**. Capacitatea de tamponarea a solului şi semnificaţia ei agrochimică**

Din punct de vedere agrochimic prin capacitatea de tamponare a unui sol se înţelege însuşirea pe care solul o are de a se opune oricărei tendinţe de modificare a concentraţiei unui ion (H+ , OH- , PO4 3-, K+ , Ca2+) din soluţia solului prin influenţa reciprocă dintre faza solidă şi lichidă. Capacitatea de tamponare pentru pH reprezintă rezistenţa pe care o opune solul oricărei tendinţe de modificare a reacţiei solului, când se intervine cu o substanţă care disociază ca acid sau ca bază. Capacitatea de tamponare este o caracteristică a fiecărui sistem tampon şi reprezintă numărul de echivalenţi gram, Eg, de acid tare/bază tare adăugaţi într-un litru de extract de sol (soluţie tampon) care modifică pH-ul cu o unitate

. Capacitatea de tamponare pentru pH depinde de prezenţei în sol a 4 factori:

• Sisteme tampon date de amestecuri de acizi slabi şi sărurilor lor;

• Prezenţa unor substanţe amfotere;

• Prezenţa unei suprafeţe adsorbante puternice, reprezentată prin complexul adsorbtiv al solului; • Conţinutul în humus ridicat.

**Acizi slabi şi sărurile lor.** Acizi slabi precum acid carbonic, acizi humici, acizi aluminosilicici şi sărurile lor bicarbonaţi, carbonaţi, humaţi silicaţi reprezintă sistemele tampon pentru pH ale solului. Prezenţa bicarbonatului de calciu Ca(HCO3)2, sare formată dintr-un acid slab şi o bază tare reduce tendinţa de acidifiere prin reacţia: Ca(HCO3)2 CaCO3 + CO2 + H2O Dacă la aplicarea îngrăşămintelor în sol apar radicali acizi atunci sărurile de Ca(HCO3)2 acţionează tampon pentru ca pH-ul să nu se modifice, formând un compus greu solubil care nu influenţează reacţia solului. Ca(HCO3 - )2 + (2H+ +SO4 2-) CaSO4+H2O+2CO2 Dacă apar radicali bazici Ca(HCO3 - )2 + (Ca2++ 2OH- ) 2CaCO3+2H2O pH rămâne neschimbat, deoarece se formează carbonat de calciu, sare neutră care nu modifică pH-ul.

**Substanţele amfotere**. Substanţele amfotere sunt substanţele chimice care se comportă ca un acid în mediu bazic şi ca o bază în mediu acid, astfel de substanţe sunt de natură organică – acizii humici, proteine – şi de natură minerală – hidroxizii metalici- Fe(OH)3, Al(OH)3, Zn(OH)2, Pb(OH)2. La o uşoară modificare a pH-ului substanţele amfotere cedează ioni hidroxil (OH- ) în mediu acid şi se comportă ca o bază, fie cedează protoni (H+ ) în mediu bazic şi se comportă ca un acid.

În mediu acid R(OH)n R (OH)n-1 + OH

În mediu bazic R(OH)n RO(OH)n-1 + H+

În mediu acid [Fe(OH)3]n [Fen(OH)3n-1] + + OH

În mediu bazic [Fe(OH)3]n [FenO(OH)3n-1] - + H+

În mediu acid [Al(OH)3]n [Aln(OH)3n-1] + + OH

În mediu bazic [Al(OH)3]n [AlnO(OH)3n-1] - + H+

**Suprafeţe adsorbante puternice**. Prezenţa unei suprafaţe adsorbante mari reprezentată prin complexul adsorbtiv ([CA]) constituie cel mai puternic factor cu ajutorul căruia solul îşi exercită capacitatea de tamponare. Capacitatea de tamponare la adăugarea unor substanţe cu caracter acid este cu atât mai mare cu cât complexul adsorbtiv este saturat cu baze. Pentru săruri cu hidroliză acidă (NH4)2SO4 reacţia de tamponare se desfăşoară în sensul neutralizării sursei de aciditate rezultată în sol cu formarea unei substanţe neutre, greu solubile de sulfat de calciu.

[C.A.] Ca Ca Mg = = = + ( 2H+ + SO4 2- ) [C.A.]\_ \_ = = H H Ca Mg + CaSO4 Pentru săruri cu hidroliză bazică, reacţia de schimb se realizează prin reţinerea în complex a bazei şi formarea moleculelor neutre de apă, cu constantă de disociere mică astfel reacţia solului nu se modifică. [C.A.] Ca Mg = = + OH- ) [C.A.]\_ \_ = = H Ca Mg H H +( Na+ Na + H2O Există o corelaţie între capacitatea totală de schimb cationic (T) şi puterea de tamponarea a solului pentru pH. Solurile cu capacitatea de schimb cationic mare (T) au şi capacitatea de tamponare mare.

. Borlan şi colab., 1995 citat de Rusu ş.a., 2005 defineşte indicatorii ce pot caracteriza indirect capacitatea de tamponare a solurilor prin valorile logaritmului zecimal al raportului dintre suma bazelor schimbabile (SB) şi aciditatea hidrolitică (Ah) sau prin logaritmul raportului dintre capacitatea totală de schimb cationic (T) şi activitatea protonilor (H+ ).

