

PROPRIETĂȚILE SOLULUI CA FACTORI ȘI DETERMINANȚI ECOLOGICI

1. Mineralele primare, secundare și alți produși secundari de alterare

- Sursa de elemente nutritive, microelemente, substanțe amorfe, minerale argiloase, oxizi și hidroxizi etc.
- Elementele nutritive se găsesc:
 - adsorbite în complexul coloidal sau sub formă de săruri solubile (rezerva accesibilă);
 - săruri greu solubile, compuși organici și organo-minerali, în rețeaua cristalină a diferitelor minerale (rezerva totală sau nemobilizabilă).
- Principalele elemente minerale pentru nutriția plantelor sunt: azotul, fosforul și potasiul.
- Indicele azot: $IN = \frac{\text{Humus (\%)} \times V (\%)}{100}$
- Pierderea elementelor nutritive din sol are loc prin levigare și eroziune.
- Administrarea îngrășementelor și stimularea activității microorganismelor.

2. Materia organică vegetală moartă și humusul

- **Materia organică vegetală moartă: celuloză (20-50 %), hemiceluloză (10-28 %), glucide (1-18 %) proteine (1-15 %), taninuri, substanțe colorante, ceruri, grăsimi, și alte substanțe (1-15 %).**
 - **Resturile organice suferă două procese: mineralizare și humificare.**
 - **Materia organică în descompunere favorizează activitatea microorganismelor (se degajă bioxid de carbon, crește conținutul de ioni H^+ , se intensifică hidroliza mineralelor).**
 - **Influențele humusului:**
 - **De natură fizică:**

Are culoare închisă, micșorează albedoul, și mărește gradul de încălzire a solului.
Participă la formarea structurii.
Are capacitate mare de reținere a apei (de 3-5 ori greutatea proprie).
După uscare se reumezește greu.
 - **De natură chimică și fizico-chimică**

Acizii humici eliberează o cantitate mare de ioni H^+ .
Humusul saturat conține o cantitate mare de azot și cationi bazici.
Capacitate mare de adsorbție și schimb cationic.
 - **De natură biologică**

Substrat favorabil pentru înmulțirea și activitatea microorganismelor.
Conține stimulatori sau inhibitori de creștere, antibiotice, antibacteriene.
-

3.Textura solului

Relațiile textură – factori și determinanți ecologici:

- **Substanțele nutritive accesibile și mobilizabile sunt dependente de aria superficială specifică.**
 - **Reținerea apei în sol.**
 - **Aerul și aerația cresc de la solurile argiloase spre solurile nisipoase.**
 - **Drenajul intern al solului.**
 - **Consistența (coeziune, aderență, dezvoltarea rădăcinilor).**
 - **Temperatura solului (diferențele între solurile nisipoase și argiloase).**
 - **Complexul adsorbativ și schimbul de ioni.**
 - **Porozitatea capilară și necapilară.**
 - **Indicii hidrofizici.**
 - **Permeabilitatea pentru apă și aer.**
 - **Cedarea apei.**
 - **Structura (formarea și tipul).**
 - **Procese biochimice.**
-

4. Structura solului

- **Structura: microagregate și macroagregate.**
 - **Pori în interiorul agregatelor și între agregate.**
 - **Pori capilari în interiorul agregatelor și necapilari între agregate.**
 - **Structurarea favorizează: consistența, infiltrarea apei, reținerea și păstrarea apei, aerația, mineralizarea și humificarea materiei organice, activitatea biologică etc.**
 - **Plantele folosesc un volum fiziologic util dezvoltat.**
 - **Asigură un raport favorabil apă-aer.**
 - **Asigură o activitate biologică intensă.**
-

5. Porozitatea solului

- **Porii diferă prin mărime și prin funcțiile pe care la îndeplinesc.**
 - **Porozitate: totală, capilară și necapilară (porozitatea de aerație sinonimă cu capacitatea pentru aer a solului).**
 - **Porozitatea solului determină: regimul aero-hidric, termic, trofic etc.**
 - **Proporția între porii capilari și necapilari influențează relațiile solului cu apa.**
 - **Porozitatea influențează și volumul edafic util.**
 - **Porozitatea totală se află în strânsă corelație cu densitatea aparentă. DA indică starea de afânare a solului (variază între $0,8 \text{ g/cm}^3$ într-un orizont afânat și bogat în humus și $1,75 \text{ g/cm}^3$ într-un orizont tasat, cu acumulare de coloizi minerali).**
 - **Densitatea aparentă este un indicator ecologic complex al: stării de afânare sau tasare, puterii de drenare și aerare, conținutului în humus, coezivității, intensității activității biologice.**
 - **$PA = PT - CC \times DA$; acest indice caracterizează solurile din punct de vedere al intensității schimbului de gaze cu atmosfera; limita inferioară este de 10 % din volumul solului.**
-

Vlorile optime pentru plante ale densității aparente, porozității totale și ale capacității pentru aer

Specia de sol	Densitatea aparentă (g/cm³)	Porozitatea totală (%)	Capacitatea pentru aer la 0,1 atm. (%)
Nisipos	1,60	40	15
Lutos	1,45	45	12
Argilos	1,20	47	10

Inici de caracterizare a stării de aerare a solului

Limita de aerație: $LA = (PT - 10) / DA$

PT (%), DA (g/cm³)

Desparte solurile normal umezite de cele cu exces de umiditate.

