

## 6.1 EVALUAREA CONȚINUTULUI DE NUTRIENȚI DIN SOL

### 1. Introducere

Una din funcțiile solului este aceea de a produce fitomasă, care se utilizează ca materie de bază pentru producerea de alimente, îmbrăcăminte, combustibili ș.a. Această funcție se pune în valoare prin însușirea solului de a fi rezervor și furnizor continuu de apă și nutrienți, care-i conferă proprietatea generală de fertilitate.

Pentru creșterea plantelor, solul oferă numeroase elemente chimice necesare dezvoltării vegetației și formării recoltelor. Dintre acestea 14 sunt considerate elemente nutritive sau nutrienți. În funcție de cantitatea necesară plantelor și de funcțiile lor fiziologice și biochimice, nutrienții se împart în *macronutrienți* și *micronutrienți*. La rândul lor, macronutrienții se împart în *macronutrienți de ordin primar* (*N, P și K*) și *macronutrienți de ordin secundar* (*S, Ca și Mg*). În grupa micronutrienților se cuprind: Fe (element chimic care la nivelul solului este considerat macroconstituent), Mn, Co, Cu, Zn, B, Mo, Cl.

Solurile conțin rezerve naturale diferite de elemente nutritive în funcție de natura materialului parental și de tipul de sol.

Conținuturile totale de nutrienți din sol reprezintă o însumare de forme cu grade diferite de mobilitate și accesibilitate, de la forma greu mobilizabilă (prezentă în minerale și compuși humici stabili), la cea relativ accesibilă (prezentă în mineralele alterate și materia organică în curs de mineralizare) și la forme ușor asimilabile (elemente schimbabile și solubilizate în apa din sol). Între aceste forme există un echilibru dinamic, continuu, întreținut de absorbția continuă de către plante a nutrienților ușor asimilabili.

Dintre nutrienți, N, P și K se adaugă frecvent în solurile cultivate, sub formă de îngrășăminte minerale și organice, în cantități variate, în funcție de conținutul solului în acești nutrienți și de cerințele plantei cultivate. De asemenea, în cazurile de apariție a unor fenomene carentiale de micronutrienți la unele plante cultivate, cum ar fi carența de Zn la porumb, carența de B la sfecla de zahăr și la unii pomi, carența de Mo la floarea soarelui, se completează zestrea naturală de micronutrienți prin administrarea de îngrășăminte minerale cu astfel de elemente chimice.

Însă pentru a stabili corect necesarul de macro-sau microelemente al solurilor, trebuie evaluat (determinat) conținutul de nutrienți din sol. Această operațiune se face în cadrul activității de cartare agrochimică. Ea cuprinde trei faze, una de teren, alta de laborator și în final, una de birou.

#### *Faza de teren*

În vederea recoltării probelor de sol este necesar să se constituie o bază materială și să se stabilească anumite criterii de recoltare, în funcție de natura folosirii terenului, de gradul de uniformizare a solului și a fertilizărilor anterioare.

Baza materială este formată din: hărți și planuri topografice, sonde, cutii și lăzi pentru probe și un mijloc de deplasare.

Hărțile și planurile topo-pedologice trebuie să fie alcătuite la scara 1:10.000 pentru terenuri plane, folosite în cultura mare, fânețe și pășuni; 1:5.000 pentru terenurile neuniforme din cultura mare și pentru plantațiile de pomi și viță de vie și 1:2.000 sau 1:1.000 pentru culturile legumicole din câmp, sere și solarii.

Baza topopedologică este folosită la constituirea parcelelor de recoltare a probelor medii. Mărimea acestora depinde de complexitatea pedologică, de modul de folosință și de istoricul fertilizării.

Astfel, pentru culturile de câmp situate pe terenuri plane, sau slab înclinate mărimea de recoltare a probelor medii agrochimice este de la 2 la 5 ha, de până la 2 ha pentru solurile erodate și de până la 1 ha pentru solurile puternic erodate și coluvionate. Între 0,25 ha și 2 ha se

stabilește suprafața de recoltare pentru culturile irigate și pentru culturile de legume în câmp și orezării, iar pentru plantațiile de pomi și viță de vie, mărimea parcelei de recoltare a probei medii agrochimice este de la 0,5 la 2 ha. În fine, pentru pășuni și fânețe proba medie agrochimică se colectează de pe o suprafață cuprinsă între 5 și 10 ha.

