3. SOLUL CA MEDIU NATURAL DE NUTRIŢIE ŞI DE APLICARE A ÎNGRĂŞĂMINTELOR

3.1. Componentele solul Solul reprezintă pentru plantele cultivate un suport pentru creşterea sistemului radicular cu anumite însuşiri (permeabilitate, aeraţie, porozitate etc.), un rezervor de substanţe nutritive şi un intermediar prin care se aplică îngrăşămintele şi amendamentele. Solul - un sistem polidispers (în stare umedă se comportă ca un sistem coloidal) – este alcătuit în mod schematic din: • Faza solidă – 50% (minerală 45% şi organică 5%) • Faza lichidă – soluţia solului (25%) • Faza gazoasă (25%) Aceste componente se interpătrund, se influenţează reciproc, devin mediul natural de creştere şi dezvoltare al plantelor. Faza solidă reprezintă suportul şi principala sursă de elemente nutritive, faza lichidă un agent fizico-chimic, de transport al elementelor nutritive, iar faza gazoasă un mediu ce favorizează activitatea biologică din sol şi procesele de trecere a elementelor nutritive în forme accesibile plantelor.

3.1.1. Faza solidă a solului Componenta minerală a solului este alcătuită din minerale primare şi secundare (argile, oxizi şi hidroxizi de Fe, Al, Mn, Si), precum şi din diferite săruri. În structura bistratificată (1:1) straturile de tetraedri şi octaedri se repetă regulat; în structura tristratificată (2:1) succesiunea straturilor este: strat tetraedri-strat octaedri-strat tetraedri

Siliciul, legat în coordinare tetraedrică de patru atomi de oxigen, asigură patru sarcini negative libere. Catenele de tetraedri sau octaedri se dispun spaţial sub formă stratificată sau de pachete, cu sarcini negative permanente pe suprafeţele exterioare sau între structurile stratificate, sarcini care sunt satisfăcute de cationi încărcaţi pozitiv, ce se reţin în acest mod din soluţia solului. Particula de silice [SiO2]n în coordinare tetraedrică este electric neutră. Prin înlocuirea unei părţi din siliciu cu ioni de aluminiu, structura particulei se schimbă, luând forma [(SiO2)n-1 AlO2]. Sarcinile negative ale unei astfel de particule sunt neutralizate prin reţinerea cationilor din soluţia solului, particula devenind astfel purtătoarea capacităţii de schimb, în timp ce particula de SiO2 rămâne neutră. Participarea diferiţilor ioni în acest proces depinde în mare măsură de raza ionică. Mineral dioctaedric tristratificat cu formula: M2(Al3Mg)(Si7Al)O20 (OH)4 (M = cationi monovalenţi între straturi) (Scheffer - Schachtschabel, 1970) Particulele argiloase cele mai importante au structură bistratificată (caolinit 1:1) şi tristratificată (montmorillonit 2:1). În aceste minerale Si poate fi substituit de Al ceea ce duce la creşterea valenţelor nesaturate ale anionului complex silico-alumino-oxigenat, a căror sarcini se compensează cu cationii elementelor Na, Ca, Mg. Datorită structurii complexe a reţelei cristaline partea coloidală a solului capătă însuşiri diferite de schimb a cationilor. Capacitatea de schimb e legată de: sarcina negativă şi înlocuirile izomorfe în structura silicaţilor. Daca la o coordinare tetraedrică neutră[SiO2]n se înlocuieşte Si cu Al particula capătă sarcină negativă [(SiO2)n-1AlO2] - . Înlocuiri izomorfe în argile de tip montmorillonit pun în evidenţa însuşiri acidoide cu reţinere de cationi: ….O3Si2O2HOAl2OHO2Si2O3… neutră [O3Si2O2HOAlMgOHO2Si2O3] - (Al înlocuit) [O3Si2O2HOAl2OHO2SiAlO2] - (Si inlocuit) 57 Înlocuiri izomorfe în argile de tip caolinit pun în evidenţă însuşiri bazoide cu reţinere de anioni: (OH)2Al2(OH)2O2Si2O3 electroneutră [(OH)2Al2OHO2Si2O3] + +OH- electropozitivă

Hidroxizii de fier, aluminiu şi siliciu sunt compuşii amorfi din faza solidă a solului, aceştia se găsesc sub formă de gel sau precipitat, nelegaţi de siliciul din reţeaua cristalină şi posedă însuşiri bazoide contribuind la reducerea capacităţii de schimb cationic.

Hidroxizii de Fe şi Al au caracter amfoter, reacţionează ca un acid în mediu bazic şi ca o bază în mediu acid: [Fe(OH)3]n → [Fen(OH)3n-1] + + OH- [Fe(OH)3]n → [FenO(OH)3n-1] - + H+ [Al(OH)3]n → [Aln(OH)3n-1] + + OH- [Al(OH)3]n → [AlnO(OH)3n-1] - + H+ Hidroxizii de fier şi de aluminiu participă la capacitatea de schimb cationic a solului. Componenta anorganică (aluminosilicaţii) împreună cu cea organică formează complexul argilohumic sau complexul adsorbtiv al solului.

Componenta organică a solului. Noţiunea de sol este indisolubil legată de conţinutul acestuia în materie organică. Materia organică constituie una din principalele componente ale ecosistemului terestru, atât ca sursă de elemente nutritive pentru plantele de cultură, cât şi prin modul în care influenţează proprietăţile fizico-chimice şi activitatea microbiologică a solului. Substanţa organică provine din acumularea în timp a resturilor vegetale şi animale, aflate în diferite grade de descompunere. Materia organică din sol de origine vegetală şi animală suferă un proces de humificare care are 3 faze:

1) Iniţială de descompunere biochimică, în care predomină procese de oxidare şi hidroliză, etapă în care se formează radicali fenolici şi chinonici, care sunt unităţi structurale ale substanţelor humice;

2) Condensarea unităţilor structurale cu diverşi compuşi organici care conţin N; 58

3) Descompunere şi sinteză prin acţiunea unor microorganisme heterotrofe şi saprofite, rezultând CO2, NH3, H2O şi diferiţi compuşi şi ioni, procesul fiind cunoscut sub denumirea de mineralizarea substanţei organice din sol.

În urma acestor transformări rezultă numeroase substanţe, ca:

1. Substanţe HUMICE, stabile cu greutate moleculară mare, (acizi fulvici, humici, humine), cu însuşiri specifice coloidale care formează humusul stabil. Acizii componenţi ai humusului se pot uni cu : • Cationi bivalenţi formând HUMUS STABIL SATURAT – insolubil în apă • Ioni monovalenţi formând HUMUS NESATURAT – solubil în apă.

2. Substanţele NEHUMICE rezultate alcătuiesc humusul nutritiv. Materia organică se clasifică din punct de vedere: a. chimic: • substanţe humice (acizi humici solubili în soluţii alcaline, precipită în acizi minerali şi acizii fulvici solubili în soluţii alcaline, humine insolubile în hidroxid de sodiu) • substanţe nehumice b. funcţional: • humus stabil, • humus nutritiv c. morfogenetic: • humus brut (mor) este tipul cel mai imperfect de humus pentru mediu aerat, compoziţia este formată din resturi organice nemărunţite, are reacţie puternic acidă cu conţinut scăzut în azot. • moder, format în mediu aerat, este un intermediar între mullul necalcic forestier şi humusul brut cu resturi vegetale nedescompuse, cu compuşi cu grad mic de polimerizare. • mull, format în mediu aerat, există mullul calcic, saturat cu calciu, cu conţinut în acizi huminici puternic polimerizaţi, se formează în zonele de stepă şi silvostepă, dar şi în zone forestiere cu substrat calcaros, există şi mullul necalcic cu reacţie acidă format pe soluri ce nu conţin calcare şi marne, cu conţinut slab în acizi humici şi moderat polimerizaţi. • turba se formează în mediu neaerat, descompunerea este incompletă se formează doar produşi intermediari humificării. Materia organică este formată din resturi organice proaspete de origine vegetală şi animală şi humus. Humusul este componenta principală a materiei organice din sol. Reprezintă un amestec de substanţe macromoleculare rezultat prin descompunerea resturilor vegetale, urmată de sinteză în acizi humici şi humine.

Substanţele humice. Sunt o grupare de compuşi cu caracteristici comune (solubile în NH4OH sau NaOH, cu HCl precipită), structura compuşilor este complexă şi eterogenă. Substanţele humice conţin, alături de fragmente mai mari sau mai mici de lignină, proteine şi zaharuri, o serie de compuşi hidroxilici, acizi policarboxilici aromatici, chinone, heterocicli cu N 59 şi O, aminoacizi. Unităţile structurale sunt legate între ele prin diverse tipuri de legături : -O, - NH-, -N=, -CH2-, -C-O-, -S-S-, şi lanţuri de atomi de carbon de diferite lungimi.

Moleculele conţin câteva grupe reactive reprezentative: • Gruparea carboxilică –COOH, caracteristică acizilor organici, prin ionizare (-COO- ) particula se încarcă electronegativ, atrage un alt ion. R-COOH → R-COO- + H+ • Gruparea fenolică C6H5-OH, prin disociere se încarcă negativ (C6H5-O- ). • Gruparea aminică –NH2, poate accepta un proton devenind particulă încărcată pozitiv (- NH3 + ); poate reacţiona cu gruparea carboxil formând legături peptidice, caracteristice lanţurilor de aminoacizi care formează protidele. Particulele de humus se pot combina cu particulele argiloase formând particule complexe organo – minerale (complexul argilo-humic). Conţinutul în humus al solurilor influenţează capacitatea de reţinere şi schimb cationic. Conţinutul solurilor în materie organică variază între 2-6%, cantitatea de materie organică din sol determină fertilitatea, variază în raport de: factorii climatici (temperatură, umiditate), factorii de vegetaţie, tehnologia culturii (irigată, neirigată), folosirea îngrăşămintelor organice, procesul de solificare.

Materia organică indice al fertilităţii.

Există un indice de fertilitate stabilit de Nieschlag (1965) care ia în consideraţie raportul dintre rezerva totală de N şi de C şi conţinutul în argilă Aprecierea fertilităţii solurilor în funcţie de raportul C/N Gradul de fertilitate al unui sol se apreciază şi după raportul C/N (substanţe celulozice/substanţe proteice). C/N arată viteza de descompunere în sol a acestor două grupe de ( ) A C N A N C N t t t t t 4% 3333 4% 3 % 100 % IndiceFertilitate 2 + = ⋅ + ⋅ ⋅ = 60 substanţe. Fertilitatea este cu atât mai mare cu cât raportul C/N este mai mic, cu cât raportul C/N e mai apropiat de 10-12 resturile organice se descompun mai uşor. Raportul C/N este o măsură a stării de fertilitate a solului (Davidescu,1992). El este mai mic în sol decât în plantă, deoarece în procesul de humificare şi mineralizare oxidarea carbonului este mai rapidă şi se degajă mult CO2. Raportul C/N este mai mic cu cât conţinutul de azot din materia organică este mai mare şi mineralizarea mai avansată

. Raportul C/N variază 7 ÷15 pentru acizii humici şi între 20÷200 pentru acizii fulvici. Cernescu (1941) a stabilit pentru solurile din România următoarele variaţii ale raportului C/N: Cernoziomuri 12,5 ÷13,5 Cernoziomuri levigate 14 ÷15 Soluri brune de pădure 12,5 ÷14 Podzoluri secundare 15,5 ÷ 16 O caracteristică generală a solurilor, fertilitatea, după valoarea raportului C/N este dată în tabelul 8 .

**Caracterizarea fertilităţii solurilor după raportul C/N** (D.Davidescu şi Velicica Davidescu, 1999) (Raportul C/N, Limite, Starea de fertilitate)

Foarte ridicat, >23 ,Foarte scăzută ;

Ridicat 15-22, Scăzută ;

Mijlociu (normal), 12-14, Mijlocie (normală)

Scăzut 9-11 Ridicată

Rolul materiei organice din sol.

Materia organică e foarte variată din punct de vedere cantitativ şi calitativ: • constituie o sursă de elemente nutritive; • componentă care influenţează însuşirile fizice şi fizico-chimice a solului; • constituie material energetic necesar microflorei din sol, care la rândul ei influenţează direcţia proceselor biochimice din sol şi mobilitatea unor elemente nutritive.

Însuşirile agrochimice ale materiei organice.