Indicile deficitului de aerație $Ida = (W_m - PT + 10) \times 10$

W_m (% din volum) – umiditatea momentană, PT (%)

Interpretarea acestui indice:

AA – mai mici de (-20), aerație deplin satisfăcătoare,

A – (-20) – 0, la limita de aerație, pentru cele mai multe culturi,

DA1 – 0 – 20, aerație moderat deficitară,

DA2 – 20 – 60, aerație deficitară,

DA3 – 60 – 100, aerație total deficitară.

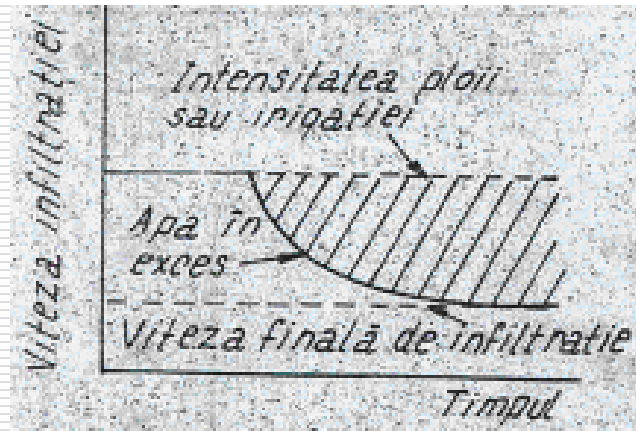
Lipsa aerului favorizează: procesele anaerobe, pierderea azotului prin denitrificare, mobilizarea fosforului sub acțiunea reducătoare a bacteriilor.

6. Apa din sol

Pătrunderea apei în sol

Pătrunderea apei în sol (din precipitații, irigații etc.) – infiltrație

Viteza de infiltrație variază în timp și depinde de: gradul inițial de umezire (sucțiune), textură, structură și uniformitatea profilului de sol.



Mărimea vitezei de infiltrație este influențată de următorii factori

Timpul de când a început alimentarea cu apă a solului

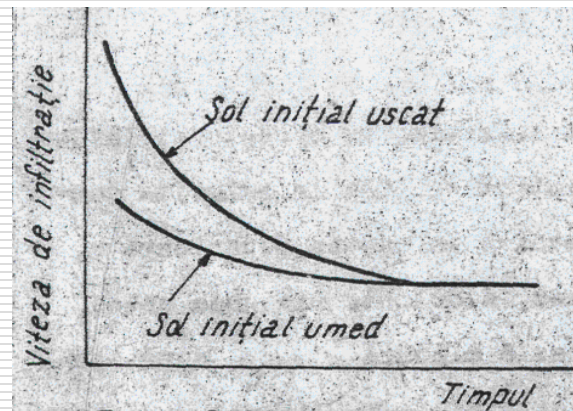
Aceasta este mai mare în prima perioadă și scade până se apropie de o valoare constantă care depinde de caracteristicile solului.

Viteza finală de infiltrație	
Specia de sol	Viteza finală de infiltrație mm/oră
nisipos	> 20
nisipo-lutos și luto-nisipos	10 - 20
lutos	5 - 10
argilos	1 - 5
soluri argiloase sodice	< 1

Aprecierea permeabilității solului după valorile lui K	
A p r e c i e r e	Conductivitatea hidraulică saturată (mm/oră)
excesiv de mică	< 0,2
foarte mică	0,3 - 0,5
mică	0,6 - 2,0
mijlocie	2,1 - 10
mare	10,1 - 35
foarte mare	> 35,1

Conținutul inițial de apă al solului

Solul umed are o viteză inițială de infiltrație mai mică decât solul uscat. Viteza finală de infiltrație este independentă de conținutul inițial de apă.

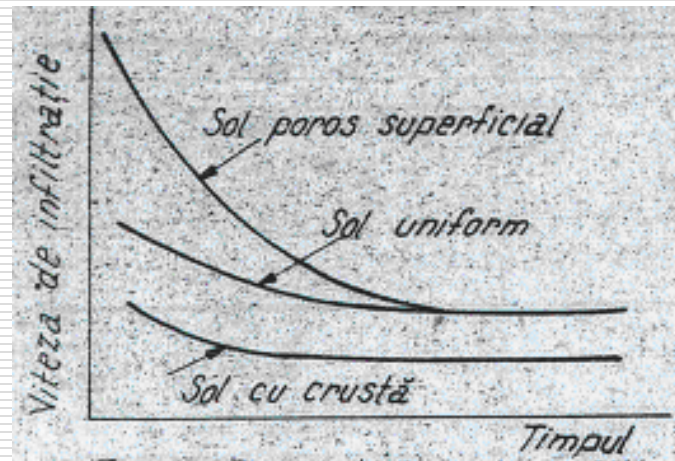


Conductivitatea hidraulică a solului, cu
care este în corelație directă

Alți factori:

Condițiile de la suprafața solului

Când aceasta este poroasă și cu structură stabilă, viteza inițială de infiltrație este mai mare. Solurile cu crustă au vitezele inițială și finală mai mici.