Prin evaluarea acestor indicatori se poate aprecia influenţa complexului adsorbtiv şi a capacităţii de adsorbţie cu schimb a cationilor asupra capacităţii de tamponare pentru pH.

**Conţinutul în humus.** Humusul şi substanţele de natură proteică prezintă grupări de tipul – COOH şi –NH2 care reacţionează amfoter. Humusul are influenţă directă asupra capacităţii de tamponare a solului prin conţinutul său în substanţe proteice cu grupări funcţionale care reacţioneză în funcţie de modificarea mediului ca un acid sau ca o bază. Substanţele de natură proteică reacţionează după următorul mecanism al sistemelor tampon: NH3 + - -COO- + H+ NH3 + - -COOH mediu acid NH3 + - -COO- + OH- NH2- -COO- mediu bazic Humusul are o anumită limită, care dacă este depăsiţă prin aportul de acid sau bază reacţia solului se modifică. Îngrăşămintele aplicate în doze mari an de an (care hidrolizează acid sau bazic) pot avea efecte negative asupra pH-ului. Puterea de tamponarea a solurilor este diferită. Un sol argilos având un complex adsorbtiv bine reprezentat prin dispersia mai puternică a particulelor coloidale are o putere de tamponare mai mare decât un sol lutos al cărui complex adsorbtiv este mai slab reprezentat. Solul lutos are la rândul lui o putere de tamponare mai mare decât un sol nisipos a cărui capacitate de adsorbţie este slabă. Ct SolArgilos > Ct SolLutos > Ct SolNisipos Solurile pot avea aceeaşi reacţie dar capacitate de tamponare diferită, în concluzie pH-ul nu este o măsură a capacităţii de tamponare a unui sol, el indică numai starea de reacţie a acestuia.

**Substanţă proteică** Fenomenele de oxido-reducere din sol şi importanţa lor în aplicarea îngrăşămintelor Potenţialul de oxidoreducere este o însuşire fizico-chimică influenţată de aeraţia din sol. În sol, reacţiile de oxido-reducere sunt permanente, ele au o mare importanţă în reglarea sistemului nutritiv al plantelor. În sol, atât condiţiile aerobe, cât şi cele total anaerobe sunt nefavorabile pentru acumularea substanţelor nutritive şi faţă de cerinţele plantelor de cultură. În procesele de oxidare se eliberează energie sub diferite forme, are loc o cedare de electroni, o creştere a sarcinii pozitive şi trecerea elementului la o valenţă superioară. În procesele de reducere se consumă energie, are loc o acceptare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi trecerea la o valenţă inferioară a elementului. În natură, fenomenele de oxidare se petrec întotdeauna odată cu fenomenele de reducere, deoarece electronii cedaţi de un element sunt acceptaţi de atomul unui alt element reducător, care se află în acelaşi sistem. Astfel, reacţiile de oxidare şi reducere se petrec concomitent, de unde şi denumirea de reacţii de oxido-reducere sau redox. Reacţiile de oxidare şi reducere se pot considera reversibile, ceea ce permite scrierea lor împreună: În plantele verzi, în timpul creşterii şi dezvoltării datorită formării substanţelor de sinteză, predomină procesele de reducere. În schimb, în sol, pentru a avea condiţii favorabile pentru dezvoltarea plantelor, trebuie să predomine procesele de oxidare, care descompun materia şi eliberează energia. Procesele de oxido-reducere se caracterizează prin diferenţa de potenţial. Acest lucru se petrece şi în sistemul sol-plantă, astfel că, dacă se introduce un electrod de platină în plantă, în sucul celular, iar altul în sol se va constata că sucul celular este încărcat cu electricitate negativă, iar soluţia solului, cu electricitate pozitivă. Pentru exprimarea proceselor de oxido-reducere ale solului se folosesc diferite metode între care locul cel mai important îl ocupă metoda potenţiometrică.

Exprimarea se face prin relaţia rezultată din ecuaţia lui Nernst:

Energia care se consumă sau se eliberează se naşte o diferenţă de potenţial care este cuprinsă în medie între 100 şi 600 milivolţi. Valoarea acestei diferenţe de potenţial este cu atât mai ridicată cu cât potenţialul pozitiv al solului este mai mare, deci cu cât procesele de oxidare sunt mai puternice. Schimbările potenţialului de oxido-reducere al solului în cursul perioadei de vegetaţie influenţează modificarea însuşirilor solului şi a soluţiei solului şi implicit are efect asupra nutriţiei plantelor. Aceste modificări influenţează dinamica compuşilor cu Fe, Mn, N şi nutriţia plantelor cu aceste elemente. În reacţii de oxido-reducere sunt implicate elemente cu valenţă variabilă: Sistem redox pentru fier în sol: Fe3+ + 1e-↔ Fe2+ reacţie de reducere Fe2+ - 1e-↔ Fe3+ reacţie de oxidare Sistem redox pentru mangan în sol: Mn4+ + 2e-↔ Mn2+ reacţie de reducere Mn2+ - 2e-↔ Mn4+ reacţie de oxidare