În cazul serelor mărimea parcelei de recoltare oscilează între 500 și 2.000 m<sup>2</sup>, în funcție de uniformitatea solului. În serele cultivate cu flori parcela de recoltare va fi mai mică, de la 100 la 500 m<sup>2</sup>, ca și în solarii (150-300 m<sup>2</sup>).

Proba medie agrochimică se constituie dintr-un număr de probe parțiale și anume: 25 pentru terenuri fertilizate uniform, 30 pentru soluri slab și moderat erodate și 40 pentru solurile puternic erodate, fertilizate neuniform, solurile sărăturate și organice, plantațiile pomicole și viticole, sere și solarii.

Probele parțiale se recoltează din puncte dispuse în zig-zag, sau pe direcții paralele în interiorul parcelei de recoltare.

Recoltarea probelor se execută cu sonde agrochimice. Sonda propriu-zisă este formată dintr-o tijă metalică prevăzută, pe adâncimea de 0-20 și 20-40 cm, cu un canal în care se colectează proba o dată cu introducerea sondei în sol.

Adâncimea de recoltare este diferită: 0-10 cm pentru pășuni și fânețe, 0-20 cm pentru terenurile arabile, sere și solarii și 0-20 cm și 20-40 cm în plantațiile de pomi și viță de vie.

Fiecare probă parțială, colectată, se introduce într-o cutie, constituindu-se, astfel, proba medie agrochimică. Probele medii agrochimice, ambalate în cutii de lemn, se expediază la laborator.

#### *Faza de laborator*

##### Condiționarea probelor

Probele de sol aduse în laborator, se condiționează în vederea efectuării analizelor, prin uscare în încăperi bine aerisite sau prevăzute cu sisteme de încălzire până la o temperatură de 40°C, după care se mojarază sau se macină în mori speciale până la o dimensiune a particulelor mai mică de 2 mm. La o parte din probe, la care urmează să se determine conținutul de humus, de azot total și de microelemente, se face o prelucrare în plus, prin eliminarea resturilor vegetale de rădăcini și prin mojarare fină.

### 3.2. Setul de analize și metodele de determinare

#### 3.2.1. La soluri arabile, de pajiști și din plantațiile pomicole și viticole

Pentru stabilirea reacției solurilor se măsoară *pH-ul suspensiei apoase* ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), determinat la un raport sol : apă de 1 : 2,5, potențiomtric cu un electrod dublu de sticlă-calomel, sau *pH-ul suspensiei saline* ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), determinat într-o suspensie salină de KCl 0,1n, la un raport sol : soluție de 1 : 2,5, potențiomtric cu un electrod dublu de sticlă-calomel.

În vederea stabilirii nivelului de aprovizionare cu azot se folosesc atât metode directe, cât și indirecte. În grupa metodelor directe intră *determinarea conținutului de azot total* prin metoda Kjeldahl și *determinarea formelor minerale de azot* ( $\text{N-NO}_3$  și  $\text{N-NH}_4$ ), cu ajutorul electrozilor ion selectiv, sau cu ajutorul metodelor spectrofotometrice folosind ca reactivi de colorare acidul fenoldisulfonic, respectiv reactivul Nessler.

Pentru aprecierea indirectă a nivelului de aprovizionare cu azot a solurilor trebuie să se determine: suma bazelor schimbabile (SB) prin metoda Kappen, aciditatea hidrolitică, cu ajutorul metodei Kappen-Daikuhara și humusul prin metoda oxidimetrică, în varianta Walkley – Black, modificarea Gogoasă.

Stabilirea nivelului de aprovizionare cu fosfor se realizează prin extragerea acestuia cu soluția de acetat – lactat de amoniu (AL) la  $\text{pH} = 3,7$ , după Egnèr – Riehm – Domingo și se determină spectrofotometric, ca albastru de molibden.

Pentru stabilirea *nivelului de aprovizionare cu potasiu* se utilizează aceeași soluție extractoare folosită la extragerea fosforului, potasiul dozându-se cu ajutorul fotometriei de flacăra.