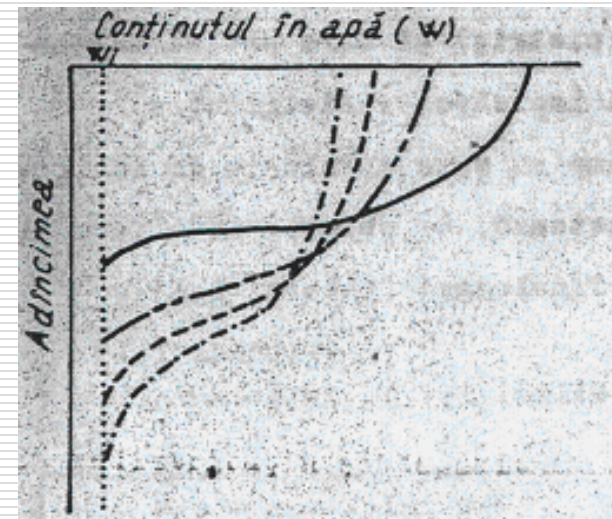
Neuniformitatea texturală a profilului

Straturile cu textură mult diferită pot reduce viteza de infiltrație. Pare surprinzător, dar atât straturile argiloase, cât și cele nisipoase au același efect.

Redistribuirea apei în sol

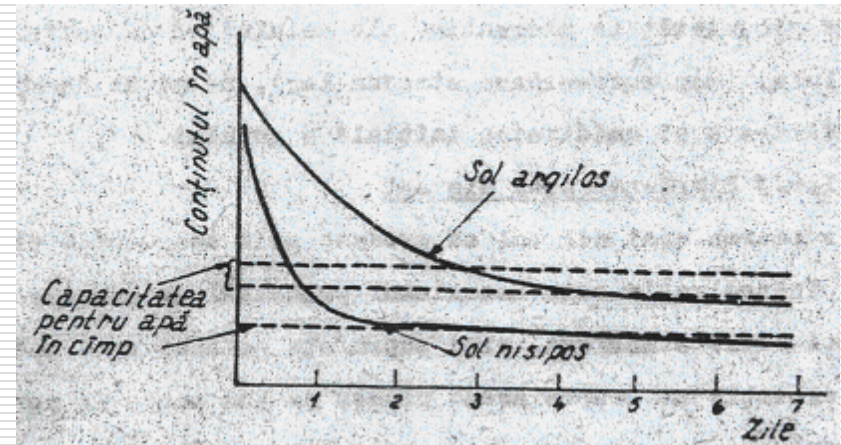
După ce încetează alimentarea cu apă a solului (ploi sau irigații), se oprește și infiltrația. Dacă apa freatică se află la adâncime destul de mare, se distinge o zonă umezită în partea superioară a profilului și o alta, relativ uscată, dedesupt. Apa se mișcă în sol din zona umedă în zona uscată, până la realizarea unui profil de echilibru - redistribuție.

Rata redistribuției descrește cu timpul - se reduc gradientii sucțiunii matriciale.



Factorii care influențează redistribuirea apei în sol sunt:

- **Textura solului**
- **Tipul de mineral argilos**
- **Conținutul de materie organică**
- **Adâncimea umezirii și umiditatea momentanăa solului**
- **Prezența straturilor care modifică permeabilitatea generalăa solului**



Umiditatea solului, în orice moment de la încetarea infiltrației depinde de: proprietățile hidraulice ale solului, neuniformitatea profilului, cantitatea de apă infiltrată, umiditatea inițială a solului.

Pierderea apei din sol

Pierderea apei din sol: evaporație și transpirație (= evapotranspirație).

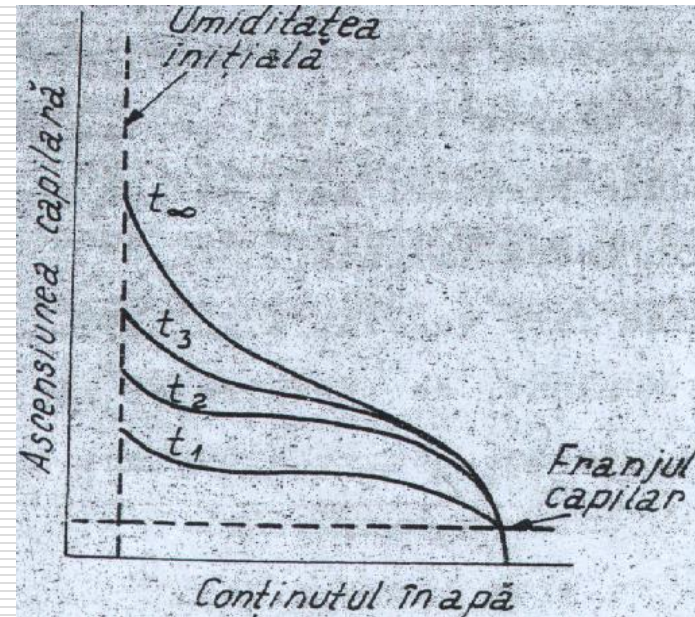
Pentru a se produce evaporația apei, este necesar ca:

- să existe o alimentare continuă a solului cu căldură,**
 - tensiunea vaporilor din atmosferă să fie mai scăzută decât la suprafața solului,**
 - suprafața solului să fie alimentată continuu cu apă, din sau prin profilul solului;**
- Fluxul de apă este determinat de conductivitatea hidraulică a solului.**

Dacă stratul de la suprafață este suficient de umed, ca atunci când încetează infiltrația, evaporația va reduce umiditatea, ceea ce duce la creșterea sucțiunii matriciale. Aceasta va face ca apa să fie atrasă din straturile mai profunde spre zona mai uscată, dacă ele sunt suficient de umede.