Materia organică din sol (sub formă de humus) şi cea introdusă ca îngrăşăminte organice, care se transformă şi ea în timp în humus, conferă solului fertilitatea prin faptul că: a) Este sursă de elemente nutritive, prin procesul de descompunere şi de mineralizare, în mod continuu şi treptat, solul şi soluţia solului se îmbogăţesc cu substanţe nutritive uşor accesibile plantelor. b) Substanţele organice măresc capacitatea de adsorbţie a solului şi împiedică de la spălare o serie de substanţe uşor asimilabile, mărind astfel rezerva de substanţe nutritive uşor asimilabile. c) Are importanţă în structura solului prin cimentarea şi coagularea particulelor elementare din sol. d) Asigură permeabilitate pentru aer şi apă datorită faptului că substanţele organice coloidale participă ca un ciment la formarea agregatelor stabile, influenţează favorabil asupra regimului de apă, aer şi nutriţia plantelor. e) Întrucât în procesul de mineralizare al substanţelor organice din sol se eliberează o mare cantitate de CO2 şi acizi organici, se intensifică procesul de alterare chimică şi de eliberare a substanţelor nutritive sub forme uşor accesibile f) Ameliorarea însuşirilor fizice ale solului duc la îmbunătăţirea nutriţiei plantelor. Astfel, prin faptul că substanţele humice înconjoară ca o pojghiţă particulele de argilă din solurile grele, le micşorează coeziunea şi puterea de aderenţă. La solurile uşor lutonisipoase ajută la legarea particulelor primare şi creează condiţii mai bune pentru creşterea sistemului radicular (după Davidescu V. 2000). g) Materia organică are însuşirea de a regla prin culoare (închisă), într-o oarecare măsură, regimul termic al solului. În timpul răcoros încălzeşte, iar în timpul verii când sunt variaţii bruşte de căldură, reduce amplitudinea variaţiilor de temperatură din sol.

Prin aceasta influenţează în mod indirect şi condiţiile de nutriţie ale plantelor. h) Împreună cu partea minerală formează complexul adsorbtiv, complexul argilo-humic. i) Materia organică pune la dispoziţia microflorei solului substanţele necesare, influenţând, în raport cu alţi factori, compoziţia acesteia şi direcţia proceselor biochimice din sol (Davidescu V., 2000). Capacitatea materiei organice de a reţine ioni. Materia organică are capacitate de schimb cationic ridicată prin prezenţa grupărilor acide. Reţinerea ionilor în mareria organică se face sub diferite forme: ioni precipitaţi în compuşi organici greu solubili, ioni în complecşi organo-metalici de tip chelat sau nu, ioni adsorbiţi de coloizi organici, ioni organici solubili în apă, accesibili pentru plantă. Solul, prin materia organică, pe care o conţine, este un rezervor de compuşi de tip chelat, care împiedică temporar de la spălare o serie de microelelemente. Bilanţul materiei organice. Viteza de mineralizare a materiei organice depinde de natura materiei organice, condiţiile de mediu şi cele fizico-chimice din sol. Echilibrul dintre humificare şi mineralizare, după Welte, 1963 citat de Rusu ş.a., 2005, se poate evalua cu relaţia: A0 = Km (A + H0) 62 În care, A reprezintă raportul anual de materie organică, t s.u./ha; H0 reprezintă rezerva totală de humus din sol, t/ha; Km reprezintă coeficientul mediu de descompunere – mineralizare (0,3-0,7 pentru materia organică proaspătă şi 0,01-0,02 pentru humusul stabil).

Cantitatea de materie organică necesară a fi introdusă anual în sol pentru menţinerea nivelului existent este de 1/20 din conţinutul de materie organică din sol. Când materia organică este bogată în N pierderile sunt mai mici, adăugarea îngrăşămintelor cu N intensifică faza iniţială de descompunere a resturilor de mirişte şi paie din sol. Pe solurile cu conţinut scăzut de fosfor aplicarea îngrăşămintelor fosfatice intensifică descompunerea materiei organice, scăderea conţinutului de C prin intensificarea proceselor microbiologice. Descompunerea materiei organice are loc în ritm diferit funcţie şi de componentele resturilor organice. Pentru alcătuirea unui bilanţ humic cu scopul de a urmări menţinerea sau sporirea fertilităţii trebuie cunoscute intrările şi ieşirile.

Pierderile de materiei organice prin mineralizare nu trebuie să depăşească ceea ce se realizează prin aportul materiei organice nou introdusă în sol. CO2 MO HUMUS NH3 PROASPĂTĂ H2O Rezerva de humus în sol se poate evalua cu formula, Rezervă humus t/ha =H.h.Gv Unde, H= humus, % h= grosimea stratului arabil, cm Gv = greutatea volumetrică a solului, g/cm3 Înmulţind rezerva de humus cu coeficientul de mineralizare anuală a humusului care diferă în funcţie de textura solului se determină pierderile anuale de humus, care sunt mult mai mari decât intrările odată cu aportul de materie organică din deşeurile vegetale introduse de cultura în asolament. Pentru întocmirea bilanţului humic este necesar să se ia în considerare pierderile anuale de humus prin mineralizare. In zona temperată, în care se află şi ţara noastră, se pierde prin mineralizare 0,8-3% din materia organică (humus) din sol, mai mult pe solurile uşoare nisipoase şi mai puţin pe cele grele argiloase. Pentru compensare se adaugă îngrăşământ organic (gunoi de grajd) (Davidescu D., 1981, Davidescu V., 2000). Pe baza acestor parametri se poate face un calcul al bilanţului humic. De exemplu (după Davidescu V., 2000): Intr-o fermă legumicolă cu o rotaţie simplă: tomate - rădăcinoase - tuberculifere: conţinutul solului în humus 2,1% conţinutul solului în argilă 15,0% Coeficient de mineralizare humus Coeficient de descompunere izohumic 63 greutatea volumetrică a solului (GV) 1,2 coeficientul de mineralizare al humusului 1,4% În acest caz, cantitatea de materie organică la hectar pe adâncimea de 30 cm va fi: 0,30m x 1,2(GV) x 10 000 m2 = 3600 t greutatea stratului arabil pe adâncimea de 30 cm. 3600 t × 2,1 = 75,6 t/ ha materie organică (humus) 100 La un coeficient de mineralizare anuală al humusului de 1,4% rezultă o pierdere anuală: 75,6 ×1,4 = 1,058 t 100 Ţinând seama de intrările anuale de materie organică şi cantitatea de humus ce rezultă din acestea: - tomate : deşeuri vegetale 5 t/ha respectiv 250 kg / ha humus - rădăcinoase + tuberculifere: deşeuri vegetale 5 t/ha respectiv 110 kg/ha humus - în medie la hectar intrările reprezintă 360 kg/ha humus. Faţă de pierederea anuală prin mineralizare, care a fost de 1058 kg, rezultă un deficit de: 1058 kg - 360 kg = 698 kg pierderi de humus Pentru menţinerea echilibrului, această pierdere poate fi compensată cu o doză anuală de 10 t/ha gunoi de grajd fermentat sau 30t/ha gunoi de grajd fermentat aplicat la 3-4 ani odată

**Solul Coeficient de mineralizare anuală, %**

Nisipos ;(1,2% m.o., sub 10% argilă) ;2,5-3

Luto-nisipos.; (1,8% m.o., 10-15% argilă); 1,8-2,5

Luto-argilos; (2,5% m.o., 15-30% argilă); 1,3-1,8

Argilos ;(3% m.o., peste 30% argilă); 0,8-1,3

Sol calcaros; (3,5 - 4% m.o.); 0,5-0,8

Nu toate resturile organice vegetale sau animale care se introduc în sol au acelaşi grad şi viteză de descompunere şi în final nu dau toate aceeaşi cantitate de humus. În tabelul 11 se arată ce cantităţi medii de humus se pot obţine din diferite materii organice proaspete introduse în sol, care provin de fapt din deşeuri ce se află în fiecare exploataţie agricolă.

Influenţa materiei organice asupra recoltei

. Fluctuaţiile recoltelor de la an la an se pun frecvent pe seama condiţiilor climatice dar nu trebuie neglijaţi factorii energetici care acţionează asupra descompunerii şi sintezei materiei organice din sol. Procesele microbiologice influenţate de condiţiile climatice duc la apariţia unor compuşi organici asimilabili de către plante. Aceste substanţe organice au un potenţial energetic mai ridicat decât ionii minerali rezultaţi din descompunere. Reprezintă o formă superioară de energie ce serveşte plantelor la aprecierea calitativă a recoltei. (ex. N –aminoacizi, amine, amide)

Faza lichidă a solului

Faza lichidă este o componentă foarte mobilă, dinamică, formată din apa ce pătrunde în spaţiile capilare şi care conţine dizolvate substanţe minerale, organice, precum şi cantităţi de O2, 1 Exemplu: Dacă după recoltarea leguminoaselor rămâne mirişte 6t/ha cu 80% substanţă uscată ce se introduce în sol, va rezulta următoarea cantitate de humus. 6000 80 . 0,12 = 576 kg humus 100 65 CO2 şi alte gaze. Faza lichidă în deplasarea ei în sol interacţionează cu faza solidă şi se îmbogăţeşte cu elemente minerale. Ea este principala sursă prin intermediul căreia plantele absorb elementele nutritive din faza solidă a solului. Apa prin acţiunea reciprocă cu gazele şi faza solidă a solului se îmbogăţeşte cu ioni minerali, acizi, baze şi substanţe organice uşor solubile, aflate în stare de dispersie ionică, moleculară sau coloidală. Apa din sol se poate prezenta sub diferite forme, dintre care unele sunt uşor accesibile plantelor, iar altele mai puţin sau deloc. Din punct de vedere agrochimic interesează formele accsesibile plantelor. Prin faptul că faza lichidă a solului nu se poate extrage în totalitate, se distinge o parte care poate fi extrasă, denumită în mod obişnuit soluţia solului sau soluţia solului liberă - extractibilă, şi o parte care nu poate fi extrasă (fiind reţinută de forţele moleculare) decât prin procedee speciale (centrifugare, acţiunea vidului, presiune mare, înlocuire cu alte lichide etc.) numită şi soluţia solului legată - neextractibilă. În practică, din cauza greutăţii extragerii soluţiei solului şi a metodelor care nu permit obţinerea ei nemodificată, pentru caracterizarea agrochimică a fazei lichide se foloseşte extractul în apă, o metodă convenţională care nu caracterizează adevărata fază lichidă a solului. Din punct de vedere chimic, faza lichidă a solului este alcătuită din substanţe în stare de dispersare ionică, moleculară sau coloidală, de natură minerală sau organică, precum şi din gaze. Din punct de vedere agrochimic soluţia solului se caracterizează prin: – compoziţia chimică; – concentraţia sărurilor şi raportul dintre diferiţi ioni; – pH. Sub raport chimic faza lichidă a solului e alcătuită din: – Componenta minerală, cationi: H+ , K+ , Na+ , Ca2+, Mg2+, NH4 + , în mai mică măsură Fe2+ şi Al3+ şi anioni: OH- , Cl- , NO3 - , HCO3 - , SO4 2-, H2PO4 - , HPO4 2- , precum şi din hidroxizi de fier şi aluminiu şi silice coloidală. Concentraţia medie a fazei lichide variază foarte mult de la un sol la altul, de la o zonă la alta, în medie fiind cuprinsă între 40 şi 100 me/l. Dintre cationi, calciul este de regulă în cantitatea cea mai mare. – Componenta organică este reprezentată mai ales de părţile solubile sau coloidaldispersabile ale humusului, produse de metabolism ale microorganismelor, unele secreţii ale rădăcinilor (acid malic, zaharuri solubile, acid sulfuric etc.), substanţe organice rezultate în procesul de humificare. – Gazele sunt o altă componentă a fazei lichide, reprezentate de O2 şi CO2 cu rol în procesele de alterare şi solubilizare. Bioxidul de carbon provine atât din descompunerea materiei organice, cât şi din respiraţia rădăcinilor. Toate aceste componente (solide, lichide şi gazoase) au un caracter dinamic, datorită activităţii microbiologice şi a condiţiilor mediului exterior (temperatură, umiditate, vegetaţie, aplicarea de îngrăşăminte, amendamente) din care cauză în cursul perioadei de vegetaţie conţinutul soluţiei solului sau al extractului în apă în diferiţi componenţi variază foarte mult. Prin adăugarea de îngrăşăminte concentraţia solului se modifică fie în sensul echilibrării, fie în cel al dezechilibrării. Astfel, pe solul neutru excesul de Ca reduce absorbţia Fe, B, ionul NH4 + reduce absorbţia Ca, Mg, K, iar P reduce absorbţia Zn.