În solurile cu condiţii de anaerobioză se mobilizează ionii cu valenţe reduse (Mn2+, Fe2+), iar în solurile aerate, predomină ionii cu valenţe superioare (Mn4+, Fe3+). Pe solurile acide are loc reducerea manganului şi a fierului, se disponibilizează astfel ionii de hidroxil OH- , cu efect de neutralizare a acidităţii solului. Procesele de oxidoreducere sunt implicate şi în accesibilitatea ionului fosfat prin fixarea ionului fosfat în compuşi greu solubili sau din contră mobilizarea acestuia şi trecerea lui în forme solubile în funcţie de valenţa ionilor hidroxi-Al, hidroxi-Fe. Procesele de oxidoreducere au importanţă şi în activitatea microorganismelor din sol implicate în mobilitaea unor elemente nutritive din sol, cum ar fi circuitul N, P şi S. Sinteza humusului saturat se face în condiţii de aerobioză, cînd în sol predomină procesele de oxidare, iar la anaerobioză se formează humusul hidromorf şi turba. (după Rusu ş.a, 2005).

Indicele rH2. Clark a propus exprimarea puterii de oxidoreducere, prin analogie cu pHul, prin indicele rH2, care reprezintă log zecimal negativ al presiunii fictive a hidrogenului molecular la un electrod indiferent cufundat într-o soluţie redox. [ ] [ ] red ox lg n 0,058 Eh = E0 + 115 La T = 20˚ C, variază intre 0-41. rH2 are valori absolute în sol cuprinse între 21-38, în soluri bine aerate valoarea rH2 este cuprinsă între 28-34, iar pentru solurile slab aerate rH2=22-23.

Sposito (1989) citat de Rusu ş.a., 2005 propune aprecierea oxidabilităţii solului după valoarea pE, care reprezintă logaritmul zecimal negativ al acţivităţii electronilor liberi. pE = - lg(e- ) Valorile activităţii electronilor liberi sunt cuprinse între -6 şi +13, iar pentru valori mai mari de 7 predomină procesele de oxidare. Când comparăm valorile potenţialului redox la diferite soluri folosim Ehmax şi rH2max . Eh are valori cuprinse între 200-700 mV, sunt limitele inferioare şi superioare în interiorul cărora condiţiile de oxido-reducere din sol sunt favorabile pentru creşterea şi dezvoltarea normală a plantelor. La Ehmin 200mV, în sol se petrec predominant procese de reducere, apropiate de anaerobioza completă, se acumulează compuşi, în concentraţie toxică pentru plante. Valorile Eh ridicate de peste 400mV caracterizează un mediu bogat în oxigen cu condiţii favorabile mineralizării materiei organice La Ehmax 700mV, în sol se petrec procese predominant de oxidare, apropiate de aerobioză completă, are loc o sărăcire a solului în elemente nutritive, ce provoacă deranjamente de nutriţie şi apariţii ale carenţelor. Vara valorile potenţialului de oxidoreducere pe solurile podzolice este de 600-750 mV, iar pe cernoziomuri de 450-600 mV. Reglarea proceselor de oxidoreducere din sol se face mai bine în condiţii naturale pe solurile cu structură glomerulară stabilă, cu conţinut ridicat de humus şi reacţie neutră sau uşor acidă. Prin introducerea îngrăşămintelor în sol se produc modificări ale potenţialului redox în raport cu doza şi felul îngrăşământului: introducerea Ca(H2PO4)2 ridică potenţialul redox, spre deosebire de (NH4)2SO4, care micşorează potenţialul redox. ,0 029 ,0 058 2 E pH rH h + = pH E rH h 2 ,0 029 2 = + 116 Rezumat

**Capacitatea de tamponarea a solului şi semnificaţia ei agrochimică**. Sisteme tampon date de amestecuri de acizi slabi şi sărurilor lor Prezenţa unor substanţe amfotere Prezenţa unei suprafeţe adsorbante puternice reprezentată prin complexul adsorbtiv al solului Conţinutul în humus ridica

.**Fenomenele de oxido-reducere din sol şi importanţa lor în aplicarea îngrăşămintelor** În procesele de oxidare se eliberează energie sub diferite forme, în procesele de reducere se consumă energie. În plantele verzi, în timpul creşterii şi dezvoltării datorită formării substanţelor de sinteză, predomină procesele de reducere, în sol pentru a avea condiţii favorabile pentru dezvoltarea plantelor, trebuie să predomine procesele de oxidare, care descompun materia şi eliberează energia. Ecuaţia lui Nernst: Indicele rH2.