Ascensiunea capilară a apei solului

Acesta este fenomenul care are loc deasupra nivelului apei freatice. Umezirea unui sol, inițial uscat, prin ascensiune capilară, se aseamănă la început cu infiltrația, numai că se desfășoară în sens invers gravitației. La sfârșitul fenomenului, viteza nu mai tinde spre o valoare constantă, ca în cazul infiltrației, ci spre zero, din cauză că gradientul gravitațional se opune celui matricial. Când potențialul matricial, care este la început mare și apoi descrește cu timpul, se apropie de valoarea potențialului gravitațional, gradientul hidraulic se apropie de zero.

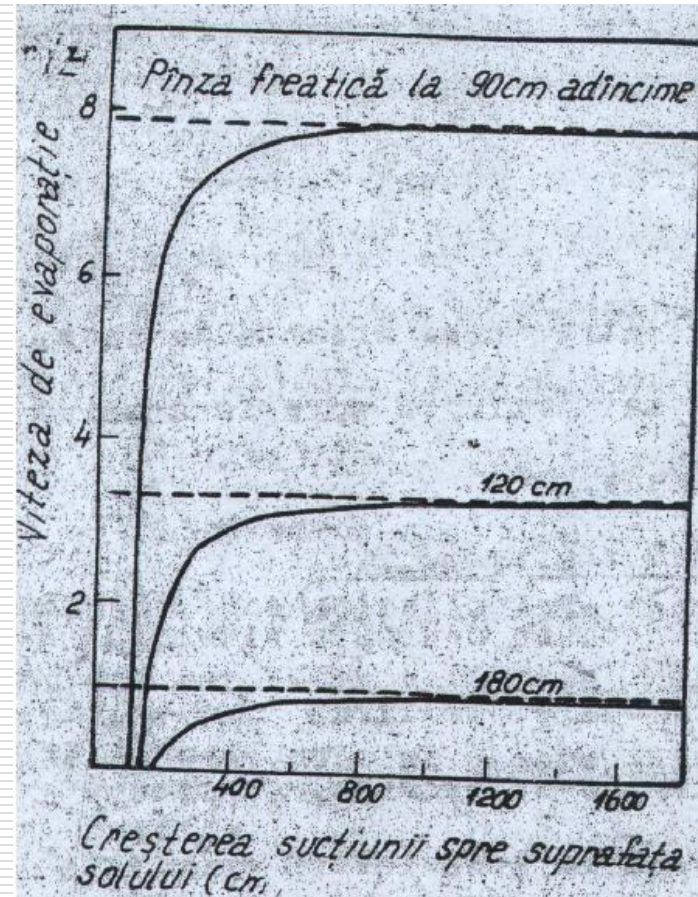


Ascensiunea capilară a apei solului

În condițiile din teren, nu se atinge acest moment, deoarece de la suprafața solului se evaporă continuu apă, deci se menține ridicată sucțiunea matricială. Mărirea sucțiunii la suprafața solului poate crește fluxul de apă numai până la o valoare maximă asimptotică, care depinde de adâncimea la care se găsește apa freatică.

Ascensiunea capilară a apei solului poate avea efecte pozitive, prin suplimentarea cantității de apă aflată la dispoziția plantelor.

Salinizarea solurilor se produce atunci când apa freatică se găsește la mică adâncime și este mineralizată, iar evaporația este puternică.



Uscarea solului

Când apa freatică se găsește la adâncime critică, procesul prin care solul pierde apă poartă numele de uscarea solului. În acest mod, se produc pierderi considerabile de apă, mai ales în zonele aride, unde acestea se pot ridica până la 50 %, sau mai mult, din totalul precipitațiilor.

Procesul de uscare cuprinde o fază de început, în care se pierde o cantitate de apă relativ constantă și o fază în care cantitatea de apă evaporată este din ce în ce mai redusă și depinde de capacitatea solului de a transmite apa spre zona de evaporare.

Viteza evaporației apei dintr-un sol care se usucă este determinată, fie de cererea de evaporare generată de condițiile externe (temperatură, vânt etc.), fie de viteza de transmitere a apei de către profilul de sol.

Cea mai potrivită măsură care poate fi luată pentru a păstra umiditatea în sol este aplicarea unei norme de irigare, care să umezească solul pe o adâncime cât mai mare. De asemenea, trebuie întârziată declanșarea fazei inițiale a uscării, pentru a permite redistribuția apei infiltrate după aplicarea udării.

Apa solului în raport cu planta

Procesul prin care planta elimină în atmosferă apă sub formă de vapori se numește transpirație.

Acest proces este determinat de cererea de evaporare a atmosferei (de gradientul tensiunii de vapori dintre frunze și atmosferă).

Pentru a avea o bună dezvoltare, planta trebuie să economisească apa, în așa fel încât cererea de evaporare să fie compensată de apa disponibilă din sol.

Absorbția apei din sol depinde de: proprietățile plantei, proprietățile solului și de condițiile microclimatului.

