1972
3. მაგნიცი კ., სასუქებზე მცენარეთა მოთხოვნილების დიაგნოზირება., „მოსკოვსკი რაზოჩი“, 1972
4. მარგველაშვილი გ., ნიადაგის ქიმიური ანალიზი., თბილისი, „საჩინო“, 2019
5. ჩანქსელიანი ზ., ზარდალიშვილი ო., აგროქიმიის ეკოლოგიური საფუძვლები., თბილისი, „საქართველო“, 1992
6. სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი., ნიადაგის ნაყოფიერების კვლევის სამსახურის პროექტი: მდელოს ყავისფერი ნიადაგების ნაყოფიერების ამაღლება კომპლექსური სასუქების გამოყენებით სიმინდის კულტურის მაგალითზე; სრული ანგარიში 2017-2019 წწ.