*Nivelul de aprovizionare cu sulf* se evidențiază prin determinarea conținutului de sulf din sulfații minerali adsorbiți la suprafața particulelor coloidale, folosind o soluție extractoare de acetat de amoniu și acid acetic, iar dozarea se face turbidimetric.

*Evaluarea conținutului de magneziu* se stabilește prin extracție cu o soluție de  $\text{CaCl}_2$  0,025 n și dozare la spectrometrul cu absorbție atomică.

Pentru stabilirea nivelului de aprovizionare cu microelemente se folosesc extracții cu reactivi convenționali specifici, sau extracții cu un reactiv comun. Dozările pentru microelementele metalice se fac la spectrometrul cu absorbție atomică, iar microelementele anionice se dozează spectrometric, folosind diferiți reactivi de culoare.

Reactivii convenționali specifici utilizați frecvent sunt:

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  1n – EDTA 0,01 n, la pH = 8,6 pentru Zn;

$\text{Na}_2\text{EDTA}$  0,05n pentru Cu;

$\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1n, la pH = 7,0 pentru Mn;

$\text{CH}_3\text{COONH}_4$  la pH = 4,8 pentru Fe;

$\text{HNO}_3$  1n pentru Co;

$\text{H}_2\text{O}$  fierbinte pentru B;

$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  la pH = 3,3 pentru Mo.

Extracția simultană a Fe, Mn, Cu și Zn se realizează cu o soluție de EDTA 0,01m –  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1n la pH = 7,0.

### 3.2.2. La solurile din sere

Se determină pH-ul în suspensie apoasă ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), la un raport sol : soluție de 1 : 5, potențiomtric cu electrod combinat de sticlă-calomel.

Carbonații alcalino-pământoși se determină prin metoda Scheibler (gaz volumetrică).

Materia organică se determină prin pierdere la calcinare, la 600°C.

*Conținutul total de săruri solubile* se determină conductometric, prin măsurarea conductivității electrice a extractului apos, obținut la un raport sol : apă de 1 : 5. Conținutul real de săruri se determină prin măsurarea conductivității electrice a extractului apos 1 : 5, după prealabila precipitare a ionilor  $\text{SO}_4^{2-}$  cu o soluție de  $\text{BaCl}_2$  4%.

În extractul apos 1 : 5 se determină formele minerale ale azotului (N- $\text{NO}_3$ , N- $\text{NH}_4$ ), fosforului, potasiului și magneziului.

Metodele de dozare sunt aceleași cu cele prezentate la analiza solurilor arabile.

Dintre analizele fizice, la solurile din seră se impune, cu necesitate, determinarea texturilor.

## 4. Faza de birou

Valorile analitice obținute în laborator sunt interpretate în acord cu limitele nivelurilor de aprovizionare a solurilor cu nutrienți, stabilite pe baza experiențelor cu plante. În același scop se calculează anumiți indicatori sau indici, care, de cele mai multe ori, prognozează probabilitatea apariției carenței unui nutrient sau a altuia la diferite plante de cultură.

Evaluarea conținutului de nutrienți din solurile arabile, de pajiști și din plantațiile pomicele și viticole

### 4.1.1. Reacția solului

Interpretarea datelor analitice privind reacția solurilor se face după următoarea schemă:

Natura reacției solurilor	Intervale de variație a $pH_{H_2O}$	Intervale de variație a $pH_{KCl}$
puternic acidă	$\leq 5,00$	$\leq 4,20$
moderat acidă	5,01 – 5,80	4,21 – 5,00
slab acidă	5,81 – 6,80	5,01 – 6,00
neutră	6,81 – 7,20	6,01 – 6,50
slab alcalină	7,21 – 8,40	$> 6,50$
moderat, puternic alcalină	$\geq 8,40$	

#### 4.1.2. Evaluarea conținutului de macronutrienți principali

Azotul total din sol, se interpretează în acord cu următoarele intervale de conținut:

Aprecierea nivelului de conținut	% N total
foarte mic	$< 0,100$
mic	0,100 – 0,140
mijlociu	0,141 – 0,270
mare	0,271 – 0,600
foarte mare	$> 0,600$