**Teste de autocontrol**

Capacitatea de tamponare a solurilor pentru pH depinde de: Conţinutul solurilor în cationi monovalenţi a; Conţinutul solurilor în cationi bivalenţi b; Prezenţa acizilor slabi şi sărurilor lor, complexul adsorbtiv, materia organică, substanţe amfotere c; Conţinutul solurilor în minerale primare şi secundare d ;

Capacitatea de tamponare a solurilor pentru fosfor depinde de: Concentraţia în ioni de hidrogen a; Concentraţia în microelemente b; Concentraţia soluţiei solului c; Procesele de precipitare, de reţinere de către coloizii organici şi de adsorbţie de către mineralele argiloase a fosforului d ;

. Capacitatea de tamponare a solurilor pentru potasiu depinde de: Prezenţa coloizilor minerali şi organici a; Prezenţa acizilor slabi şi sărurile lor b; Proceselor de precipitare a ionilor c; Reacţiile de substituţie a hidroxizilor amfoteri de Al şi Fe d ;

Procesele de oxidare au loc cu: Cedare de electroni, creşterea sarcinii pozitive şi eliberare de energie a; Cedare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi eliberare de energie b; Acceptare de electroni, creşterea sarcinii pozitive şi eliberare de energie c; Acceptare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi consum de energie d;

. Procesele de reducere au loc cu: Acceptare de electroni, creşterea sarcinii pozitive şi consum de energie a; Acceptare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi consum de energie b; Cedare de electroni, creşterea sarcinii pozitive şi eliberare de energie c; [ ] [ ] red ox nF RT E = E0 + ln 117 Acceptare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi eliberare de energie d;

Procesele de oxidare au loc preponderent în: În plantă, prin formarea substanţelor de sinteză a; În sucul celular al plantelor b; În sol, cu consum de materie organică c; În sol, cu acumulare de materie organică d ;

Procesele de reducere au loc preponderent în: În plantă, prin formarea substanţelor de rezervă a; În sol, cu consum de materie organică b; În sol, cu acumulare de materie organică c; În faza lichidă a solului d;

Procesele de oxido-reducere, care se petrec simultan, se măsoară prin: Diferenţa de potenţial (Eh – E0) exprimată în mV a; Unităţi pH b Unităţi pOH c ;Unităţi pCa d ;

. Puterea de oxido-reducere a solului se exprimă prin: Indicele de pH a; Indicele rH2 b; Indicele pOH c; Indicele pCa d ;

Valorile Eh şi rH2 pentru solurile cernoziomice sunt: Eh =100-200 mV, rH2=10-15 a’ Eh =600-700 mV, rH2=22-23 b’ Eh =450-600 mV, rH2=28-34 c’ Eh =200-300 mV, rH2=35-41 d’

. La valori ale Eh de 200 mV în sol se petrec predominant: Procese de reducere, se acumulează compuşi în concentraţie toxică pentru plante a; Procese de oxidare cu pierdere de materie organică b ;Procese apropiate de aerobioză completă cu sărăcirea solului în elemente nutritive c ;Procese apropiate de anaerobioză completă cu acumulare de materie organică d;

La valori ale Eh de 700 mV în sol se petrec preponderant procese de: Oxidare cu pierdere de elemente nutritive a; Oxidare cu acumulare de elemente nutritive b; Reducere cu acumulare de compuşi toxici c ;Anaerobioză cu acumulare de materie organică d;

**. Biodinamica substanţelor nutritive din sol şi starea de fertilitate**

Solul nu este numai un depozit, o aglomerare haotică de materie şi fiinţe, el este un sistem deschis, organizat, impregnat cu viaţă, materie şi fiinţe, capabil să orienteze sensul tuturor fenomenelor interne în concordanţă cu mediul înconjurător (P. Papacostea, 1976, citat de Gh. Stefanic, 2006) Fertilitatea efectivă a solului e condiţionată şi de satisfacerea condiţiilor necesare desfăşurării activităţii biologice a acestor organisme în sol. Într-un gram de sol se află în medie 22-45 mil. bacterii, 0,7-1,5 mil. ciuperci, 100mii alge. În condiţii favorabile masa totală de microorganisme ajunge în stratul arabil la 5-7t/ha şi se reînnoieşte în decurs de o lună de 2-3 ori. Microorganismele din sol se află în relaţii reciproce cu rădăcinile plantelor rizosferă-nodozităţi –micoriză. Materia organică din sol constituie pentru majoritatea microorganismelor din sol (excepţie fac bacteriile nitrificatoare) substratul din care acestea îşi iau energia necesară pentru procese lor vitale. Majoritatea bacteriilor, cu excepţia celor nitrificatoare, pentru desfăşurarea ciclului lor vital au nevoie de materie organică, de humus. Solurile bogate în materie organică. au activitate microbiologică intensă. Solurile acoperite cu vegetaţie au activitate microbiologică intensă. Unele verigi tehnologice (erbicide, fungicide, irigaţiile) influenţează activitatea acestor microorganisme. Aceste microorganisme consumă energie, elemente nutritive dar eliberează CO2, care ajută la aprecierea fertilităţii prin mineralizarea şi solubilizarea elementelor nutritive şi intensificarea procesului de fotosinteză.