. Faza gazoasă a solului

Faza gazoasă a solului este alcătuită din aerul din sol care ocupă spaţiul lacunar care nu este ocupat de apă. Sub raport cantitativ între faza gazoasă şi cea lichidă există un raport antagonic. Aerul din sol provine din aerul atmosferic în cea mai mare parte, o mică parte din aerul din sol se găseşte dizolvat şi în faza lichidă a solului. Faza gazoasă a solului se poate forma parţial direct în sol fiind alcătuită de o serie de gaze care rezultă din descompunerea materiei organice sau în urma respiraţiei microorganicmelor sau rădăcinilor plantelor: CO2, CH4, NH3, H2S. Sub aspect cantitativ între aerul din sol şi aerul atmosferic există o serie de deosebiri semnificative care implică anumite componente. Comparativ cu aerul atmosferic (21% O2, 78% N2 şi 0,03% CO2), aerul din sol este mai bogat în CO2 şi N2 şi mai redus în O2 (19% O2, 79% N2 şi 0,9% CO2). Faza gazoasă favorizează activitatea biologică din sol şi procesele de trecere a elementelor nutritive în forme accesibile plantelor. Gazele din sol sunt într-un schimb permanent cu atmosfera. Solul degajă aer îmbogăţit cu CO2 şi primeşte în schimb aer bogat în O2. Schimbul are loc prin difuziune, în principal, şi curgere liberă. Datorită presiunii parţiale mai mari a CO2 în aerul din sol şi a O2 în atmosfera de deasupra solului se produce un curent de deplasare a CO2 din sol în atmosferă şi a O2 din atmosferă în sol. Prin curgere liberă, schimbul se datoreşte oscilaţiilor de temperatură, intensităţii vântului, scăderii sau creşterii umidităţii solului (Davidescu V, 2000).

.Formele elementelor nutritive din sol şi accesibilitatea lor pentru plante Elementele nutritive se află în sol în patru stări diferite :

a) Forme totale fixate în mineralele primare (cristalizate sau amorfe), în cea mai mare parte sub forme greu solubile în apă şi greu accesibile pentru plante;

b) Forme potenţial asimilabile fixate în forme neschimbabile în compuşi minerali cu solubilitate diferită şi accesibilitate redusă pentru plante;

c) Forme schimbabile reţinute la suprafaţa particulelor coloidale ale solului, de unde pot trece prin schimb în soluţia solului şi devin uşor accesibile;

d) Forme solubile dizolvate în faza lichidă a solului, unde se află în dispersie ionică, moleculară sau coloidală şi de unde pot fi luate de către plante. Acelaşi element poate fi întâlnit în toate cele patru stări, însă în raporturi diferite de la un sol la altul. Cele mai multe dintre elementele nutritive se găsesc sub formă neschimbabilă în mineralele primare şi secundare. Principalele elemente conţinute în cantităţi mai mari sunt: Si, Al, Ca, Mg, K, Fe, Na, P. Acestea nu pot fi absorbite direct de plante, ci numai după trecerea lor în faza lichidă, în urma proceselor de dezagregare şi alterare. Ionii eliberaţi prin alterare o parte sunt reţinuţi prin procese de adsorbţie de partea coloidală a solului, sau se recombină cu alţi ioni şi precipită. Intensitatea alterării mineralelor primare şi secundare depinde în primul rând de temperatură, umiditate şi pH. (Davidescu V, 2000).

. Pentru plantele cultivate, cu excepţia plantelor leguminoase, sursa principală de azot folosită în nutriţie o constituie ionii de: amoniu NH4 + , nitric NO3 - şi amidic NH2. Toate au aceeaşi valoare fiziologică. Utilizarea de către plantă a azotului nitric sau amoniacal depinde de condiţiile de sol (pH), prezenţa altor ioni (Ca2+, Mg2+ , Na+ , K+ ) de plantă (specie, vârstă), de concentraţia în soluţie a ionului (NO3 - şi NH4 + ). În general, în sol aprovizionarea cu NO3 - este mai abundentă decât cu NH4 + , care în mod permanent are tendinţa să treacă prin oxidare în NO3 - . Plantele preferă în general un raport NO3 - : NH4 + în favoarea azotului nitric (excepţie orezul). Dinamica N în sol variază în raport cu clima, care influenţează temperatura din sol cu repercusiuni asupra activităţii microorganismelor, tipul de sol – pe podzol cantităţi mici, bacterii nitrificatoare puţine, pe cernoziom este invers. Primăvara timpuriu cantitatea de nitraţi e scăzută, atinge în aprilie un maxim, scade în perioada secetoasă şi atinge al doilea maxim în septembrie. Primăvara predomină în sol azotul amoniacal

În raport cu cerinţele plantelor prezenţa nitraţilor nu corespunde întotdeauna. Cerealele de toamnă, primăvara la înfrăţire au nevoie de nitraţi. În livezile de pomi, primăvara şi vara se simte nevoia de nitraţi, toamna la coacerea lemnului necesarul e mai scăzut.

Reglarea regimului de N în sol, în raport cu cerinţele plantelor e una din măsurile agrochimice. Formele de fosfor accesibile plantelor. Formele cele mai asimilabile pentru plante sunt sărurile acidului ortofosforic (H3PO4) solubile în apă sau acizi slabi. De fapt, fosforul este asimilabil de plante sub formă de ioni H2PO4 - şi HPO4 2-. Pentru refacerea rezervelor de fosfor uşor asimilabile în stratul arabil nu există altă sursă importantă decât aplicarea îngrăşămintelor. În sol se stabileşte un echilibru dinamic între diferitele forme de fosfor, care diferă de la un sol la altul şi care face ca în soluţia solului să se găsească în permanenţă o cantitate de fosfor asimilabil variind între 0,01 şi 0,2 mg/l P2O5. Prin aplicarea îngrăşămintele chimice şi organice naturale se urmăreşte sporirea cantităţilor de fosfor uşor asimilabil.

Dinamica P are fluctuaţii mai scăzute. Dinamica este condiţionată de: • Aciditatea solului; formarea compuşilor cu caracter acid ca urmare a proceselor biologice rezultate în urma nitrificării. • În procesele biologice unele bacterii elimină o serie de enzime din diferiţi compuşi organici. • Eliminarea CO2 din descompunerea materiei organice ajută la solubilizarea compuşilor cu fosfor. • Accesibilitatea fosforului în sol depinde de pH-ul acestuia, reacţiile care duc la retrogradarea fosforului şi trecerea lui în compuşi cu calciu la un pH > 7,3 şi în compuşi cu fier şi aluminiu la un pH < 5,5. Menţinerea pH-ului solului între 6 şi 7 duce la cea mai mare disponibilizare a fosforului din sol (fig.15).

Formele de potasiu accesibile plantelor. Compuşii potasiului din sol după solubilitatea şi accesibilitatea lor pentru plante se pot grupa astfel: • potasiu insolubil prezent în silicaţi complecşi; • potasiu interstratificat, solubil în acizi (potenţial asimilabili) ca cel din: minerale secundare (argile), unele minerale primare (illit, mica); • potasiu adsorbit (schimbabil K+ ) reţinut de complexul adsorbtiv al solului; • potasiu prezent în soluţia solului şi cel din compuşi solubili în apă (cloruri, sulfaţi, nitraţi, carbonaţi). Între diferitele forme de potasiu din sol există un anumit echilibru dinamic. Potasiul schimbabil şi cel din soluţia solului şi din săruri solubile în apă sunt formele cele mai accesibile pentru plante. La noi în ţară, conţinutul solurilor în potasiu schimbabil este cuprins în medie între 5 şi 76 mg/100 g sol. Ritmul în care rezerva de potasiu se reînnoieşte în soluţia solului, pe baza hidrolizei silicaţilor, nu satisface întotdeauna nevoia plantelor de cultură, mai ales în condiţiile de irigaţie, ca şi pentru unele plante care sunt mari consumatoare de potasiu (sfecla, viţa de vie, pomii, floarea-soarelui etc.). Reînnoirea rezervei asimilabile se face mai rapid pe solurile argiloase şi în mai mică măsură pe cele nisipoase. Dinamica K Procesele chimice şi biologice favorizează trecerea formelor minerale şi organice în soluţia solului. CO2 dizolvat în apă măreşte solubilizarea substanţelor chimice. Prin mijloace agrotehnice şi agrochimice raţionale trebuie să se intensifice transformarea substanţelor greu asimilabile în forme uşor asimilabile.

**Teste de autocontrol**

Ce reprezintă solul pentru plantele cultivate?

Un suport în care sunt ancorate rădăcinile a

Întermediar prin care primeşte îngrăşămintele b

Toate răspunsurile sunt adevărate c

Rezervor de elemente nutritive d

. Solul ca sistem polidispers este alcătuit din:

Faza lichidă şi faza solidă a ,Faza solidă şi faza gazoasă b ,Toate răspunsurile sunt adevărate c, Faza solidă, lichidă şi gazoasă d

. Partea coloială a solului capătă însuşiri de schimb datorită:

Structuri moleculare, electric neutre a silicaţilor a, Prezenţei hidroxizilor de fier nedisociaţi b, Sarcinilor electrice şi înlocuirilor izomorfe c, Prezenţei hidroxizilor de aluminiu nedisociaţi d

. Care este faza iniţială de descompunere a materiei organice în procesul humificării? Procesele de oxidare şi reducere a, Descompunerea biochimică, în care predomină procese de oxidare şi hidroliză b ,Condensarea unităţilor structurale cu compuşi ce conţin azot c, Descompunerea şi sinteza prin acţiunea microorganismelor d

. Care sunt limitele de variaţie a materiei organice în solurile din ţara noastră? 2-6% a ;0,12-0,18% b; 15-16% ;c 0,40-0,60% d

. La ce conţinuturi ale humusului, %, în stratul arabil este considerat solul cu fertilitate mijlocie? 0,6-1% a ;1,1-2% b; 2,1-4% c; 6,1-8% d

. Care este valoarea fertilităţii normale a unui sol după raportul C/N? 12-14 a; 15-22 b; 9-11 c; 23-25 d

. Rolul materiei organice în sol: Cimentarea agregatelor stabile, reglează permeabilitatea pentru aer şi apă a; Micşorează capacitatea de adsorbţie a solului b ;Favorizează levigarea elementelor nutritive c; Inhibă activitatea microorganismelor d

. Rolul materiei organice în sol: În primăverile reci împiedică germinarea seminţelor a; Împiedică dezvoltarea sistemului radicular al plantelor pe solurile nisipoase b; Reglează regimul termic al solului datorită culorii închise c; Împiedică procesul de alterare chimică şi de eliberare a substanţelor nutritive d

. Materia organică ca agent de chelatare fixează: Apa din sol a; Măreşte concentraţia de CO2 din sol b, Ionii metalici din sol formează compuşi c,Fomează compuşi cu structură peptidică d

64. Care este cantitatea de materie organică (M) necesară a fi întrodusă anual în sol pentru menţinerea nivelului existent? 20t/ha a, 1/20 din M b ,10t/ha c, 1/5 din M d

6 Faza lichidă din sol este reprezentată de: Soluţia solului liberă şi legată a ,Soluţia solului liberă extractibilă b, Soluţia solului liberă neextractibilă c, Soluţia solului legată extractibilă d,

. Cantitatea în CO2 (ppm) , degajată în sol în 24 de ore, care indică o stare de fertilitate mijlocie are valori cuprinse între: 10-25 ppm a ,100-120 ppm b, 31-60 ppm c ,65-85 ppm d ,

Sunt accesibile pentru plante formele elementelor din sol: Forme totate a, Forme potenţiel asimilabile b, Forme solubile şi schimbabile c, Forme totale şi potenţial asimilabile d,

Fertilitatea potenţială a unui sol este dată de prezenţa formelor: Forma solubilă a ,Forma schimbabilă b, Forma potenţial asimilabilă şi forma totală c, Forma solubilă şi schimbabilă d,

Fertilitatea reală (actuală) a unui sol este dată de prezenţa formelor: Solubilă a, Schimbabilă b, Potenţial asimilabilă c ,Totală d ,

. Primăvara predomină în sol forma de azot: Nitrică a, Amoniacală b, Amidică c, Redusă sub formă de nitriţi d,

. Originea azotului în sol este: În mineralele primare şi secundare din sol a, Secundară (materie organică) b ,Primară (pe roca pe care s-a format) c, Minerală d,

. Originea fosforului în sol este: Primară (pe roca pe care s-a format) a, Din resturi vegetale b, Din materia organică c ,Din humus d,

. Originea potasiului în sol este: Din precipitaţii a ,Organică b, Atmosferică c, Primară (pe roca pe care s-a format) d ,

Faza solidă a solului este alcătuită din: 25% parte minerală şi 25% parte organică a ,25% parte minerală şi 10% parte organică b, 45% parte minerală şi 5% parte organică c ,5% parte minerală şi 45% parte organică d ,

**3.3. Procesele de reţinere din sol**

Faza solidă a solului, care reprezintă 50%, este alcătuită din 45% parte minerală şi 5% parte organică, are din punct de vedere al prezenţei în sol a elementelor nutritive şi în relaţia cu îngrăşămintele, pe care tehnologul le aplică, una din cele mai importante proprietăţi, aceea de reţinere. Capacitatea de reţinere a solului este dată de totalitatea particulelor coloidale (minerale şi organice) care formează complexul adsorbtiv [CA]. În raport cu natura particulelor coloidale, înlocuirile izomorfe, suprafaţa de ruptură, sarcinile complexului adsorbtiv pot fi pozitive sau negative, deci, se vor reţine anioni sau cationi din soluţia intermicelară. În sol se deosebesc 5 feluri de reţinere (după Ghedroiţ): • Capacitatea de reţinere mecanică; • Capacitatea de reţinere fizică (apolară); • Capacitatea de reţinere fizico-chimică (polară cu schimb); • Capacitatea de reţinere chimică (fără schimb - chemosorbţia); • Capacitatea de reţinere biologică.