Formele minerale ale azotului ( $N-NO_3$  și  $N-NH_4$ ) se interpretează în acord cu următoarele considerații: conținutul de nitrați în stratul arat al solurilor este, de regulă, mai mic decât 20 mg/kg la solurile nefertilizate și de 20-40 mg/kg la solurile fertilizate și poate ajunge la peste 60 mg/kg la solurile horticole (Vintilă și colab., 1984). La cantități persistente de peste 100 mg  $N-NO_3$  /kg sol poate să apară fenomenul de poluare cu nitrați a solului, plantei și apei freactice (Lăcătușu și colab., 2000). Amoniul schimbabil și solubil se găsesc în orizontul superior al solurilor, în mod obișnuit în cantități mici și relativ constante, sub 10 mg  $N-NH_4$ /kg (Vintilă și colab., 1984). Cantitățile pot crește, uneori abrupt, pentru unele perioade scurte în urma fertilizării cu îngrășăminte care conțin azot amoniacal sau care generează amoniu prin hidroliză. Indirect, aprecierea nivelului de asigurare cu azot a solului se poate face cu ajutorul indicelui de azot (IN), propus de Borlan și colab. (1967, în Borlan și Hera, 1973).

$$IN = \frac{Hum. \cdot V}{100}$$

unde:

Hum. = conținutul de humus, în %;

V = gradul de saturație în baze, în %.

Valorile IN mai mici sau egale cu 2 arată un nivel scăzut de asigurare cu azot a solului, între 2,1 și 4,0 indică o aprovizionare mijlocie, între 4,1 și 6,0 semnifică o aprovizionare bună, iar valori mai mari decât 6,0 arată o aprovizionare foarte bună.

Pentru interpretarea conținutului de *P mobil* din sol, solubil în soluția de acetat-lactat de amoniu la pH 3,7, se folosesc limitele prezentate în continuare, în două variante de interpretare: pentru culturi cu tehnologie normală și cu tehnologie intensivă.

Intervale de variație mg/kg, P	Asigurarea solului cu fosfor	
	Culturi de câmp, pajiști naturale și cultivate din zona de câmpie și colinară, plantații clasice de pomi și viță de vie	Legume cultivate în câmp, pajiști naturale și cultivate din zona montană, plantații intensive de pomi și vită de vie, pepiniere pomicole și viticole, plantații de portaltoi, plantații de hamei
≤ 8,0	foarte slabă	foarte slabă
8,1 – 18,0	slabă	
18,1 – 36,0	mijlocie	
36,1 – 72,0	bună	slabă
72,1 – 108,0	foarte bună	mijlocie
108,1 – 144,0		bună
> 144,0	excesivă pentru unele plante	foarte bună

Dacă pH-ul solului determinat în suspensie apoasă ( $pH_{H_2O}$ ) este mai mic decât 6,5, valorile analitice obținute se interpretează după schema de mai sus, dacă  $pH_{H_2O}$  este mai mare decât 6,5, valorile analitice se corectează după o curbă descrisă de ecuația:

$$FC = 1,3 \text{ pH} - 0,1105 \text{ pH}^2 + 2,819$$

având în abscisă valorile pH-ului, iar în ordonată valorile factorului de corecție (FC).

Valorile astfel corectate se interpretează după limitele intervalelor prezentate în tabelul de mai sus.

În mod similar, interpretarea valorilor analitice ale *conținutului de K mobil*, solubil în soluția de AL, la  $pH = 3,7$  se face după schema prezentată în continuare.

Intervale de variație mg/kg, K	Asigurarea solului cu fosfor	
	Culturi de câmp, pajiști naturale și cultivate din zona de câmpie și colinară, plantații clasice de pomi și viță de vie	Legume cultivate în câmp, pajiști naturale și cultivate din zona montană, plantații intensive de pomi și vită de vie, pepiniere pomicole și viticole, plantații de portaltoi, plantații de hamei
≤ 66,0	Slabă	foarte slabă
66,1 – 132,0	Mijlocie	slabă
132,1 – 200,0	Bună	
200,1 – 265,0		mijlocie
265,1 – 400,0	foarte bună	bună
> 400,0		foarte bună

#### 4.1.3. Evaluarea conținutului de macronutrienți secundari

Datele analitice ale *sulfului mobil din sol*, extras cu ajutorul soluției de acid acetic-acetat de amoniu, se pot interpreta folosind următoarea schemă:

sub 5 mg/kg – soluri slab asigurate;

între 5 și 10 mg/kg – soluri mediu asigurate;

peste 10 mg/kg mg/kg – soluri bine asigurate.