Pentru a caracteriza cantitativ transpirația, se folosesc următorii indici:

- o Intensitatea transpirației – cantitatea de apă în grame eliminată într-o oră pe cm^2 de suprafață foliară.**
 - o Coeficientul de transpirație – raportul dintre cantitatea de apă consumată de plantă și masa de substanță uscată a sa.**
 - o Consumul de apă – apa extrasă din sol de o cultură în cursul unei perioade ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{zi}$).**
-

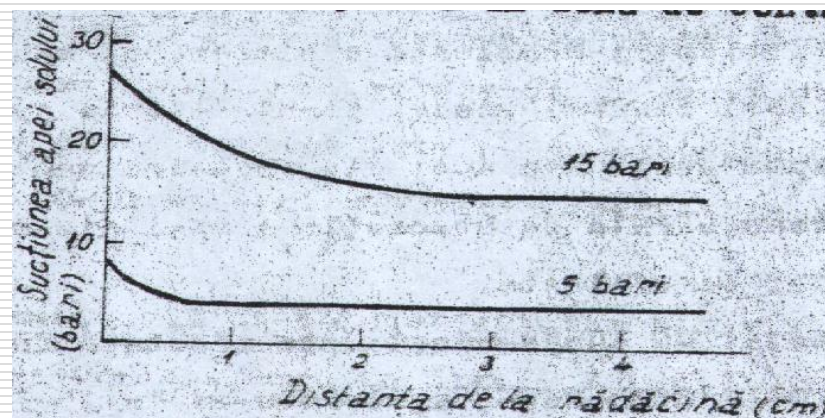
Disponibilitatea și accesibilitatea apei din sol pentru plante

Intr-un sol cu textură mijlocie, suprafața de contact a rădăcinilor cu solul reprezintă cca. 1 % din suprafața totală a particulelor care formează faza solidă.

Sucțiunea apei solului crește pe măsură ce solul se usucă. Este necesar să crească în aceeași măsură și forța de scțiune la rădăcinile plantelor. Odată cu absorbția apei de către rădăcini, sucțiunea în zona de contact a acestora cu solul poate crește și tinde să fie egală cu forța de sugere a rădăcinilor.

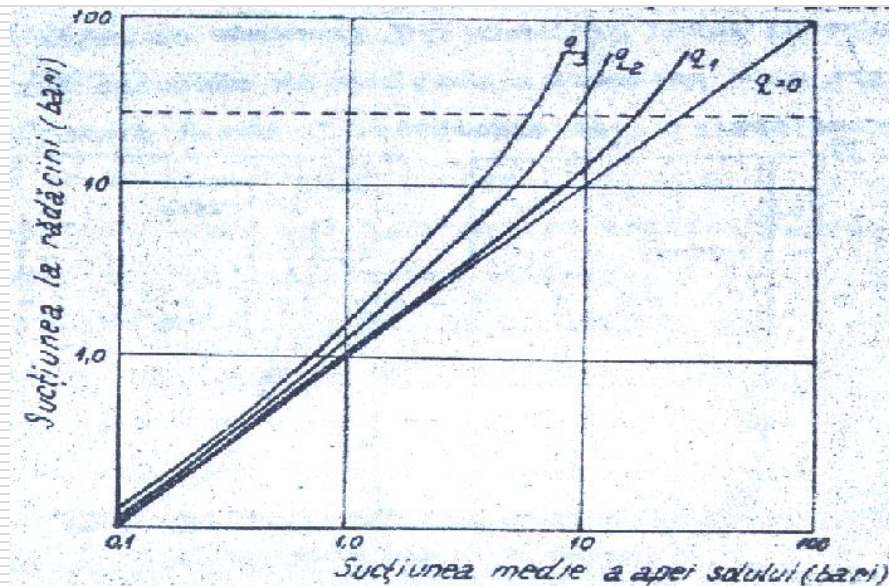
Apă disponibilă (cedabilă) – apa care se află la sucțiuni mai mici decât forța de sugere a rădăcinilor plantelor.

Apă accesibilă – apa aflată sau care poate ajunge în contact cu rădăcinile plantelor.



Disponibilitatea și accesibilitatea apei din sol pentru plante

Sucțiunea la rădăcini nu trebuie să depășească cu mult sucțiunea medie a apei din sol, atât timp cât sucțiunea medie a apei din sol este mai mică de 10 bari. Peste 10 bari, sucțiunea care se dezvoltă la rădăcini trebuie să fie cu 20-30 de bari mai mare decât sucțiunea medie a apei solului, pentru a se menține rata de absorbție a apei din sol.



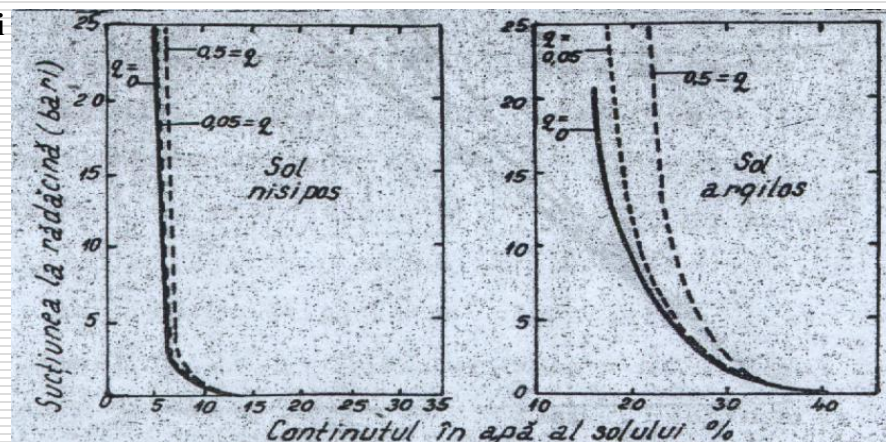
Disponibilitatea și accesibilitatea apei din sol pentru plante

Sucțiunea solului depinde de conductivitatea hidraulică, deci de textura solului.