.Capacitatea de reţinere mecanică

Capacitatea de reţinere mecanică este însuşirea pe care o are solul, ca orice corp poros, de a reţine din apa care se infiltrează particulele aflate în suspensie, cu dimensiuni mai mari decât deschiderea porilor solului. Această însuşire depinde de alcătuirea granulometrică a solului, de structura şi de porozitatea lui. Datorită acestei însuşiri se reţin în straturile superioare diferite substanţe fin dispersate, semidescompuse, ca plasma microorganismelor, care contribuie la ridicarea fertilităţii orizontului arabil.

.Capacitatea de reţinere fizică – adsorbţia apolară Capacitatea de reţinere fizică (adsorbţia apolară) este însuşirea solului de a reţine prin fenomene fizice, datorită energiei de suprafaţă (tensiunea superficială), atât substanţele gazoase, cât şi pe cele dispersate molecular în apă, moleculele în sol fiind reţinute prin forţe de atracţie sau coeziune. În modul acesta se modifică concentraţia soluţiei solului şi alcătuirea ei calitativă. Această însuşire, care se manifestă la limita de separaţie dintre două faze (solidă-lichidă, solidăgazoasă, lichidă- gazoasă), tinde să micşoreze suprafaţa de separare dintre faze datorită forţelor de atracţie dintre molecule, forţe care în interiorul particulei se echilibrează, iar în exterior rămân nesatisfăcute. Datorită tensiunii superficiale de la suprafaţa particulelor de sol, apa este reţinută sub forma unei pelicule continue, în care se pot găsi dizolvate elemente nutritive. Capacitatea de reţinere fizică exercită influenţă asupra repartizării substanţelor nutritive din sol sau a celor introduse prin îngrăşăminte, asupra capacităţii de gonflare şi hidratare sau altor însuşiri, precum şi asupra diferitelor gaze din sol (NH3, O2, H2, CH4, CO2, N2 etc.) sau vapori (H2O).

. Capacitatea de reţinere fizico-chimică (polară) cu schimb Capacitatea de reţinere fizico-chimică cu schimb (adsorbţia cu schimb cationic sau adsorbţia polară) este însuşirea solului de a schimba cationii din faza solidă a solului cu o cantitate echivalentă de cationi din soluţie. Reţinerea fizico-chimică se datoreşte în principal complexului adsorbtiv sau coloidal al solului (Ghedroiţ). Se numeşte complex deoarece este alcătuit din partea minerală şi organică a solului şi adsorbtiv fiindcă are capacitatea să reţină prin schimb din soluţia solului o serie de cationi datorită suprafeţelor mari de contact, a dispersiei coloidale şi a sarcinilor electrice. Această însuşire este cu atât mai mare cu cât solurile au o alcătuire granulometrică mai fină, conţin mai ridicat în humus şi au raportul SiO2/Al2O3 mai mic. Reţinerea polară cu schimb este proprie complexului adsorbtiv al solului. Complexul adsorbtiv, [C.A.], reprezintă totalitatea particulelor fin dispersate din faza solidă capabile să schimbe cationii adsorbiţi cu cei din soluţie. Prin reacţia schimbului de cationi dintre soluţia solului şi faza solidă, partea coloidală a solului adsoarbe în primul rând cationii (Ca2+, Mg2+, K+ , Na+ , H+ ) din soluţie, eliberând în schimb alţi ioni cu sarcini pozitive. O astfel de reacţie se petrece în mod schematic astfel: Pe un sol saturat cu baze: Când complexul coloidal nu este saturat decât parţial cu baze, iar restul cu ioni de hidrogen, reacţia se petrece astfel: Indici de caracterizare a adsorbţiei cu schimb cationic Pentru caracterizarea însuşirilor de adsorbţie cu schimb cationic se folosesc următorii indicatori: Suma cationilor (Ca2+, Mg2+, K+ , Na+ , NH4 + ) şi H+ adsorbiţi (exprimaţi în me/100g material) capabili de schimb cu alţi cationi din soluţia solului se numeşte capacitatea totală de schimb cationic (T). Capacitatea de schimb cationic (T) rezultă prin însumarea sumei bazelor schimbabile (SB) cu conţinutul în hidrogen schimbabil (SH) sau cu aciditatea hidrolitică (Ah) rezultă astfel: T (calculat în funcţie de SH) = SB + SH T (calculat în funcţei de Ah) = SB + Ah Suma bazelor schimbabile (SB) exprimată în me (Ca2+, Mg2+, K+ , Na+ )/100g sol reprezintă suma cationilor determinaţi prin percolarea până la epuizare cu o soluţie neutră de AcNH4, 1n. Conţinutul în hidrogen schimbabil (SH) al solului, sau aciditatea hidrolitică totală, reprezintă cantitatea de ioni de hidrogen reţinuţi adsorbtiv, capabili de schimb. Ea se notează cu SH şi se exprimă în me/ 100 g sol. Se mai poate deduce din următoarea relaţie: SH= T - SB Aciditatea hidrolitică (Ah), exprimată în me/100g reprezintă aciditatea determinată prin titrarea acidului rezultat prin tratarea solului cu soluţie de AcNa 1n, pH= 8,3. Gradul de saturaţie cu baze (V) al solului se exprimă în procente şi reprezină în ce măsură capacitatea de schimb cationic (T) este satisfăcută cu cationii bazici. Se calculează uşor, dacă se cunoaşte suma bazelor schimbabile (SB) şi cantitatea de hidrogen adsorbit (SH). Gradul de saturaţie cu baze (V%) este dat de următoarea relaţie: V =(SB /T).100 Distingem astfel: calculat în funcţie de SH calculat în funcţie de Ah V% şi T calculat cu Ah se foloseşte la stabilirea solurilor acide şi la calculul dozei de amendament necesară neutralizării acidităţii potenţiale, V% şi T calculate cu SH sunt utile la caracterizarea şi clasificarea pedologică a solurilor (Rusu ş.a., 2005). După modul în care predomină în complexul adsorbtiv cationii bazici (Ca, Mg, K, Na,) sau cei de hidrogen şi aluminiu solurile sunt saturate cu baze sau nesaturate. Pentru V < 50% soluri sunt nefavorabile, pentru T = 20-40 me/100gsol şi V = 70-90% solurile sunt favorabile. Adsorbţia ionilor din soluţie este în fond un schimb de cationi în cantităţi echivalente între faza solidă a solului şi cea lichidă, mai poartă denumirea de schimb de baze. Însuşirea aceasta nu o are întreaga masă a solului, ci numai partea coloidală (argila, humusul etc). Schimbul este condiţionat de conţinutul în coloizi minerali, argile şi compoziţia lor chimică. Capacitatea totală de adsorbţie cu schimb cationic a solului depinde de natura argilelor (caolinit 3-15 me/100g, vermiculit 65-145 me/100g, montmorillonit 80 – 150me/100g).

Legile generale. Aceste legi cunoscute în mare parte încă de Way şi Thompson (1850) au fost confirmate de experimentări ulterioare.

1. În schimbul cationic dintre un complex adsorbtiv şi soluţia unei sări, pentru fiecare cation intrat în complexul adsorbtiv trece din complex în soluţie un alt cation de aceeaşi valenţă sau doi ori trei cationi cu valenţa de două ori, respectiv de trei ori mai mică. Schimbul de cationi are loc în cantităţi echivalente.
2. Această echivalenţă este evidenţiată în reacţia de schimb care are loc când se agită o probă de sol cu o soluţie de clorură de amoniu : Ca2+ Mg2+ 2NH4 + 2NH4 + Na+ K+ + 10 NH4 + + 10 Cl- NH4 + NH4 + + H + Al3+ NH4 + 3NH4 + + Ca2+ + Mg2+ + K+ + Na+ + H+ + Al3+ + 10 Cl2. Anionul sării nu ia parte la schimb, nu este adsorbit de argilă. Adsorbţia este deci polară. Concentraţia soluţiei în anioni rămâne constantă
3. Schimbul de ioni este un proces reversibil. O argilă saturată cu calciu poate schimba toţi ionii de Ca cu ioni de K şi apoi această argilă saturată cu potasiu poate schimba ionii de K cu cei de Ca, revenind la starea iniţială. Schimbul cationic are loc aproape instantaneu, înlocuirea poate fi făcută cu un alt cation sau chiar cu cel cu care a făcut schimbul – adsorbţia reversibilă. C.A. Ca C.A. NH 4 NH 4 + + 2NH 4NO 3 Ca(NO 3)2 C.A. C.A. Ca NH 4 NH 4 + Ca(NO 3 + 2NH 4NO 3 )

4. În procesul schimbului de cationi se stabileşte un echilibru, numit echilibru de schimb. Echilibrul dinamic ce se stabileşte între ionii adsorbiţi şi soluţia solului este un echilibru chimic. Cantitatea de cationi adsorbită la realizarea echilibrului de schimb nu depinde de concentraţia soluţiei în echivalenţi-gram de sare folosită, ci de concentraţia în ioni a soluţiei. Echilibrul de schimb poate fi modificat prin aplicarea îngrăşăminelor, activitatea microorganismelor, eliminarea de CO2 etc.

5. Temperatura nu are influenţe apreciabile asupra echilibrului final, însă intensitatea schimbului depinde foarte mult de temperatură. Temperatura deplasează starea de echilibru cu atât mai mult cu cât se schimbă cationi cu putere de schimb diferită şi pe măsură ce se formează compuşi cu grad de disociere diferit.

6. Schimbul de cationi este o reacţie practic instantanee, adică îndată ce soluţia vine în contact cu particulele coloidale ale solului Viteza de reacţie fiind aproape instantanee pentru reacţiile de schimb de la suprafaţa micelei coloidale şi lentă pentru cele ce se produc în interiorul micelei, unde intervine fenomenul de difuzie. complex complex

Capacitatea de reţinere chimică fără schimb - chemosorbţia

Capacitatea de reţinere chimică sau fără schimb este caracteristică tuturor ionilor (excepţie NO3 - , Na+ ). Trecerea ionilor din starea schimbabilă în cea neschimbabilă duce frecvent la imobilizarea substanţelor nutritive pentru plante. Reţinerea cationilor fără schimb, apare datorită unei adsorbţii ionice în urma căreia se formează un compus greu solubil la interfaţa dintre faza solidă şi cea lichidă. Reţinerea cationilor fără schimb are rol important în insolubilizarea ionului fosfat. Pe suprafaţa de ruptură a particulelor de argilă se pot găsi ioni de Fe, Al, Ca, Mg, K, cu valenţă nesatisfăcută şi astfel se poate reţine din soluţia solului ionul fosfat cu formare de compuşi greu solubili (AlPO4, FePO4). + + + + + + + + + + + + + nK3PO4 SiAlSi FeSiFe SiAlSi SiAlSi FeSiFe SiAlSi K K K K K K K K K K K K PO4 3- PO4 3- PO4 3- PO4 3- + (n-a)K3PO4 Reacţia de la interfaţa dintre faza solidă şi cea lichidă se petrece după aceeaşi lege a formării de produşi greu solubili.