Solul conţine în raport cu însuşirile fizice, chimice, cantităţi diferite de bacterii: bacterii amonificatoare, nitrificatoare, denitrificatoare (N), fosfobacterii (P), sulfobacterii reducătoare, oxidante (S), ferobacteerii reducătoare, oxidante (Fe), bacterii manganifere (Mn).

Pe solurile cu reacţie neutră sau slab acidă condiţiile de viaţă a microorganismelor sunt favorabile. Pe solurile acide se dezvoltă ciuperci, cu efecte negative Un sol cu activitate microbiologică este mai fertil decât solurile fără activitate bacteriană (nisip, podzol). Fiecare bacterie are un circuit specific, aceste circuite sunt influenţate de activitatea umană în procesul tehnologic. Biodinamica elementelor se referă la la circuitul elementelor nutritve în natură, dar şi la circuitul carbonului şi oxigenului, la schimbul dintre biosferă şi mediul înconjurător. În circuitul biologic al oxigenului, al apei şi al carbonului rolul principal revine proceselor fotochimice. Rezistenţa biosferei la acţiunea factorilor externi, la care se adaugă şi activitatea umană, este condiţionată de existenţa mai multor procese ciclice de schimb a elementelor chimice între diferiţi componenţi ai biosferei. La baza echilibrului dinamic din natură stă mecanismul de autoreglare a compoziţiei chimice a acesteia. Circuitul elementelor în biosferă - carbon, oxigen, azot, sulf, fosfor etc. reprezintă trecerea lor din forma minerală în materia vie şi invers ca urmare a unor transformări chimice şi biologice.

**Biodinamica azotului** Azotul joacă un rol important în biosferă. El este componentul de bază al atmosferei terestre. Deoarece azotul este mai puţin reactiv din punct de vedere chimic, circuitul lui în atmosferă se deosebeşte esenţial de cel al oxigenului. Circuitul biologic al azotului este practic un circuit închis care nu are influenţă directă asupra compoziţiei chimice a atmosferei. Un proces important de implicare a azotului atmosferic în circuitul biologic este cel de fixare a azotului atmosferic cu formarea amoniacului şi a altor compuşi ai azotului ca urmare a activităţii microorganismelor solului. Starea de oxidare a azotului în compuşii chimici variază de la -3 (în NH3) pînă la +5 (în HNO3). Legat sub formă de NH3 (NH4 + ) şi NO3 - azotul este absorbit de către plante şi este folosit la sinteza compuşilor ce conţin azot, în special a proteinelor vegetale ce servesc drept hrană pentru animale. În organismul acestora ele se descompun în aminoacizi şi se transformă în proteine animale sau sunt eliminate din organism odată cu dejecţiile În natură există microorganisme capabile să transforme aceste dejecţii în N2 şi astfel are loc circuitul biologic al azotului.

**Fixarea azotului atmosferic (N2).** Se face de către două grupe de bacterii nesimbiotice (cu activitate independent de plante) şi simbiotice (în relaţie cu planta prin nodozităţile de pe rădăcină). Bacteriile nesimbiotice:

• Aerobe: Azotobacter chroococcum (bacterie izolată de J.B.Boussingault în 1838) acţionează în mediu aerob, în sol bogat în materie organică, la pH 6-8 şi are capacitate să fixeze pentru 1g C în corp 8-10 mg N.

• Anaerobe: Clostridium pasteurianum (bacterie izolată în 1893 de S.N.Vinogradski) activează în mediu anaerob, la pH 5,7-7,3, pentru 1 g C în corp se fixează 3-7 mg N.

Bacteriile simbiotice Hellriegel (1888) a descoperit că fixarea azotului în nodozităţile unor plante se datorează unor bacterii din grupa Rhizobium, din care s-au izolat 9-16 specii. Bacteriile trăiesc în nodozităţile de pe rădăcinile leguminoaselor. Ele activează în condiţii aerobe, la temperatura de 18-26˚C şi pH 5,5-7. În condiţii naturale, legarea N2 este înfăptuită în special de bacteriile care trăiesc pe rădăcinile unor plante (mazăre, fasole, soia, lucernă, trifoi etc.). Mecanismul fixării N2 atmosferic în corpul bacteriei. Reducerea fermentativă a N2 de către bacteriile din rădăcini cu participarea atomilor de H din apă contribuie la formarea NH3. Drept catalizator serveşte nitrogenaza. S-a dovedit că nitrogenaza este un complex fermentativ complicat care constă din două proteine cu masă moleculară diferită în componenţa cărora intră clusterul Fe4S4 (în raport de 4 şi 1). Proteina mai mare conţine de asemenea doi atomi de fier şi o Mo-coenzimã cu până la 6-8 atomi de fier pentru un atom de molibden. Reducerea N2 are loc numai în prezenţa acestor două proteine. N N + 6e- + 6H+ ATP ADP Mo Fe 2NH3 Planta aprovizionează bacteriile cu substanţe organice, iar bacteriile aprovizionează plantele cu N fixat din atmosferă prin acelaşi mecanism ca şi bacteriile nesimbiotice. Procesele de nitrificare, denitrificare şi amonificare sunt rezultatul activităţii bacteriilor corespunzătoare. Bacteriile denitrificatoare sunt răspîndite în solurile şi în bazinele acvatice cu un conţinut mic de O2. N2O gazos, format în urma activităţii vitale, trece parţial în atmosferă. Circuitul natural al azotului se caracterizează printr-o viteză mică deoarece este supus acţiunilor antropogene. În momentul de faţă echilibrul azotului în biosferă este încălcat: bacteriile denitrificatoare nu mai reuşesc să prelucreze cantităţile crescânde de azot care trec în mediul ambiant în urma activităţii umane. Drept rezultat are loc acumularea nitraţilor şi a produselor intermediare de nitrificare în mediul înconjurător. Procesele de amonificare, nitrificare, denitrificare din sol Azotul are ca sursă principală în sol materia organică. Din azotul total din sol, numai 0,5-5% este reprezentată de formele anorganice (nitraţi, săruri de amoniu). Formele de azot anorganic din sol provin din îngrăşămintele administrate, din apele de precipitaţie şi descompunerea materiei organice prin procese microbiologice. Datorită condiţiilor variate în care îşi desfăşoarăactivitatea microorganismele din sol, compuşii organici se transformă în produşi cu azot accesibili plantelor.