Curbele continue reprezintă sucțiunea la suprafața solului când rata de absorbție este zero. Curbele întrerupte reprezintă valorile relative ale sucțiunii la care se produce ofilirea, la diferite rate de absorbție a apei (q).

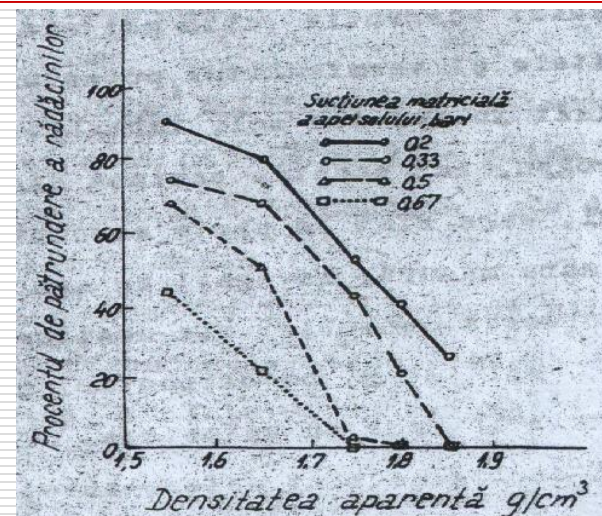
În solurile nisipoase, cea mai mare parte din apă este reținută la sucțiuni joase și numai ultimele 6-7 procente se rețin cu forțe care necesită sucțiuni foarte mari la rădăcini, pentru a se menține rata de absorbție.

În solurile argiloase, sucțiunea crește treptat, pe măsură ce solul se usucă. Deoarece, conținutul de apă al unui sol argilos este mai ridicat decât cel al unui sol nisipos, conductivitatea hidraulică nesaturată este mai mare la solurile argiloase decât la solurile nisipoase. Din acest motiv, ofilirea se produce pe un interval mai mare la solurile argiloase decât la cele nisipoase, unde apare brusc.



7. Consistența

Cosistența solului este dată de forțele care se exercită între particulele și agregatele solului. Aceasta influențează creșterea și dezvoltarea plantelor, prin efectele sale asupra sistemului radicular al plantelor.



Aprecierea consistenței solurilor pe baza rezistenței la penetrare (după C a n a r a c h a ș.a.)

Caracterizarea solurilor	Rezistența la penetrare kg/cm²
foarte mici	sub 10
mici	10 - 15
mijlocii	15 - 20
mari	20 - 25
foarte mari	peste 25

8.Temperatura

Influențează, atât procesele din sol, cât și creșterea și dezvoltarea plantelor. Căldura este o formă de energie de care plantele nu se pot lipsi, viața lor fiind condiționată de anumite limite ale temperaturii.

Influențe directe: exigențele și toleranțele plantelor față de temperatura solului. Acestea se exprimă prin valori: minime optime și maxime.

Soluri reci: umede, umbrite, compacte, argiloase.

Soluri calde: bine drenate, însorite, bine structurate, afânate, nisipoase.

Influențe indirecte: variațiile mari de temperatură ale stratului de aer din imediata vecinătate a suprafeței solului.

Măsuri pentru modificarea temperaturii solului: încorporarea gunoiului de grajd nefermentat, drenarea sau irigarea solului, afânarea, mulcirea etc.

9. Salinitatea și alcalinitatea

Sărurile solubile devin dăunătoare dezvoltării plantelor de la anumite limite ale concentrației.

Toxicitatea sărurilor este în funcție de natura cationului și a anionului.

Săruri dăunătoare	$\left\{ \begin{array}{l} \text{NaCl} \\ \text{MgCl}_2 \\ \text{CaCl}_2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ba}_2\text{SO}_4 \\ \text{MgSO}_4 \\ \text{CaSO}_4 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Na}_2\text{CO}_3 \\ \text{MgCO}_3 \\ \text{CaCO}_3 \end{array} \right.$	Săruri ne-dăunătoare
Toxicitatea sărurilor este în funcție de natura cationului				

Ionul Na^+ . Acumularea lui în sol nu trebuie admisă, mai ales sub formă de Na_2CO_3 și ca sodiu adsorbit.

Ionul Cl^- este mai toxic decât cel sulfatic SO_4^{2-} .

Ionul HCO_3^- , în concentrații mari influențează negativ absorbția elementelor nutritive din sol.

Ionul CO_3^{2-} este considerat cu un grad ridicat de toxicitate, mai ales sub formă de Na_2CO_3 .

Toleranța la salinitate – capacitatea plantelor de a suporta o concentrație ridicată de săruri solubile în soluția solului.

Diferențierea plantelor după toleranța la salinitate: pragul de toleranță, limita de toleranță, intervalul de toleranță.

10. Gleizarea și pseudogleizarea

Procese datorate lipsei aerului.

Aerul este îmbogățit în bioxid de carbon (poate ajunge până la 8 %, față de 1-1,5 % în solurile normal umezite) și cu un conținut mai redus de oxigen.

În sol predomină procesele de reducere.

Compușii reduși ai fierului și manganului au o influență nocivă asupra plantelor, atât în mod direct, cât și indirect prin imobilizarea fosforului și a azotului.

Formele mobile, asimilabile ale fosforului trec în fosfați de fier, mangan și aluminiu, neasimilabili.