Retrogradarea. Reacţia prin care sărurile solubile trec în săruri greu solubile sau insolubile se numeşte retrogradare. Îngrăşămintele cu fosfor sunt expuse procesului de retrogradare în solurile saturate cu ioni de calciu. [C.A.] Ca Ca = + = Ca(H2PO4)2 [C.A.]= Ca - H H- + 2CaHPO4 [C.A.] H H = Ca + 2 CaHPO4 H H H [C.A.] H + Ca3(PO4)2 Ca(H2PO4)2 + Ca(HCO3)2 2CaHPO4 + 2H2CO3

Când în sol predomină hidroxizii liberi de Fe şi Al, insolubilizarea ionului fosforic este favorizată. 77 În solurile acide au loc următoarele reacţii: Fe(OH)3 + H3PO4 → FePO4 + 3H2O Al(OH)3 + H3PO4 → AlPO4 + 3H2O

Fenomenul de retrogradare este nefavorabil prin faptul că insolubilizează o parte din îngrăşăminte şi este favorabil atunci când împiedică de la levigare unele substanţe. Există compuşii care în urma reacţiilor chimice nu dau combinaţii insolubile sau greu solubile, ca de exemplu: sărurile acidului azotic şi compuşii cu sodiu, care nu se reţin chimic. 3.3.5. Capacitatea de reţinere biologică Capacitatea de reţinere biologică este însuşirea pe care o are solul de a reţine din soluţia solului diferite substanţe prin plantele cu şi fără clorofilă. Reţinerea biologică se datoreşte atât microorganismelor din sol, cât şi plantelor superioare

Microorganismele folosesc materia organică din sol ca material energetic şi pentru construirea corpului lor. Eficienţa îngrăşămintelor minerale este mai mare dacă sunt aplicate odată cu cele organice, deoarece fiind mai puţin folosite de microorganismele din sol, decât cele organice, rămân la dispoziţia plantelor. Reţinerea biologică prezintă importanţă în reţinerea azotului şi oprirea acestuia de la levigare, mai ales dacă ţinem cont şi de faptul că azotul nu este reţinut decât în mică măsură prin fenomene fizico-chimice. Tot pe cale biologică sunt reţinute şi importante cantităţi de fosfor, potasiu şi alte substanţe care participă la alcătuirea părţilor vii ale microorganismelor

**Fertilitatea, însuşirea principală şi fundamentală a solului**

Prin aplicarea îngrăşămintelor, amendamentelor, tehnologiei de cultură se poate schimba, în mare măsură, direcţia şi mersul proceselor chimice şi biochimice din sol, precum şi starea de fertilitate. Proprietatea de bază, care deosebeşte solul de rocă, o constituie fertilitatea, care reprezintă caracterul calitativ al solului independent de gradul său de dezvoltare cantitativă. Fertilitatea solului2 este capacitatea solului de a pune la dispoziţia plantelor verzi în tot cursul perioadei de vegetaţie în mod permanent şi simultan substanţe nutritive şi apă în cantităţi îndestulătoare faţă de nevoile acestora şi de a asigura condiţiile fizice, chimice şi biochimice necesare creşterii şi dezvoltării în ansamblul satisfacerii şi a celorlalţi factori de vegetaţie. Fertilitatea solului este proprietatea solului de a produce recolte. Fertilitatea este dată de proprietăţi ale solului: • Fizice (textură, structură, porozitate, temperatură, eroziune); • Chimice (suma bazelor schimbabile, capacitatea de schimb cationic, pH); • Biologice (faună, activitatea microorganisme); • Regimul elementelor nutritive (macro- şi microelemente); • Regimul de apă (reţinere, transport, nivelul pânzei freatice); Există o serie de proprietăţi ale solului cu caracter stabil, pe care omul nu le poate influenţa, alcătuirea granulometrică, conţinutul total în elemente. Proprietăţi cu caracter dinamic, care se schimbă uşor prin măsuri agrotehnice şi agrochimice: structura solului, capacitatea de adsorbţie, pH, conţinutul în humus, conţinut în apă şi substanţe uşor accesibile. Fertilitatea solului poate fi: • Fertilitatea naturală – potenţială a solului, se dezvoltă în procesul unitar de solificare. • Fertilitatea efectivă - reală este rezultatul activităţii de producţie a omului. Pentru îmbunătăţirea fertilităţii solului trebuie acţionat în direcţia favorizării proceselor chimice şi biochimice din sol pentru a se asigura: • Prezenţa în sol în mod continuu a substanţelor nutritive necesare plantelor, în forme uşor asimilabile şi în raporturi corespunzătoare. • O concentraţie a soluţiei care să nu fie toxică pentru plante. • Lipsa substanţelor cu acţiune toxică pentru plante • Crearea în sol a unor reacţii şi condiţii de oxido-reducere favorabile pentru nutriţia plantelor şi dezvoltarea microorganismelor folositoare.

Principalele însuşiri agrochimice ale solului ce caracterizează starea de fertilitate a solului .1. Reacţia solului şi semnificaţia ei agrochimică 2 definită din punct de vedere agrochimic 81 Reacţia solului reprezintă proprietatea solului de a se comporta ca un donor sau ca un acceptor de protoni (ioni de H+ ) prin capacitatea acestuia de a menţine o anumită concentraţie a ionilor de hidrogen (H+ ) şi de hidroxil (HO- ) în soluţia solului. Concentraţia ionilor de hidrogen (H+ ) şi a hidroxililor (OH- ) în faza lichidă a solului determină aciditatea sau bazicitatea acestuia. Reacţia solului poate fi bazică atunci când acceptă protoni şi acidă atunci când donează protoni, solul reacţionează ca bază care neutralizează acizii sau ca acid care neutralizează bazele. În faza lichidă a solului, concentraţia ionilor de hidrogen este cuprinsă de obicei între 10-4 la 10-9 echivalenţi gram la litru. Söressen propune în 1909 exprimarea activităţii ionilor de H+ dintr-o soluţie prin valori pH (pondus hydrogenii), care reprezintă logaritmul negativ al concentraţiei ionilor de hidrogen. pH = -lg [H+ ] sau pH = -logaH Determinarea pH se face în apă sau în soluţiile unor săruri neutre, KCl sau CaCl2, valoarea pH determinat în apă este mai mare cu 0,5-1 unitate de pH, media fiind de 0,75 unităţi pH faţă de pH-ul determinat în soluţii saline deoarece în acestea disociază şi ionii de H+ adsorbiţi labil în complexul argilo-humic. Determinarea pH se poate face prin metode colorimetrice în extract apos sau salin de sol, dar metoda cea mai exactă şi precisă de determinare a pH-ului este metoda potenţiometrică introdusă pentru prima dată de către savantul român Teodor Saidel în 1913. pH-ul se determină prin imersarea unui cuplu de electrozi în suspensia apoasă sau salină a solului, un electrod este de referinţă cu potenţial constant (electrodul de calomel) şi un electrod de sticlă cu potenţial variabil funcţie de concentraţia ionilor de H+ din suspensie. Aciditatea actuală (Aa) sau liberă se exprimă prin pH şi este dată de concentraţia ionilor de hidrogen din soluţia solului, depinde de prezenţa sau absenţa carbonaţilor şi bicarbonaţilor (de calciu, sodiu etc.) care imprimă soluţiei caracter bazic. Dacă felul cationilor absorbiţi constituie principalul factor de care depinde pH-ul soluţiei solului, trebuie să ţinem cont de faptul că valoarea pH-ului mai depinde şi de gradul de saturare cu baze, de raportul dintre bazele schimbabile şi de natura micelei coloidale. Efectul pH-ului asupra capacităii de schimb cationic şi anionic evidenţiat pentru particulele de argilă şi materia organică din sol (după Clain Jones şi Jeff Jacobsen) Scăderea pH-ului provoacă scăderea capacităţii de schimb cationic şi creşterea capacităţii de schimb anionic prin adiţionarea de particule încărcate cu sarcini pozitive, ionii de H+ (fig.16). Reacţia solului se apreciază după valoarea pH-ului determinat în soluţie apoasă sau în soluţie salină

Aa, aciditatea actuală se determină în apă pură, liberă de CO2, apa fiind un electrolit slab disociază în ioni conform ecuaţiei: 2H2O H3O + +HOLa temperatura de 25°C, în stare disociată 1 l apă pură pune în libertate un ion gram de H+ şi un ion gram de ioni de HO- . Apa pură deţine un număr egal de ioni de hidrogen, H+ (sau hidroniu H3O + ) şi de hidroxil (OH- ), având o reacţie neutră: [H3O + ] = [OH- ] = 1.10-7 pH = 7, reprezintă pH neutru cu [H+ ] = [OH- ], pH < 7 , caracterizează mediu acid cu [H+ ] > [OH- ], pH > 7, caracterizează mediu bazic cu [H+ ] < [OH- ], domeniul de variaţie fiind între 0÷14, iar pentru soluri domeniul se limitează pentru 3,5 ÷10,1

Formele acidităţii din sol. Aciditatea este dată atât de ionii de hidrogen aflaţi liberi în soluţia solului (aciditatea actuală), cât şi de ionii de H+ şi Al3+ adsorbiţi (aciditatea potenţială) la suprafaţa particulelor coloidale, ionii de H+ provin prin disocierea grupărilor carboxil –COOH, hidroxil –OH din acizii humici, din grupările funcţionale hidroxil ale mineralelor argiloase, ionii de Al3+ proveniţi din polimeri hidrataţi ai ionilor de Al şi din grupările funcţionale ale complexului humico-aluminic (după Rusu ş.a., 2005). Aciditatea actuală (Aa) sau liberă este caracterizată prin pH, indicator numeric al reacţiei solului. Aciditatea potenţială se pune în evidenţă prin următoarele mărimi: Aciditatea uşor schimbabilă As, numită şi aciditate titrabilă Ae (aciditate efectivă), este determinată de ionii de H+ adsorbiţi la suprafaţa complexului adsorbtiv şi de cei de Al3+ schimbabili, care prin hidroliză generează ioni de H+ şi se poate evalua prin tratarea solului cu o soluţie de KCl 1n, sare neutră netamponată. Acesta formă de aciditate este dată de ionii de H+ şi Al3+ adsorbiţi la complexul adsorbtiv [CA] al solului. Această aciditate titrabilă nu ţine cont de disocierea ionilor de H+ proveniţi din grupările funcţionale ale complexului adsorbtiv - [CA]. [C.A.] H Al Ca + nKCl [C.A.] K K K K K K + HCl + CaCl 2 + + AlCl 3+ (n-6)KCl În soluţia solului se formează acidul clorhidric, dar şi clorura de aluminiu, care este o sare cu hidroliză acidă şi formează cu apa acid clorhidric. AlCl3 + 3H2O → Al(OH)3 + 3HCl Aciditatea hidrolitică Ah reprezintă parţial aciditatea potenţială se numeşte şi aciditate greu schimbabilă şi se determină prin tratarea solului cu soluţie de săruri cu hidroliză alcalină, cum este CH3COONa 1n după Kappen sau CH3COOK, tamponată la pH 8,25. Aciditatea hidrolitică este dată de ionii de H+ puternic reţinuţi de [CA], mobilizaţi la valori ale pH-ului mai mari de 5,5-5,8, ionii de H+ provin din grupările funcţionale ale acizilor humici disociaţi la valori mai mari de pHi (izoelectric) şi din polimerii hidrataţi de aluminiu ce deţin sarcină dependentă de 84 pH. Ah se foloseşte frecvent la stabilirea dozelor de amendamente calcaroase pentru solurile acide. [C.A.] Al H H H + n CH3COONa [C.A.] Na Na Na Na Na Na + + 3 CH3COO-H+ + Al3+ + (n-6) CH3COONa Aciditatea de schimb totală SH reprezintă suma ionilor de hidrogen adsorbiţi şi se determină prin trecerea lor în soluţie prin percolarea la epuizare a solului cu o soluţie alcalină de acetat tamponată la pH 8,25. Aciditatea de neutralizare An este dată de cantitatea de ioni de H+ adsorbiţi şi trecuţi în soluţie prin tratarea solului cu o bază iar cantitativ include şi ionii de H+ din soluţia solului fiind de fapt aciditatea totală a solului. Exprimarea acestor indicatori ai acidităţii se face în me/100g sol iar ca ordine de mărime ierarhia este următoarea: Aa<AS<Ah<SH10. Reacţia Na2CO3 cu H2O se prezintă astfel: 2Na+ + CO3 2- + 2 H2O → 2Na+ + 2OH- + H2CO3 Acidul carbonic este instabil şi se descompune în H2O şi CO2 care se degajă fiind un gaz. Astfel se explică alcalinitatea ramasa sub formă de hidroxid de sodiu solubil. Intervalul optim pentru pH este caracteristic solurilor neutre (6,8-7,2) sau foarte slab acide (6,3-6,8), plantele nu se pot adapta la valori ale pH-ului sub 4,3 sau peste 8,4. Cantitatea de calciu şi magneziu, forme schimbabile, scade la un pH< 4, foarte puternic acid şi creşte solubilitatea aluminiului, fierului, borului şi manganului, care pot avea efect toxic pentru plante. Din punct de vedere al nutriţiei plantelor, pH-ul are implicaţii directe asupra mobilităţii şi accesibilităţii elementelor nutritive în sol.