**1.Amonificarea** Majoritatea plantelor, asimilează azotul din sol sub formă NH4 + si NO3 - . Sunt însă unele plante care pot să asimileze azotul direct din aer folosindu-l în metabolism la sinteza substanţelor proteice. Humusul, resturile organice vegetale si animale din sol transformate de către microorganisme şi îngrăşămintele chimice administrate de tehnologi reprezintă sursa de NH4 + pentru plante. Compuşii organici cu azot sub acţiunea unor grupe de ciuperci si bacterii ca: Pseudomonas ovalis, Bacterium mycoides, Bacterium tumefaciens, Proteus vulgaris, sunt desfăcuţi într-o primă etapă în produşi intermediari (polipeptide, peptide, amide) iar în final în amoniac. Această descompunere a substanţelor organice azotate (protide, aminoacizi, uree, etc) cu formare de amoniac se numeşte amonificare. Amoniacul ce rezultă în urma procesului de amonificare este reţinut în complexul adsorbtiv al solului, sau dizolvat în soluţia solului. In anumite condiţii el se poate transforma în prezenţa bacteriilor nitrificatoare în nitriţi, nitraţi

**. 2.Nitrificarea** Oxidarea amoniacului are loc în sol în condiţii de aeraţie suficientă, umiditate 50-60% din capacitatea de apă, temperatura optimă de 35-37oC, reacţie neutră sau alcalină sub influenţa unor bacterii specifice. Nitrificarea are loc în două faze: Sub acţiunea bacteriilor din familia Nitrobacteriaceae - genurile Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrosoglea, Nitrospira, Nitrosocystis, Nitrosospira amoniul se oxidează în prima treaptă la nitriţi; Sub acţiunea bacteriilor Nitrobacter, Nitrocystis, Bacteriderma alba, Bacterium rosea are loc oxidarea nitriţilor (NO2 - ) în nitraţi (NO3 - ); In final prin reacţii cu hidroxizii din sol se obţin săruri ale acidului azotic. Procesele de nitrificare sunt încetinite de prezenţa unei mari cantităţi de materie organică nedescompusă (paie, coceni). In condiţii favorabile, într-un an prin nitrificare se poate produce în medie o cantitate de cca. 60kg nitraţi /ha.

**3.Denitrificarea** Un fenomen negativ, nedorit care afectează condiţiile de nutriţie a plantelor îl reprezintă denitrificarea care constă în reducerea nitraţilor în nitriţi, amoniac până la azot molecular. Procesul se petrece în etape si este produs de bacterii specifice astfel: A) Reducerea nitraţilor în nitriţi produsă de Bacillus megatherium, Escherichia colli, Pseudomonas pyocyanea; B) Reducerea nitriţilor în oxid de azot produsă de Bacillus subtilis, Clostridium sporogens; C) Eliberarea azotului elementar produsă de Bacillus denitrificans, Bacillus nitroxus, Vibrio denitrificans.

Procesul de denitrificare are loc în soluri cu pH bazic când temperatura depăşeşte 27- 37oC în condiţii de secetă, cu conţinut mare de materie organică, bogate în hidraţi de carbon nedescompuşi(gunoi de grajd păios, nefermentat). Microorganismele denitrificatoare îşi procură oxigenul prin reducerea compuşilor oxigenaţi ai azotului, iar energia necesară proceselor biologice din desfacerea hidraţilor de carbon. Denitrificarea are loc cu consum de energie calorică, este un proces nedorit prin care azotul din sol se pierde intrând în circuitul atmosferic. **Biodinamica fosforului**

Suprafaţa terestră conţine aproximativ 0,1% fosfor. Fosforul nu se întîlneşte în natură în stare liberă ci doar sub formă de compuşi chimici şi minerale, îndeosebi minerale fosfatice. Sursa principală de fosfor este apatita care conţine fosfat sub formă de Ca3(PO4)2. În compuşii săi fosforul poate avea starea de oxidare -3, +1, +3, +4 sau +5. Mai mult sunt răspîndite stările de oxidare +3 şi +5. Circuitul fosforului este mai simplu decît circuitul azotului şi cuprinde doar litosfera şi hidrosfera. Are loc în special prin trecerea unilaterală a fosforului de pe uscat în apă. Ca urmare, circulaţia fosforului depinde de rezervele de fosfor din roci şi din precipitaţii (fig. 23).