Nivelul de asigurare al solului cu *magneziu*, extras în soluția de  $CaCl_2$  0,025n, se stabilește în funcție de textura solului. Astfel, la soluri nisipoase cu un conținut mai mic decât 2,5

mg/100 g sol, nivelul de aprovizionare cu Mg este scăzut, între 2,5 și 5,0 mg/100 g sol este mijlociu, iar peste 5,0 mg/100 g sol este ridicat. La soluri cu textură lutoasă cele trei nivele sunt: < 3,5 mg/100 g sol, între 3,6 și 7,0 mg/100 g sol și peste 7,00 mg/100 g sol, pe când la soluri cu textură argiloasă intervalele sunt < 6,0 mg/100 g sol, 6,1 – 12,0 mg/100 g sol, peste 12,0 mg/100 g sol.

Probabilitatea de apariție a carenței de Mg poate fi stabilită cu ajutorul indicelui carenței de Mg (ICMg), elaborat de Borlan (în Lăcătușu, 2000). Acesta se calculează cu ajutorul relației:

$$ICMg = \frac{Mg \cdot Fr}{K}$$

în care:

Mg = Mg schimbabil, în mg/kg;

K = K schimbabil, în mg/kg;

Fr = factorul de reacție =  $[1,10^{-0,555(pH-4)}]$

Valori mai mici, ale acestui indice, decât 0,15 arată o probabilitate foarte mare de apariție a carenței de Mg, pe când valori mai mari decât 12 arată o probabilitate foarte mică de apariție a fenomenului. Între aceste două limite cu pasul de 0,15; 0,30 și 0,60 se dispun intervalele care arată o probabilitate mare, mijlocie și mică de apariție a carenței de Mg.

#### 4.1.4. Evaluarea conținutului de micronutrienți

Evaluarea nivelului de aprovizionare a solurilor cu microelemente, forme mobile se face în acord cu natura soluțiilor convenționale utilizate la extracție.

Astfel, în cazul *zincului*, la extragerea sa cu soluția de  $(NH_4)_2CO_3$  1n – EDTA 0,01n la pH = 8,6, valorile mai mici decât 1,4 mg/kg delimitează solurile normal asigurate de cele insuficient asigurate cu zinc.

Probabilitatea de apariție a carenței de zinc se poate stabili cu ajutorul a doi indici sintetici stabiliți de Borlan și colab. (1975, 1982) și anume: indicele reacție – fosfați mobili (IRPM) și indicele carenței de zinc (ICZn):

$$IRPM = 90 - 10 \text{ pH}/P_{AL}$$

$$ICZn = Zn \cdot Fr \cdot 100/P_{AL}$$

în care:

pH = pH-ul solului în suspensie apoasă;

$P_{AL}$  = conținutul de P mobil, în soluție AL;

Zn = conținutul de Zn mobil, solubil în soluția de  $(NH_4)_2CO_3$  1n – EDTA 0,01n la pH = 8,6;

Fr = factor de reacție ; Fr =  $1,3 \text{ pH} - 0,11 \text{ pH}^2 - 2,82$  pentru solurile cu  $\text{pH}_{H_2O} < 8,0$  și:

Fr =  $(1,3 \text{ pH} - 0,11 \text{ pH}^2 - 2,82) + (\text{pH} - 8,0)(0,05\text{pH})$  pentru solurile cu  $\text{pH}_{H_2O} > 8,0$ .

Probabilitate mare de declanșare a carenței de zinc apare la plantele susceptibile la acest fenomen sau la solurile la care valorile IRPM și ICZn sunt mai mici decât 0,384 respectiv 1,7.