. În schimb, dacă reacţia soluţiei solului este bazică, în prezenţa calciului şi magneziului schimbabil se formează săruri mai puţin solubile, ca fosfatul secundar de calciu, CaHPO4, sau fosfatul terţiar de calciu, Ca3(PO4)2. De asemenea, compuşii fierului, manganului şi zincului trec sub forme greu solubile, mai puţin accesibile pentru plante. Din această cauză o serie de culturi manifestă semnele insuficienţei acestor elemente.

Corectarea reacţiei acide a solurilor.

Calcularea dozei de amendament Solul suferă în permanenţă o debazificare, mai mică sau mai mare în intensitate, şi prin acest proces creşte conţinutul de ioni de H+ şi Al3+. Un factor important in procesul debazificării este bioxidul de carbon (CO2) din sol. Acidul carbonic (H2CO3) este un acid slab care se găseşte sub formă de bioxid de carbon şi apă, prin cedarea unui proton apei formează ionul hidroniu şi ionul bicarbonat. H2O + CO2 → H2CO3 H2CO3 + H2O → H3O + + HCO3 - HCO3 - + H2O → H3O + + CO3 2- Prin reacţia de schimb cationic cu ionii complexului adsorbtiv, ionul hidroniu trece pe complex astfel complexul adsorbtiv al solului devine saturat cu ioni de hidrogen (sau hidroniu), iar cationii rezultaţi prin schimb se pierd prin levigare pe profilul solului. Ionul de calciu este spălat mai uşor decât ionii de magneziu şi potasiu, procesul depinde de proprietăţile şi caracteristicile ionului expus procesului de levigare. [C.A.] Ca Mg K + 5 H3O + [C.A.] H3O H3O H3O H3O H3O H3O + Ca2+ + Mg2+ + K+ levigare Prin debazificare, locul bazelor de pe complexul adsorbtiv este ocupat de ionul hidroniu, aciditatea creşte şi astfel se creează condiţii favorabile solubilizării compuşilor cu aliminiu, care vor înlocui apoi prin schimb ionul hidroniu din complex. Natura acidităţii din sol provine atât din fracţiunea minerală cât şi din cea organică. Acţiunea toxică pentru plantele cultivate este dată în primul rând de Al3+. În solurile foarte acide prin mobilizarea formelor de Mn2+ şi Fe2+ se accentuează acţiunea toxică a ionului Al3+ . H3O H3O H3O [C.A.] + [Al 2(OH)2Si4O10] [C.A.] Al + 4SiO 2 +4H2O +Al(OH) 3 caolinit Corectarea solurilor cu pH acid prin aplicarea de compuşi chimici cu calciu reprezintă măsura de îmbunătăţire a compoziţiei ionice a soluţiei solului, a proprietăţilor fizico-chimice ale solului prin mobilizarea elementelor nutritive şi trecerea acestora în forme uşor asimilabile de către plante, a îmbunătăţirii activităţii microorganismelor, dar şi a imobilizării unor ioni cu efect toxic asupra plantelor prin trecerea lor în formă de compuşi insolubili.

Repartizarea solurilor acide în ţara

Zonele cu păduri de foioase şi răşinoase, cu precipitaţii medii, cuprinse între 600 şi 900 mm anual, din care peste 30% cad în lunile mai şi iunie, iar temperatura medie anuală variază între 6 şi 10°C sunt caracterizate prin soluri acide. Repartiţia teritorială a solurilor agricole cu reacţie acidă arată că acestea însumează circa 5.700.000 ha (fără zona pădurilor), din care aproximativ 30% revine terenurilor arabile. Aceste soluri s-au format de regulă pe roci sedimentare (luturi sau argile, aluviuni, argile şi luturi marnoase) (Davidescu D., 1992). Întâlnim soluri acide în judeţele Satu Mare, Argeş, Timiş, Bihor, Maramureş, Arad, Suceava. Din suprafaţa totală, 1,7 mil. ha necesită o urgentă ameliorare.

Mobilitatea elementelor nutritive în condiţii acide se modifică. Activitatea microorganismelor scade, conţinutul în N scade, implicit conţinutul în humus scade. Fosforul retrogradează prin creşterea conţinutului de Fe şi Al, ionii de Al şi Fe au un efect toxic asupra plantelor dacă depăşesc anumite limite. Formele solubile de K scad odată cu creşterea acidităţii datorită imobilizării K în structura mineralelor argiloase. Evaluarea calitativă şi cantitativă a acidităţii solurilor, importanţa cuantificării acidităţii pentru calculul dozelor de amendamente

Aciditatea actuală influenţează direct asupra creşterii plantelor, însă ea nu poate servi decât ca un indiciu calitativ, nu şi pentru calcularea dozei de amendament. Aciditatea potentială serveşte ca măsura pentru stabilirea cantitativă a dozei de amendament. În mod convenţional, aciditatea potenţială este împărţită în aciditate de schimb şi aciditate hidrolitică. Dacă am calcula doza de amendament după aciditatea actuală ar reveni foarte puţin (2kgCaCO3/ha), trebuie determinată aciditatea potenţială şi din aceasta decurge calculul dozei de amendamente necesare neutralizării acidităţii.

Sursele de acidifiere în sol sunt naturale (climă vegetaţie, rocă) sau generate de intervenţia omului (poluare, îngrăşăminte, pesticide): • Îngrăşămintele care conţin Cl- , SO4 2-, NO3 - sau orice sare – îngrăşământ cu hidroliză acidă; • Emisii de SO2, NO2 din atmosferă, provenite din zonele poluate industrial care formează aşa numitele ploi acide; SO2 + H2O + ½ O2 → 2 H + + SO4 2- 2NO2 + H2O + ½ O2 → 2 H + + 2 NO3 - • Materia organică prin descompunere formează CO2, NO2, H2S, care prin reacţia cu apa din sol (umiditate) duce la obţinerea de compuşi acidifianţi pentru sol (H2CO3, HNO3, H2SO4); → CO2+ H2O → H + + HCO3 -→2H+ + CO3 2- → NH3 + 2O2 → H + + H2O + NO3 - → H2S + 2O2 → H + + H2O + SO4 2- • Acizi humici şi organici din sol, care sunt donori de H+ prin grupările funcţionale carboxil (–COOH) şi fenolice (-OH), ionizarea este cu atât mai mare cu cât solul este mai sărac în cationi bazici; • Desorbţia protonilor care are loc la nivelul rădăcinilor plantelor realizată cu schimb prin adsorbţie de cationi bazici; Corganic Materia organică Norganic Sorganic 88 • Apa din sol, care deşi este slab disociată, reprezintă o sursă de ioni de hidrogen prin prezenţa acizilor din soluţia solului.

Noţiunea de amendament. Operaţia de amendare a solurilor acide Substanţele folosite la corectarea solurilor acide poartă numele de amendamente. Îndepărtarea ionilor de H+ se face prin introducerea ionilor de Ca2+ prin amendamente. Amendamente folosite pentru corectarea recţiei acide. Compuşii cu calciu care se folosesc la amendare pentru corectarea reacţiei acide a solurilor sunt: carbonatul de calciu măcinat (piatra de var), varul ars (CaO), varul stins (Ca(OH)2), tuful calcaros, marna, carbonatul de calciu precipitat de la fabricile de sodă, spuma de defecaţie de la fabricile de zahăr, praful de clincher de la industria cimentului.

Valoarea de neutralizarea a amendamentelor, se determinată experimental măsurând cantitatea pe care o neutralizează un acid tare (HCl) aplicat pe un gram de material examinat. Ca referinţă se ia CaO pur sau CaCO3 pur. O unitate de putere de neutralizare corespunde la 10 mg CaO ce neutralizează 1ml HCl 0,357 N, iar 100 kg CaO pur dau 100 unităţi valoarea neutralizantă

Calitatea amendamentelor cu calciu este determinată de gradul de fineţe şi de valoarea de neutralizare, eventual şi de conţinutul în magneziu. Fineţea materialului este dată de % din amendament care trece prin 2 sau 3 site cu ochiuri de mărimi diferite între 0,15mm şi 1-2 mm.

Valoarea de neutralizare a amendamentelor

Produse folosite pentru În valori relative faţă de corectarea reacţiei acide a solurilor CaCO3=100 CaO=100 CaCO3 - piatră de var CaO - var stins Ca(OH)2 - var stins

Marnă, MgO ,MgCO3, Spumă de defecaţie ,

Stabilirea dozei de amendament

Stabilirea nevoii de amendament prin apreciere calitativă: După pH-ul determinat în suspensie salină de KCl 1n: la pH < 4,5 nevoia de amendament este mare; la pH 4,6-5,5 nevoia de amendament este mijlocie; la pH 5,6-5,8 nu este necesar să se facă, corectarea reacţiei acide. După pH-ul determinat în suspensie aposă se apreciază că: la pH < 5,5 nevoia de amendament este mare; la pH 5,6-6,2 nevoia de amendament este mijlocie; la pH >6,3 nu este necesar să se facă, corectarea reacţiei acide. După gradul de saturaţie cu baze, V% se apreciază că: Când V este sub 50%, nevoia de amendare este mare; Când V este între 50-70%, nevoia de amendare este mijlocie; Când V este peste 70%, nu este necesară corectarea reacţiei acide Din punctul de vedere al cerinţelor plantelor pentru amendare există 3 categorii: • Plantele rezistente la pH acid, nu este urgentă corectarea: cartof, lupin, ovăz, secară, ovăz. • Plante cu rezistenţă mijlocie la pH acid, pretenţioase la amendare: legume - hrean, castraveţi, gulii, plante ornamentale – coacăz, agriş • Plante sensibile: orzoaică, mei, grâu, conopidă, linte, mazăre, varză răspund bine la amendare

92 Stabilirea urgenţei de amendare

• Urgenţa I – la soluri cu pH 8,3 -11,5 °C; precipitaţii anuale mai mici de 440 - 620 mm; evapotranspiraţia puternică în timpul verii ( ETR > 630 - 700 mm ); vânturi puternice ce intensifică evapotranspiraţia; Biocontinentali: vegetaţia spontană, cu preponderenţa unor plante halofite. • Intervenţia omului Irigaţia neraţională sau cu ape bogate în substanţe minerale, aşa numita mineralizare critică a apelor freatice, care în funcţie de zona naturală este cuprinsă între 1,6 g/l ( ape bogate în anionul bicarbonat), 2,2 g/l (ape clorurosulfatice) până la 3 g/l, fertilizarea excesivă cu îngrăşăminte minerale, irigaţii fără drenaj, luarea în cultură urmată de o agrotehnică necorespunzătoare favorizează sărăturarea secundară (îndiguiri, ridicarea pânzei de apă freatică). Acumularea sărurilor solubile în orizontul de la suprafaţa solului la noi în ţară este cauzată de condiţiile hidrogeologice, de pânza de apă freatică la mică adâncime corelat cu un drenaj defectuos. Aceste soluri prezintă însuşirea de a acumula cantităţi mari de săruri solubile, care pot fi carbonaţi, bicarbonaţi, sulfaţi, cloruri de sodiu, cloruri şi sulfaţi de magneziu, cloruri şi sulfaţi de calciu cu efecte directe asupra creşterii plantelor. Saturarea complexului adsorbtiv cu ioni de Na+ şi prezenţa în soluţia solului a ionilor de HCO3 - , CO3 2-, Cl- , SO4 2- reprezintă sodicizarea şi salinizarea solurilor urmată de dereglări de nutriţie la nivelul plantei. Natura sărurilor: Carbonaţi, bicarbonaţi: CO3 2-, HCO3 - (Na2CO3, NaHCO3); Cloruri: Cl- (NaCl, MgCl2); Sulfaţi: SO4 2- (Na2SO4, MgSO4).