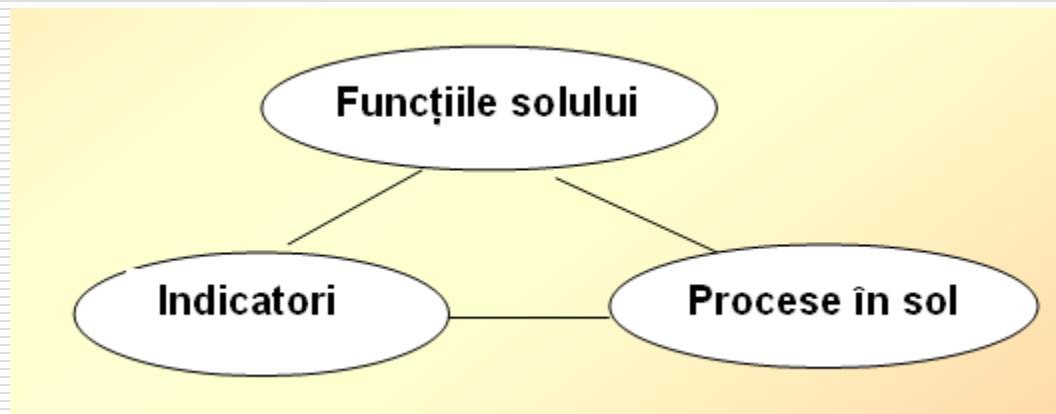
Azotul nu mai este oxidat până la formarea nitraților.

Nitrații existenți sunt consumați de către microorganismele anaerobe, sau sunt reduși până la azot elementar prin procesul de denitrificare.

CONCEPȚII ÎN EVALUAREA CALITĂȚII SOLULUI

- ☐ La evaluarea calității solului trebuie considerate proprietățile și procesele biologice, chimice și fizice.
 - ☐ În activitatea de evaluare a calității solului, trebuie parcurse trei etape:
 - 1- definirea funcțiilor solului la care acesta participă;
 - 2- stabilirea proceselor din sol asociate acestor funcții și
 - 3- stabilirea proprietăților și a indicatorilor cu sensibilitate mare în sesizarea schimbărilor în funcțiile și procesele din sol.
 - ☐ Alegerea indicatorilor specifici și a pragurilor valorice ale acestora, care trebuie să mențină funcțiile solului în regim de normalitate, este necesară în monitorizarea schimbărilor (direcție, viteză, amplitudine etc.) și determinarea tendințelor în îmbunătățirea sau degradarea calității solului.
-

SCHEMA CADRU DE EVALUARE A CALITĂȚII SOLULUI



INDICATORII FIZICI

- ☐ Capacitatea de reținere a apei
 - ☐ Infiltrația / permeabilitatea
 - ☐ Textura și structura
 - ☐ Grosimea profilului de sol și a orizontului bioacumulativ
 - ☐ Densitatea aparentă / compactitatea
 - ☐ Stabilitatea agregatelor
 - ☐ Forma și mărimea porilor
 - ☐ Formarea crustei / dispersia argilei
-

INDICATORII CHIMICI

- ☐ Disponibilitatea și accesibilitatea nutrienților
 - ☐ pH-ul (reacția solului)
 - ☐ Capacitatea de schimb cationic
 - ☐ Aerația
 - ☐ Salinitatea
 - ☐ Toxinele (metale grele, pesticide, compuși organici)
 - ☐ Conținutul de materie organică
-

INDICATORII BIOLOGICI

- ☐ Calitatea materiei organice
 - ☐ Biomasa microbiană
 - ☐ Respirația solului
 - ☐ Diversitatea speciilor
 - ☐ Analiza enzimelor
 - ☐ Azotul mineralizabil
 - ☐ Materia organică în curs de transformare
 - ☐ Coeficientul metabolic
-

RELAȚII ÎNTRE INDICATORII SOLULUI

Indicatorul ales	<i>Alți indicatori ai calității solului care influențează indicatorul ales</i>
Structurarea	<i>Materia organică, activitatea microorganismelor, textura</i>
Infiltrația	<i>Materia organică, structurarea, procentul de sodiu adsorbit, conductivitatea hidraulică</i>
Densitatea aparentă	<i>Materia organică, structurarea, procentul de sodiu adsorbit, activitatea biologică</i>
Masa microorganismelor și/sau respirația	<i>Materia organică, structurarea, densitatea aparentă, pH, textura, procentul de sodiu adsorbit</i>
Nutrienții accesibili	<i>Materia organică, pH, textura, parametri microbiologici (viteza de mineralizare și insolubilizare)</i>

Respirația solului ca factor specific de evaluare și monitorizare a calității acestuia

- **Respirația solului reprezintă producția de dioxid de carbon (CO_2), ca rezultat al activității biologice în solul cu microorganisme, rădăcini vii și macroorganisme, cum ar fi: râme, nematozi și insecte.**
- **Activitatea microorganismelor în sol este considerată o însușire pozitivă pentru calitatea solului.**