**Compuşii fosforului joacă un rol deosebit în sistemele biologice**. Acest element intră în componenţa grupelor fosfatice din moleculele de ARN şi AND care sunt răspunzători pentru biosinteza proteinelor şi transmiterea informaţiei ereditare. El mai este conţinut şi în moleculele de adenozintrifosfat (ATP) cu ajutorul cărora energia chimică se acumulează în celulele biologice. Luând în consideraţie aceste particularităţi, se ajunge la concluzia că limitarea fosforului în mediul ambiant poate contribui la limitarea proceselor vitale. Din mediul acvatic fosforul se separã îndeosebi ca urmare a sedimentãrii sub formă de fosfaţi de fier insolubili. **Biodinamica potasiului**

Ciclul potasiului este aproape în întregime de natură anorganică. Rolul major al potasiului în organismul viu este de control asupra osmozei din celulă, potasiul fiind absorbit, reţinut şi desorbit sub forma ionică de K+ . Cantitatea de potasiu solubil este relativ mică, dar se află în echilibru dinamic cu cantităţi mult mai mari de potasiu schimbabil de unde este eliberat prin schimb cationic. Solul conţine şi potasiu în forme potenţial asimilabile care reprezintă sursa de potasiu pentru plante. Potasiul prezent în mineralele argiloase trece în forme schimbabile prin procesele de transformare a mineralelor în timp, depinzând în mare măsură de proporţia şi tipul de argile prezente în sol

**Potasiul solubil din soluţia solului este direct accesibil plantelor**. Cantitatea de potasiu în soluţia solului variază în funcţie de fertilizanţii aplicaţi, climă şi istoricul culturilor, dar de cele mai multe ori cantităţile de potasiu solubil nu sunt suficiente pentru nevoile plantelor cultivate. Potasiul schimbabil este reţinut pe complexul argilo-humic. Acestă formă de potasiu este considerată ca fiind uşor accesibilă şi împreună cu potasiul din soluţia solului reprezintă formele determinate analitic pentru stabilirea aprovizionării solurilor cu potasiu în timpul vegetaţiei, cele două forme de potasiu aflându-se într-un echilibru dinamic, iar evaluarea disponibilităţii potasiului în forme direct accesibile plantelor este necesară deoarece cantităţile de K accesibile plantelor variază pe întreaga perioadă de vegetaţie. Potasiul neschimbabil "fixat" reprezintă potasiul potenţial asimilibabil, evaluarea cantităţii de potasiu fixat în sol se face prin extracţii în reacţivi specifici, dar prin astfel de extracţii nu se pot determina cantităţile eliberate anual ci doar cantitatea existentă în acesta formă la data analizei. Potasiul mineral trece în forme schimbabile în condiţii speciale în urma unor procesele chimice şi biologice care favorizează trecerea formelor minerale de potasiu în forme reţinute sau adsorbite. Biopreparate pentru fertilizarea solului Pornind de la efectul pozitiv pe care unele microorganisme îl au asupra îmbogăţirii solului în unii compuşi asimilabili de către plante s-au făcut cercetări pentru înmulţirea lor în laborator şi apoi în condiţii industriale pentru utilizarea lor în practică. Pentru prima dată preparate pentru fertilizarea solului au fost obţinute de Nobbe şi Hiltner în 1897, iar în ţara noastră în 1936 prof. Traian Săvulescu şi colab. au realizat „vaccinul pentru soia”, denumit astăzi nitragin. Nitraginul se pregăteşte diferenţiat pentru fiecare specie de plantă: nitragin-soia (Rhizobium japonicum), nitragin – lucernă (Rhizobium melilotti), nitragin- trifoi (Rhizobium trifolii), nitragin – mazăre, linte (Rhizobium leguminosarum), nitragin-fasole (Rhizobium phaseoli), nitragin –lupin (Rhizobium lupini). Solul în urma cultivării plantelor se îmbogăţeşte cu 60-80 kgN/ha în cazul leguminoaselor anuale, 180-300 kgN/ha în cazul leguminoaselor perene. În prezent se prepară Nitragin pentru îmbogăţirea solului cu astfel de bacterii. Nitragin- preparare. Se recoltează de la plante viguroase nodozităţile roz, netede, se spală, se mojarează şi se obţine o suspensie de microorganisme, care se înmulţesc pe mediu de agar-agar, se verifică puritatea speciei, înmulţirea se face în camere termostatate, la 26˚C, apoi se aclimatizează la 3-10˚C, se stochează în flacoane de 250 ml. Tratamentele au efecte pozitive. Se face tratarea seminţelor în ziua semănatului, 2flacoane/ha. (Davidescu V., 2000)