Clasificarea solurilor saline şi alcalice după condiţiile pedogenetice

Solurile saline şi alcalice de origine primară iau naştere în condiţii de pedogeneză specifice şi anume: substrat litologic bogat în săruri şi ape freatice puternic mineralizate. Solurile saline şi alcalice de origine secundară sunt formate în mod obişnuit pe seama unor soluri fertile, prin îmbogăţirea în săruri uşor solubile, în urma unor activităţi umane neraţionale, cum ar fi: irigaţiile aplicate necorespunzător, folosirea unor ape reziduale bogate în anumite săruri sau aplicarea unor amendamente şi îngrăşăminte contraindicate. 99 Clasificarea solurilor după natura sărurilor După Gedroiţ solurile sunt: Solonceacuri sau soluri saline cu conţinut în săruri solubile mai mare de 1 % şi de Na adsorbit sau Na schimbabil mai mic de 12% din T (capaciatatea totală de schimb cationic), reprezentate prin soluri bogate în săruri de sodiu uşor solubile, cloruri, sulfaţi şi carbonataţi în orizontul superficial, de regulă asociate cu săruri de calciu şi magneziu. Sărurile pot forma la suprafaţă o crustă albă. Se întâlnesc dea lungul Mării Negre şi în NE Câmpiei Române, astfel distingem solonceacuri de tip marin litorale (grindul Chituc, Delta Dunării) şi lagunare (în jurul lacurilor Techirghiol, Năvodari) şi cele de tip continental, care se împart în: solonceacuri de fâneaţă (valea Călmăţuiului, valea Iencii, zona de devagare a Mureşului şi Crişurilor), solonceacuri lacustre (în jurul lacurilor Tătarul, Plopul, Lacul-Sărat) şi reziduale cum sunt cele situate în zona cutelor diapirice (Sandu V, ş a). Soloneţuri sau solurile alcalice au conţinut ridicat în săruri solubile, mai mare de 1%, conţinut mare de Naschimbabil, mai mare de 12% din T în complexul adsorbtiv sub formă de carbonaţi. Formarea carbonatului de calciu determină o reacţie alcalină cu pH > 8,4. Se întâlnesc sub formă de complexe de soluri, împreună cu solonceacurile ca soluri mixte solonceac-soloneţ, cu însuşiri negative datorită Naadsorbit. Solodii, soluri saline şi alcaline formate prin desalinizare (dezalcalizare) accentuată datorită apelor stagnante rezultante din precipitaţii. Complexul coloidal se degradează, ionii de Na+ se înlocuiesc cu ioni de H+ , solul devine acid, bogat în silice coloidale la suprafaţă.

**Clasificarea solurilor după gradul de sărăturare** După gradul de sărăturare, care exprimă conţinutul cantitativ de săruri solubile în stratul cu masa cea mai mare de răspândire a rădăcinilor, avem :Soluri nesalinizate, în care conţinutul în săruri solubile pe adâncimea de 1 m este sub 0,20 % - pe aceste soluri reuşesc majoritatea culturilor; Soluri slab salinizate, în care conţinutul în săruri solubile este cuprins între 0,3 şi 0,6 % - se vor cultiva plante rezistente la concentraţia mărită de săruri; Soluri mijlociu sărăturate cu un conţinut de săruri de 0,7 - 0,9 % - reuşesc numai plantele foarte rezistente la conţinut mărit de săruri; Soluri puternic sărăturate care conţin peste 1 % săruri solubile şi care nu pot fi cultivate decât după îndepărtarea excesului de săruri. Măsurile de ameliorare se diferenţiază după natura sărăturilor, intervenţia se face în funcţie de indicii agrochimici ce caracterizează solul. Distribuţia sărurilor pe profil nu este uniformă. Majoritatea se găsesc pe adâncimea 40-60 cm, deci nu trebuie făcute arături prea adânci. E bine să aplicăm corectarea pe orizontul arabil. Comportarea plantelor la salinitate Sărurile solubile influenţează însuşirile fizico-chimice şi biologice ale solurilor. Solurile au conţinut ridicat în Na schimbabil (peste 5-10% din T), argilele saturate cu Na reţin de 3 ori mai multă apă decât cele cu Ca, K, Mg, solurile apar umede, apa nu e accesibilă, presiunea osmotică 100 creşte, se reduce accesibilitatea apei pentru plante, apa nu poate fi folosită apare seceta fiziologică. Conţinutul ridicat al sărurilor şi în special al Na în sol generează cu Ca şi K, un raport Ca2+/Na+ , respectiv K+ /Na+ foarte mic în plantă, cu urmări asupra dezvoltării plantelor. Na are influenţă asupra coagulării protoplasmei, solubilizează substanţele pectice la suprafaţa perişorilor absorbanţi, schimbul nu se face, plantele mor. Solurile sărăturate se folosesc pentru păşuni, fâneţe sau ca teren arabil pentru plantele rezistente la conţinuturi ridicate de săruri. Se defineşte toleranţa la salinitate ca fiind adaptabilitatea plantelor la solurile cu concentraţii mari în săruri solubile. Toleranţă la salinitate Există aşa numitul prag de toleranţă la salinitate sau limita inferioară a toleranţei la salinitate pentru conţinuturi în săruri solubile cu valori cuprinse între 600-900 ppm săruri solubile, când plantele încep să sufere. Limita de toleranţă la salinitate sau limita superioară a toleranţei la salinitate la concentraţia de 1000-7000 ppm săruri solubile, când plantele mor).

Criterii de stabilire a amendamentelor pentru solurile saline şi alcalice

Pentru stabilirea metodelor de ameliorare agrochimică a solurilor saline şi alcalice este necesar să se cunoască următoarele însuşiri agrochimice: conductibilitatea electrică (CE), în mmho/cm sau mS/cm a extractului de saturare, care trebuie să fie > 4 mmho/cm; reacţia solului este moderat sau puternic alcalină cu pH > 8,4. natura sărăturării sau a salinizării (cu cloruri, cu sulfaţi, cu carbonaţi, mixte ); gradul de salinizare sau/şi alcalizare; suma bazelor adsorbite; procentul de sodiu adsorbit (PSA) din capacitatea totală de schimb cationic (T), care trebuie să fie peste 12 %; raportul de sodiu adsorbit (RSA), reprezintă raportul dintre conţinutul în Na schimbabil, (me/100g sol) şi capacitatea de saturaţie în cationi, în afară de sodiu dată de diferenţa între capacitatea totală de schimb cationic, T (me/100g sol) şi Nasch (me/100g sol) ; peste 0,11 începe să se manifeste pragul toxicităţii fiziologice; raportul de adsorbţie a sodiului ( RAS ); care arată procesul de schimb cationic referitor la activitatea de schimb a Na în raport cu Ca şi Mg, care la solurile saline depăşeste 8; Limita de toleranţă Prag de toleranţă = ×100 T Na PSA sch sch sch T Na Na RSA − = 2 Ca Mg Na RAS sch + = 101

Repartizarea pe profil a sărurilor; variază în funcţie de cauzele care au dus la salinizarea solurilor cu importanţă direct asupra plantelor cultivate prin stresul pe care îl provoacă, a antagonismului dintre ioni cu dezechilibre între raportul dintre ionii care sunt absorbiţi de către plantă. grosimea orizontului sărăturat.

Substanţe folosite ca amendamente

Corectarea reacţiei alcaline se face cu substanţe acidifiante. Folosirea substanţelor cu calciu pentru înlocuirea sodiului din complexul adsorbtiv se numesc amendamente pentru soluri saline şi alcalice. Amendamentele dau naştere la săruri solubile ce îndepărtează sodiul, iar în cazul sărăturilor cu carbonaţi duc la transformarea ionului HCO3 - sau CO3 2- în CO2 şi H2O. Amendamentele pentru solurile saline şi alcalice sunt: gipsul, sulful elementar sau activ, praful de lignit, fosfogipsul, acifer (sulfat de aluminiu şi de fier cu acid sulfuric), acidul sulfuric rezidual, clorura de calciu, sulfatul de aluminiu, polisulfura de calciu, carbonatul de calciu, oxidul de calciu. Valoarea de acidifiere a acestor produse este diferită. Produsele cele mai utilizate sunt: Gipsul CaSO4.2H2O CaSO4.2H2O amorf sau cristalizat, alb gălbui sau galben cenuşiu, cu solubilitate redusă în apă, conţine 16-18% S, are cel puţin 70% CaSO4 are coeficientul de neutralizare al amendamentului, a=1, iar valoarea de acidifiere şi amendare este 100. Efectul de amendare al gipsului se bazează pe activitatea ionilor de Ca2+, care prin schimb cationic trec pe complexul adsorbtiv înlocuind Na+ cu formare de sulfat de sodiu, care este o sare neutră, solubilă care prin irigare, se îndepărtează din orizontul arabil. Na-[CA]-Na + CaSO4 → [CA]=Ca + Na2SO4 complex adsorbtiv gips sulfat de sodiu, saturat cu Na sare neutră Na2CO3 + CaSO4 → CaCO3 + Na2SO4 2NaHCO3 + CaSO4 → CaCO3 + Na2SO4 + CO2↑ +H2O Se recomandă aplicarea de materie organică, care prin descompunere eliberează CO2 care solubilizează sulfatul de calciu. Reacţia de amendare durează 2-3 ani. Fosfogipsul Fosfogips este reziduu obţinut la fabricarea acidului fosforic, a a hexametafosfatului şi a fosfatului trisodic, este amorf, de culoare cenuşiu-deschis sau gălbui, conţine 60-70% gips, 4- 8% P2O5, 14-16 % S, aciditate liberă datorată acidului fosforic şi sulfuric rezidual rezultat din procesul de fabricaţie. Are coeficientul de neutralizare a=1,25, valoarea de acidifiere este de 80% faţă de gips. Se păstrează în halde mici pentru scăderea umidităţii sub 10% pentru a putea fi aplicat mecanizat. Se aplică pe soluri saline fără carbonaţi de sodiu, pe soluri cu cloruri şi sulfaţi. Sulf elementar sau activ, S, conţine 98-99% S, pulbere, batoane sau bulgări de culoare galbenă, are coeficientul de neutralizare, a=0,18 iar valoarea de acidifiere de 550, este utilizat destul de limitat deoarece are preţ de cost ridicat. S elementar aplicat ca amendament este oxidat la SO3 de tiobacterii, iar în prezenţa apei se formează acidul sulfuric, care are efect acidifiant asupra solului. oxidarea sulfului elementar 2S + 3 O2 → 2 SO3 103 formarea acidului sulfuric cu apa din sol SO3 + H2O → H2SO4 formarea sulfatului de sodiu, Na2CO3 + H2SO4 → Na2SO4 + CO2 + H2O sare neutră, se reduce alcalinitatea solului. Se aplică pe soluri cu carbonaţi de sodiu. Praful de lignit rezultă din exploataţiile miniere, este pulbere, are efect acidifiant prin sulful nativ pe care îl conţine. Se aplică pe soluri puternic solonţate, pe soloneţuri cu crustă. Acifer se obtine prin imbibarea cu acid sulfuric a unui amestec de sulfat de fier, sulfat de aluminiu şi sulfat de calciu. Este amorf, cenuşiu, are 20-30% S. Are valoarea de acidifiere de 260 faţă de gips, care are a=1. Prin hidroliză se formează acidul sulfuric cu efect acidifiant asupra solului. Al2(SO4)3 + 6H2O → 2 Al(OH)3 + 3 H2SO4 FeSO4 + 2 H2O → Fe(OH)2 + H2SO4 Na2CO3 + H2SO4 → Na2SO4 + H2CO3 Se aplică pe soluri saline cu carbonaţi. Clorura de calciu CaCl2.6H2O este un deşeu obţinut la fabricile de sodă, la aplicarea în sol rezultă NaCl, o sare neutră, care se spală pe profil. Na-[CA]-Na +CaCl2 →[CA]=Ca + 2NaCl Valoarea de acidifiere este de 117 faţă de gips. Sulfatul de aluminiu, Al2(SO4)3 produs incolor, solubil in apa, cu valoare de acidifiere de 72 faţă de gips. Al2(SO4)3 + 6H2O → 2 Al(OH)3 + 3 H2SO4 Na2SO3 + H2SO4 → Na2SO4 + H2CO3 Sulfat de feros, FeSO4.7H2O, sare cristalină verde, valoare de acidifiere 72 faţă de gips. FeSO4 + 2 H2O → Fe(OH)2 + H2SO4 Na2CO3 + H2SO4 → Na2SO4 + H2CO3 Acid sulfuric rezidual, H2SO4, incolor, de culoare gălbui uleios, lichid cu 70-95% H2SO4, 32% S, valoare de acidifiere faţă de gips 260. Se aplică pe sărături cu carbonaţi de sodiu. Na2CO3 + CaSO4 → CaCO3 + Na2SO4 2NaHCO3 + CaSO4 → CaCO3 + Na2SO4 + CO2↑ +H2O Calculul dozei de amendament pentru soluri saline şi alcalice Corectarea agrochimică a solurilor saline şi alcalice este mai complexă decât a solurilor acide. Solurile sunt grupate în urma cartării agrochimice în complexe de soluri, apoi se stabileşte măsura de ameliorare

. Ameliorarea solurilor saline şi alcalice urmăreşte modificarea raportului cationilor adsorbiţi astfel încât să fie favorabil plantelor cultivate.