*Cuprul* determinat în soluția de  $Na_2EDTA$  0,05m poate fi evaluat din punct de vedere al abundenței în sol în funcție de nivelul critic de 0,75 mg/kg, care separă solurile cu probabilitate de apariție a carenței în acest microelement de solurile pe care acest fenomen, de regulă, nu apare.

*Manganul schimbabil*, extras cu soluția de  $CH_3COONH_4$  la pH = 7,0, la valori de conținut mai mici decât 2,5 mg/kg arată un nivel de aprovizionare foarte scăzut, cu probabilitate ridicată de apariție a carenței, între 2,5 și 5,0 mg/kg conținutul este scăzut, de la 5 la 20 mg/kg, conținutul de Mn schimbabil este mijlociu, de la 20 la 40 mg/kg conținutul este ridicat, iar peste 40 mg/kg este foarte ridicat cu probabilitate mare de apariție a toxicității.

Dereglările de nutriție la plante induse de un fond carențial în *fier* generează fenomenul de cloroză ferică, apărut, de regulă, la pomi și vița de vie din plantațiile instalate pe soluri calcaroase.

Extracția fierului din sol, cu soluția de  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  la  $\text{pH} = 4,8$  poate da indicații asupra probabilității apariției acestui fenomen. Astfel, pe solurile care conțin mai puțin de  $0,3 \text{ mg/kg}$  Fe solubil în acest reactiv convențional, frecvența apariției clorozei ferocalcice este ridicată, în timp ce la solurile care conțin între  $0,3$  și  $2 \text{ mg/kg}$  Fe solubil probabilitatea de apariție a fenomenului scade semnificativ.

*Cobaltul* extras din sol cu o soluție de  $\text{HNO}_3$  1n, la valori mai mici decât  $1 \text{ mg/kg}$  arată un conținut scăzut, între  $1$  și  $3 \text{ mg/kg}$  un conținut mijlociu, de la  $3$  la  $5 \text{ mg/kg}$  un conținut ridicat, iar peste  $5 \text{ mg/kg}$  un conținut foarte ridicat.

Datele analitice ale conținutului de *bor* hidrosolubil se interpretează în funcție de textura solului. Astfel, valori mai mici decât  $0,15$ ;  $0,25$  și  $0,35 \text{ mg/kg}$  arată un conținut scăzut de bor pentru soluri cu textura grosieră, medie respectiv fină. De la aceste valori până la  $0,25$ ;  $0,40$  respectiv  $0,60 \text{ mg/kg}$ , pentru cele trei categorii texturale, aprovizionarea este mijlocie, în timp ce intervalele care au ca limită stângă ultimele valori citate, iar limita dreaptă valorile:  $1,0$ ;  $1,2$  și  $2,0 \text{ mg/kg}$  desemnează soluri care au un conținut ridicat de B. Conținuturile mai mari decât  $1,0$ ;  $1,2$  sau  $2,0 \text{ mg/kg}$  desemnează soluri cu un conținut foarte ridicat de B, cu probabilitate de apariție a fenomenului de toxicitate.

Evaluarea conținutului de *molibden* din sol se face pe baza datelor analitice obținute în urma extragerii microelementului în soluția de  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  la  $\text{pH} = 3,3$  și a unor indici.

În general, valorile analitice mai mici decât  $0,02$  indică soluri sărace în molibden mobil.

Indicele de molibden (IMo) precizează limitele de interpretare astfel: valorile sub  $6,2$  indică soluri slab aprovizionate cu acest microelement, între  $6,2$  și  $8,2$  – soluri mijlociu aprovizionate, iar valorile mai mari decât  $8,2$  arată o aprovizionare bună cu acest microelement.

$$\text{IMo} = \text{pH}_{\text{KCl}} + (10 \cdot \text{Mo})$$

în care:

Mo = conținutul de Mo extras în soluția de  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (mg/kg).

Probabilitatea apariției carenței secundare de molibden induse de nitrați, la plantele de floarea soarelui, poate fi stabilită cu ajutorul următorului indice:

$$\text{ICMoIN} = \frac{\text{Mo} \cdot \text{pH}_{\text{KCl}} \cdot 100}{\text{N} - \text{NO}_3}$$

în care:

Mo = conținutul de Mo determinat în soluția de  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 - \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (mg/kg);

N-NO<sub>3</sub> = conținutul de azot nitric al solului (mg/kg).