Pentru aplicare se procedează conform unui protocol respectat riguros. Se adaugă apă caldă, bacteriile trec în suspensie Seminţele se umectează înainte de semănare. Tratamentul se face la umbră. Există şi o metodă a cercetătorilor români care foloseşte adaos de 5% aracet, în suspensie, la un pH neutru. Avantajul metodei constă în faptul că se pot semăna şi după 3 săptămâni, bacteriile rămânând viabile pe seminţele tratate. Azotobacterin este un îngrăşământ bacterian alcătuit din culturi de azotobacterii, un biopreparat ce conţine bacterii aparţinând speciei Azotobacter chroococcum. Azotul este asimilat 125 direct din aer, substratul energetic fiind consituit din materia organică din sol. În decursul unui an se poate acumula în sol o cantitate de 20-40 kgN/ha. Fosfobacterin conţine bacterii aparţinând speciei Bacillus megatherium var. phosphaticus, care eliberează fosfor din compuşii organici din sol. Silicobacterin conţine tulpini selecţionate de Bacillus mucilaginosus ssp. siliceus are însuşirea de a descompune unii aluminosilicaţi şi de a elibera astfel potasiul. Condiţiile eficienţei biopreparatelor. Factorul activ îl constituie microorganismele vii, astfel trebuie să existe în sol condiţii favorabile înmulţirii şi activităţii lor normale (după Davidescu D., 1992).

Este necesară îndeplinirea unor condiţii:

• Conţinutul în materie organică din sol trebuie fie ridicat;

• Structura glomerurală a solului, care să asigure un regim de apă şi aer favorabil activităţii microorganismelor;

• Folosirea îngrăşămintelor minerale pentru asigurarea solului cu macro- şi microelemente; • Menţinerea pH-ului aproape de neutru (6,3-7,2);

• Respectarea normelor şi procedurilor de aplicare (însămânţarea în sol umed a seminţelor tratate). Aportul biologic din sinteza sau descompunerea substanţelor organice trebuie să fie cu mult mai mare decît fluxul de substanţe nutritive în biosferă. Trecerea dintr-o stare dinamic echilibrată (pe baza circuitului închis al substanţelor) într-o stare staţionară, cînd aportul exterior de substanţe nutritive ar satisface o bună parte din necesităţile biologice, ar duce inevitabil la dereglarea ecosistemului. Biocenoza care funcţionează pe seama circuitului închis al substanţelor are nevoie de activitate şi cheltuieli energetice; în caz contrar ea va pierde capacitatea de a concura cu biocenoza care îşi bazează existenţa pe aportul de substanţe nutritive din exterior. Mediul ambiant conţine rezerve de substanţe organice şi anorganice care sunt implicate în circuitul biologic. Pentru susţinerea echilibrului dintre procesele de sinteză şi de descompunere a substanţelor chimice biologic active, rezervele acestor substanţe sub formă organică şi anorganică trebuie să fie nu numai limitate dar să şi coincidă ca ordin de mărime.

Rezumat Biodinamica substanţelor nutritive din sol şi starea de fertilitate. Biodinamica azotului. Fixarea azotului atmosferic (N2). Bacteriile nesimbiotice: Aerobe: Azotobacter chroococcum Anaerobe: Clostridium pasteurianum Bacteriile simbiotice: grupa Rhizobium Procesele de amonificare, nitrificare, denitrificare din sol Biodinamica fosforului Biodinamica potasiului Biopreparate pentru fertilizarea solului: Nitragin, Azotobacterin, Fosfobacterin, Silicobacterin

**Teste de autocontrol**

Fixarea azotului atmosferic în plantă se face de către bacteriile nesimbiotice: Rhizobium phaseoli a;l Rhizobium leguminosarum b; Azotobacter chroococum, Clostridium pasteurianum c; Rhizobium trifolii d ;

Fixarea azotului atmosferic în plantă se face de către bacteriile simbiotice: Azotobacter chroococum a; Sporovibrio ferrooxidans b; Din genul Rhizobium c ;Clostridium pasteurianum d; În procesul amonificării are loc descompunerea substanţelor organice azotate cu formare de: NH3 a; CO2 b ;SO2 c; H2O d ;

În procesul nitrificării are loc oxidarea amoniacului cu formare de: NH4OH a; Nitriţi şi nitraţi b; NH2OH c; aminoacizi d;

În procesul denitrificării au loc pierderi de azot prin reducerea de: Nitraţi şi nitriţi a; NH4OH b ;aminoacizi c; NH2OH d;

. Biopreparatul Azotobacterin conţine bacterii aparţinând genului: Azotobacter chroococum a; Bacillus megatherium var. phosphaticum b; Clostridium pasteurianum c; Bacillus mucilaginosus ssp. Siliceus d;

. La prepararea Nitraginului se folosesc bacterii aparţinând genului: Azotobacter chroococum a; Clostridium pasteurianum b; Rhizobium leguminosarum, Rhizobium japonicum, Rhizobium phaseoli c; Bacillus mucilaginosus ssp. Siliceus d;