. Amendarea diferenţiată a solurilor sărăturate. Reacţia de amendare apare după anul 2-3, efectul maxim al amendării se produce în anul 6, apoi scade. Dozele variază între 2-12 t/ha Prin aplicarea gunoiului de grajd efectul este superior. Ameliorarea solurilor sărăturate necesită de regulă măsuri complexe. În ordinea complexităţii sunt: arătura adâncă, fără răsturnarea brazdei, se recomandă reţinerea zăpezii; scoaterea la suprafaţă prin arături adânci a orizontului cu carbonaţi sau sulfaţi; aplicarea de amendamente; spălări pentru îndepărtare sărurilor solubile prin levigare pe profilul solului; drenaj artificial, pentru evacuarea apelor încărcate cu săruri solubile. Există patru direcţii de grupare a solurilor sărăturate supuse ameliorării: 1. după condiţiile de geneză; 2. după compoziţia chimică, natura sărurilor şi raportul dintre diferiţi cationi şi anioni; 3. după condiţiile ameliorative şi anume: prin spălări, drenaj sau amendamente, 4. toleranţa plantelor cultivate la salinitate; Sărături cu carbonaţi. Prin amendare trebuie să se înlăture carbonaţii (de sodiu), precum şi Naads din complexul adsorbtiv. Ca amendamente se folosesc produse de tipul substanţelor acide cum sunt: sulful, acidul sulfuric etc. Reacţiile care au loc la amendare sunt: 2S + 3 O2 → 2 SO3 SO3 + H2O → H2SO4 Na2CO3 + H2SO4 → Na2SO4 + CO2 + H2O Prin acţiunea amendamentelor are loc scoaterea Na din complexul adsobtiv, prin înlocuirea lui cu alţi cationi, totodată se reduc CO3 2- şi HCO3 - prin descompunerea lor finală în CO2 şi H2O. Nu este recomandat gipsul (CaSO4.2H2O) întrucât la scurt timp la suprafaţa lui se formează o pojghiţă protectoare de CaCO3, care face ca reacţiile de schimb dintre gips şi sodiul adsorbit să se producă foarte încet, astfel că peste 50 % din gips rămâne în sol fără să reacţioneze (după Davidescu). Na2CO3 + CaSO4 → CaCO3 + Na2SO4

Sărături fără carbonaţi

Se ameliorează prin tratare cu gips sau fosfogips . Dozele de gips se calculează pornind de la cantitatea de sodiu ce trebuie îndepărtată, astfel încât să se realizeze un grad de saturaţie cu baze în care Na să fie sub 12 % din T. Prin reacţiile de schimb dintre gips şi complexul adsorbtiv rezultă sulfatul de sodiu Na2SO4, sare solubilă care este îndepărtată prin măsuri specifice (drenaj, spălare, reţinerea zăpezii, arături adînci). Aplicarea gispului pe un sol fără carbonaţi, cu salinitatea provocată de cloruri. CaSO4 + 2NaCl → CaCl2 + Na2SO4 Aplicarea sulfului elementar pe un sol fără carbonaţi, cu salinitatea provocată de cloruri. 2S + 3 O2 → 2 SO3 SO3 + H2O → H2SO4 H2SO4 + 2NaCl → 2HCl + Na2SO4 Sărături cu cloruri şi sulfaţi Pe aceste sărături, pentru corectarea însuşirilor agrochimice nefavorabile se utilizează gipsul urmat de spălare. Clorurile (NaCl şi MgCl2) şi sulfaţii au influenţă pozitivă asupra creşterii solubilităţii gipsului. Prezenţa unor săruri ca CaCl2 şi Na2SO4, din contră, micşorează solubilitatea gipsului . Amendarea agrochimică a solodiilor Solodiile sunt amendate cu substanţe calcaroase precum CaCO3, CaO, Ca(OH)2, amendarea este diferită faţă de a cea a solurilor saline şi alcalice deoarece solodiile se formează din soloneţuri pe care a stagnat apa. Aluminosilicaţii se desfac în acid silicic şi oxizi de aluminiu, substanţa organică se debazifică, Naads este înlocuit cu H+ . Amendarea constă în neutralizarea acidităţii rezultate. Amendamentele calcaroase odată introduse în sol trec în Ca(HCO3)2, după care Naads prin reacţia de schimb este înlocuit cu Ca.

**Teste de autocontrol**

Care sunt factorii care determină fertilitatea solului? Roca parentală a ;Condiţii de anaerobioză în sol b; Structura solului c ;Resturile vegetale d;

Primăvara la pornirea în vegetaţie, temperaturile instabile înfluenţează efectul îngrăşămintelor cu: Potasiu a; Microelemente b; Azot şi fosfor c ;Azot d;

. Eficienţa îngrăşămintelor variază cu textura solului, creşte de la solurile cu textură uşoară la solurile cu textură grea pentru: Îngrăşămintele cu azot a; Îngrăşămintele cu fosfor b; Îngrăşămintele cu potasiu c; Îngrăşămintele cu microelemente d ;

Pe scara de apreciere a valorii pH a solurilor intervalul optim pentru majoritatea plantelor este: 3,51- 4,30 a; 5,01- 5,80 b ;6,80-7,20 c ;8,01-8,40 d;

Plantele tolerante la aciditate, care preferă un pH al solului între 4 şi 6 sunt: Sfecla de masă a ;Cartof, arbuşti fructiferi b; Floarea soarelui c; Lucernă d;

Plantele tolerante la alcalinitate, care preferă un Porumb a ;108 pH al solului între 6 şi 8 sunt: Floarea soarelui, muştar, sfeclă de zahăr b; Tutun c Mazăre, fasole d

. Plantele mijlociu tolerante la aciditate, care preferă un pH al solului între 5 şi 7 sunt: Cartof, lupin galben a, Ovăz, orez b, Lucernă, rapiţă c, Grâu, porumb, mazăre, fasole d,

. Reacţia bazică a solului favorizează formarea sărurilor mai puţin solubile: Ca(H2PO4)2 a; Ca(NO3)2 b; CaHPO4, Ca3(PO4)2 c; KNO3 d;

Suprafaţa de teren agricol cu soluri cu reacţie acidă se însumează la cca.: 2 milioane ha a; 5,7 milioane ha b; 500 000 ha c ;12 000 ha d;

Aciditatea în sol este dată de prezenţa ionilor de: Calciu a; Hidrogen şi aluminiu b; Magneziu c ;Sodiu şi potasiu d ;

Aciditatea actuală în sol reprezintă un indice: Calitativ de apreciere a acidităţii a; Cantitativ de apreciere a acidităţii b; Cantitativ pentru calcularea dozei de amendament c ;Calitativ de apreciere a bazicităţii d ;

Aciditatea potenţială a solului reprezentată de aciditatea hidrolitică şi de aciditatea de schimb serveşte la: Calcularea dozei de N a ;Calcularea dozei de P b; Calcularea dozei de amendament c ;Calcularea dozei de K d;

Surse de acidifiere în sol sunt: Îngrăşăminte cu reacţie acidă, materia organică din sol şi emisiile de SO2 şi NO2 a’ Îngrăşăminte cu hidroliză bazică b’ Îngrăşăminte cu acţiune neutră c’ Compuşi chelaţi d ‘

Amendamente folosite pentru corectarea reacţiei acide sunt: CaCO3, CaO, C(OH)2, marne a; CaSO4 b; Fosfogips c ;Floare de sulf d

. Efectele amendării asupra proprietăţilor fizice ale solului: Îmbunătăţeşte conţinutul în elemente nutritive a ;Îmbunătăţeşte conţinutul în materie organică b; Îmbunătăţeşte textura solului c ;Scade conţinutul în ioni de hidrogen d;

Efectele amendării asupra proprietăţilor chimice ale solului: Efectul coagulant asupra coloizilor prin stabilitatea agregatelor a; Corectează compoziţia ionică şi măreşte mobilitatea elementelor în sol b; Intensifică activitatea microorganismelor c; Intensifică procesul de nitrificare prin activitatea bacteriilor Azotobacter chroococcum d;

Efectele amendării asupra proprietăţilor biologice ale solului: Efect coagulant asupra coloizilor solului a; Intensifică activitatea microorganismelor b ;109 Îmbunătăţeşte textura solului c; Saturarea complexului adsorbtic cu ioni de calciu d;

. Determinarea acidităţii de schimb şi a aluminiului schimbabil în sol se face prin metoda analitică: Conductometrică a; Titrimetrică b ;Gravimetrică c; Flamfotometrică d;

. Suprafaţa de teren agricol ocupată de solurile sărăturate în ţara noastră este de cca.: 500000 ha a; 3,7 milioane ha b; 5,5 milioane ha c; 300 000 ha d ;

. Alcalinitatea din sol este dată de prezenţa sărurilor: Nitraţi ( K, Ca, Mg) a; Cloruri (Na, Mg), sulfaţi (Na, Mg), carbonaţi şi bicarbonaţi (Na) b; Fosfaţi primari (Ca) c; Fosfaţi terţiari şi secundari (Ca) d;

Cauzele sărăturării solurilor sunt: Pânza de apă freatică în adâncime a; Veri ploioase cu temperaturi scăzute b; Condiţii climatice, reţeaua hidrologică, vegetaţei specifică de plante halofite c; Evapotranspiraţai scăzută d;

. Cauzele sărăturării secundare a solurilor sunt: Veri cu temperaturi ridicate a ;Vânturi puternice ce intensifică evapotranspiraţia b ;Irigaţii fără drenaj, apă de irigat încărcată cu săruri minerale c; Compoziţia chimică a apelor freatice d;

Plante cu toleranţă ridicată la concentraţia de săruri din sol de 10-18mS/cm: Grâu, floarea soarelui, in a ;Bumbac, orz, rapiţă, sfeclă b; Orez, ovăz, porumb c ;Fasole, bob d;

. Determinarea concentraţiei în săruri solubile totale se face prin metoda analitică: Volumetrică a; Potenţiometrică b; Conductometrică c; Spectrofotometrică d;

. Solurile nesolonetizate au valoarea procentului de sodiu adsorbit (PSA) de: PSA 5-10% a; PSA 15-20% b ;PSA 10-15% c; PSA < 5% d ;

Soloneţurile au valoarea procentului de sodiu adsorbit (PSA) de: PSA > 20% a ;PSA 15-20% b; PSA 10-15% c; PSA < 5% d;

Amendamente folosite pentru corectarea compoziţiei ionice a solurilor sărăturate sunt: CaCO3 a; Sulf elementar, fosfogips, gips b; CaO c Ca(OH)2 d;

Măsuri suplimentare pentru ameliorarea sărăturilor: Spălarea periodică a sărurilor, drenaj, arătura adâncă, aplicarea gunoiului de grajd a; Praşila b; Cultivarea plantelor furajere c; Arătura fără întoarcerea brazdei d;