Valori ale acestui indice mai mici decât  $1,72$  arată o probabilitate mare de apariție a fenomenului, între  $1,72$  și  $5$  – mijlocie, între  $5$  și  $10$  mică, iar peste  $10$  foarte mică.

În cazul practicării extracției simultane cu EDTA  $0,01\text{m} - \text{CH}_3\text{COONH}_4$  la  $\text{pH} = 7,00$  a patru micronutrienți metalici (Fe, Mn, Cu, Zn), interpretarea datelor analitice obținute se face după altă schemă. Astfel, valorile fierului mai mici de  $4 \text{ mg/kg}$  sol separă solurile slab aprovizionate de cele bine și foarte bine aprovizionate cu acest microelement.

*Manganul* se evaluează în funcție de textura solului. Valorile mai mici decât  $12$ ,  $15$  sau  $20 \text{ mg/kg}$  arată un conținut scăzut pentru solurile cu textură grosieră, mijlocie respectiv fină. Intervalele de valori  $12 - 20$  și  $15 - 30$  și  $20 - 50 \text{ mg/kg}$  arată o aprovizionare mijlocie pentru cele trei clase texturale, iar valorile mai mari decât  $20$ ,  $30$  respectiv  $50 \text{ mg/kg}$  arată o aprovizionare ridicată.

Valorile *cuprului*, mai mici decât  $0,5 \text{ mg/kg}$  indică un conținut scăzut, între  $0,5$  și  $1,5 \text{ mg/kg}$  un conținut mijlociu, iar peste  $1,5 \text{ mg/kg}$  un conținut ridicat.

În mod similar, pentru *zinc* cele trei niveluri de aprovizionare sunt marcate de valori mai mici decât 1,5 mg/kg, între 1,5 și 3,0 mg/kg și peste 3,0 mg/kg.

Evaluarea conținutului de nutrienți din solurile de seră

Rezultatele analitice ale conținuturilor de nutrienți, determinați în extractul apos, se interpretează în acord cu textura solului, după schemele prezentate în continuare:

Nivelul de asigurare al solului	N mineral N-NO <sub>3</sub> + N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
	mg/100 g sol			
Textură ușoară și un conținut de materie organică de la 4 la 6%				
Scăzut	≤ 2,0	≤ 4,0	≤ 4,0	≤ 4,0
Moderat	2,1 – 5,0	4,1 – 6,0	4,1 – 10,0	4,1 – 6,0
Normal	5,1 – 8,0	6,1 – 8,0	10,1 – 16,0	6,1 – 8,0
Ridicat	8,1 – 11,0	> 8,0	16,1 – 22,0	> 8,0
Foarte ridicat	> 11,0		> 22	
Textură ușoară și un conținut de materie organică de la 6 la 8%				
Scăzut	≤ 3,0	≤ 2,5	≤ 6,0	≤ 2,5
Moderat	3,1 – 6,0	2,6 – 4,0	6,1 – 12,0	2,6 – 4,0
Normal	6,1 – 10,0	4,1 – 6,0	12,1 – 20,0	4,1 – 6,0
Ridicat	10,1 – 13,0	> 6,0	20,1 – 26,0	> 6,0
Foarte ridicat	> 13,0		> 26	
Textură ușoară și un conținut de materie organică de la 8 la 12%				
Scăzut	≤ 5,0	≤ 2,0	≤ 10	≤ 2,0
Moderat	5,1 – 8,0	2,1 – 3,0	10,1 – 16,0	2,1 – 3,0
Normal	8,1 – 13,0	3,1 – 4,0	16,1 – 20,0	3,1 – 4,0
Ridicat	13,1 – 16,0	> 4,0	26,1 – 32,0	> 4,0
Foarte ridicat	> 16,0		> 32,0	

Pentru ca plantele de seră să se dezvolte normal este necesar ca solul să prezinte conținuturi de săruri mai mici sau egale cu cele care rezultă din inegalitățile:

$$\text{Săruri solubile (\%)} \leq \frac{2MO + 15}{100}$$

$$\text{Clorură de sodiu (mg/100 g sol)} \leq 2MO + 15$$

$$\text{Conductivitatea electrică} \leq \frac{2MO + 15}{44}$$

##### 5. Realizarea materialului grafic și a raportului

Valorile analitice determinate și valorile indicilor sintetici obținuți prin calcul se trec pe hărți și cartograme.

Cartogramele se efectuează la scara la care s-a făcut cartarea (1 : 5.000; 1 : 2.000). Ele cuprind elementele topografice, limitele unităților de sol și parcelelor de recoltare a probelor medii agrochimice.

Se alcătuesc cartograme pentru fiecare indicator agrochimic testat: pH, stare de aprovizionare cu N, P, K ș.a. În fiecare unitate analitică sunt înscrise numerele de ordine ale probelor și rezultatele analitice obținute. Pe cartograma reacției solului, încadrate într-un cerc, se înscriu sub formă de fracții, valorile gradului de saturație în baze ( $V_{Ab}$ ) la numărător și valoarea  $(AI/SB) \times 100$  la numitor, bineînțeles acolo unde au fost efectuate astfel de determinări. La solurile cu pH > 6,5 valorile fosforului de corectează cu un factor de reacție.



Pentru redarea stării de asigurare a solului cu N, P sau K, se colorează suprafețele de pe hartă în roșu, galben sau albastru în funcție de nivelul scăzut, mijlociu sau ridicat de aprovizionare a solului cu elementul analizat.

Recomandările de fertilizare care reprezintă partea finală a raportului, se fac pe baza unei cartograme agrochimice de sinteză, pe care sunt delimitate parcelele de fertilizare.

Acestea reprezintă suprafețe omogene din punct de vedere al încadrării în clase de reacție și de asigurare cu nutrienți. În fiecare parcelă se înscriu valorile medii ale indicatorilor pH, IN, P<sub>AL</sub> și K<sub>AL</sub>.

Parcelele de fertilizare își păstrează valabilitatea până la un nou ciclu de evaluare a conținutului de nutrienți.

Toate aceste operațiuni care au condus la evaluarea conținutului de nutrienți din sol au ca punct final stabilirea necesarului îngrășămintelor minerale și organice, eventual amendamente, în acord cu însușirile solului, cu tehnologiile aplicate anterior, cu cele care se vor aplica și bineînțeles cu recolta scontată a se obține.

## 6. Bibliografie selectivă

1. Borlan Z., Hera Cr., 1973, *Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raționale a îngrășămintelor*; Ed. Ceres, București;
2. Borlan Z., Răuță C., (Red. coord), 1981, *Metodologie de analiză agrochimică a solurilor în vederea stabilirii necesarului de amendamente și îngrășămintei*; 2 vol.; Seria Metode, rapoarte îndrumări; ICPA nr. 3
3. Davidescu D., Davidescu Velicica, Lăcătușu R., 1984, *Sulfur, calciul și magneziul în agricultură*; Ed. Academiei RSR, București
4. Davidescu D., Davidescu Velicica, Lăcătușu R., 1988, *Microelementele în agricultură*; Ed. Academiei RSR, București
5. Davidescu D., Davidescu Velicica, 1992, *Agrochimia horticolă*, Ed. Academiei Române, București
6. Lăcătușu R., 2000, *Agrochimie*; Ed. Helicon, Timișoara
7. Lăcătușu R., 2000, *Mineralogia și chimia solului*; Ed. Universității „Al. I. Cuza” Iași
8. Lăcătușu R., Kovacsovics Beatrice, Plaxienco Doina, Rîșnoveanu I., Lungu Mihaela, Mihalache Daniela, 2000, *Încărcarea cu poluanți proveniți din îngrășămintei și pesticide a unor soluri, legume și a apei freatică din partea sudică și estică a municipiului București*; Lucr. Simpoz. „Protecția Mediului în Agricultură”, vol. 1, 279-293
9. Vintilă Irina, Borlan Z., Răuță C., Daniliuc D., Țigănaș Letiția, 1984, *Situația agrochimică a solurilor din România; Prezent și viitor*; Ed. Ceres, București