Clasificarea mărimii respirației solului în condiții optime de umiditate și temperatură (Woods end Research, 1997)		
Respirația solului Kg CO_2 -C/ha/zi	Clasa de sol	Caracterizarea solului
0	Sol fără activitate	Solul nu are activitate biologică și este practic steril
< 11	Sol cu activitate foarte slabă	Solul este foarte sărac în materie organică și are o activitate biologică foarte scăzută
11 – 18	Sol cu activitate moderată spre slabă	Solul este destul de sărac în materie organică și activitatea biologică este destul de scăzută
18 – 36	Sol cu activitate moderată	Solul se apropie sau se depărtează de stadiul ideal al activității biologice
36 – 72	Sol cu activitate ideală	Solul se află în stadiul ideal pentru activitatea biologică și are suficientă materie organică și populație activă de microorganisme
> 72	Sol cu activitate extrem de mare	Solul are un nivel foarte ridicat al activității biologice și un nivel ridicat al materiei organice disponibile, posibil prin adăugarea de mari cantități de materie organică proaspătă sau îngrășământ organic

**Pentru standardizarea temperaturii ($t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)
în cazul diferențelor de temperatură
cuprinse între 15 și $35\text{ }^{\circ}\text{C}$**

- $\text{MRSs} = \text{MRSt} \times 2[(25-t)/10]$
 - unde: MRSs este mărimea respirației solului la temperatura standard;
 - MRSt - mărimea respirației solului la temperatura t ;
 - t – temperatura la care s-a măsurat respirația solului

Pentru temperatura solului cuprinsă între 0 și $15\text{ }^{\circ}\text{C}$

- $\text{MRSs} = \text{MRSt} \times 4[(25-t)/10]$
-

Diferențele de umiditate față de umiditatea standard

Activitatea microorganismelor este maximă, în general, atunci când 60% din porozitatea solului este ocupată de apă (Parkin ș.a., 1996).

- Respirația solului poate fi corectată la valoarea echivalentă de 60 % PPAp, folosind următoarea ecuație, dacă valorile PPAp sunt cuprinse între 30 și 60 %.
- Cantitatea de apă din porii solului se apreciază prin proporția porilor plini cu apă (PPAp) și indică modul cum este aerat solul.

$$PPA_p(\%) = \frac{\theta \cdot 100}{PT}$$

- unde: θ este umiditatea volumetrică;
 - PT – porozitatea totală ($PT = 1 - DA/2,65$);
 - DA - densitatea aparentă.
-
- $RS60 = RSum (60 / \% PPAp)$
 - unde: RS60 este respirația solului la umiditatea standard;
 - RSum – respirația solului la umiditatea momentană;
 - PPAp – umiditatea momentană exprimată prin proporția porilor plini cu apă
-

Pentru valori PPAp de 60 până la 80 %

- ☐ **$RS_{60} = R_{Sum} / [(80 - \% PPAp) \times 0,03] + 0,4$**
 - ☐ **Când conținutul de apă al solului este ridicat, astfel încât PPAp depășește 80 %, respirația solului este restricționată de excesul de umiditate și nu poate fi măsurată.**
-

INDICI PEDOAMELIORATIVI

- **După caracterul lor actual sau potențial**
 - Indici pedoameliorativi actuali – intervalul în care proprietățile solului variază în cuprinsul zonei de ameliorare.
 - Indici pedoameliorativi potențiali – intervalul în care proprietățile solului sunt tolerate de plante.
 - **După caracterul lor deficitar sau excesiv**
 - Indici pedoameliorativi deficitari: deficit de apă, deficit de aer, deficit de Ca etc.
 - Indici pedoameliorativi excedentari: exces de apă, exces de săruri etc.
 - **După caracterul lor ușor sau mai greu schimbător**
 - Indici pedoameliorativi greu schimbători: textura, densitatea.
 - Indici pedoameliorativi moderat schimbători: densitatea aparentă, conductivitatea hidraulică, porozitatea, permeabilitatea.
 - Indici pedoameliorativi ușor schimbători: reacția, conținutul în săruri ușor solubile.
-

TIPURI DE LUCRĂRI DE AMELIORARE A SOLURILOR

Clasificare

- **Amenajări hidroameliorative** – sunt lucrări de regularizare a apei pe suprafața respectivă: regularizarea cursurilor de apă, îndiguirea zonelor inundabile, desecarea, drenajul, irigațiile). Aceste amenajări trebuie efectuate în complex cu lucrările pedoameliorative și agroameliorative, deoarece ele singure nu pot produce imediat îmbunătățirea calității solurilor respective.
 - **Lucrări pedoameliorative** – alcătuiesc o completare a celor hidroameliorative și au drept scop ameliorarea proprietăților schimbătoare ale solurilor de pe suprafața amenajată.
 - **Amendarea capitală** – lucrare care urmărește îmbunătățirea compoziției cationice a complexului adsorbativ al solurilor acide și alcaline și schimbarea reacției acestor soluri. Prin aceste schimbări, se îmbunătățesc și alte proprietăți ale solului, cum sunt: structura, conductivitatea hidraulică, aerația, regimul hidric și regimul trofic. Ca lucrare pedoameliorativă, amendarea trebuie să se facă cu doze mari, care să realizeze îmbunătățirea durabilă a proprietăților solului, pe toată grosimea stratului radicular, sau cel puțin pe cea mai mare parte a acestuia.
-

TIPURI DE LUCRĂRI DE AMELIORARE A SOLURILOR

Lucrări pedoameliorative

- **Spălarea solurilor** este principala lucrare prin care se ameliorează solurile halomorfe (alcalice și mai ales saline) primare sau secundare. Pentru realizarea ei, este necesar a se stabili normele de spălare și de udare, în așa fel încât acestea să fie capabile, pe de o parte să dizolve toate sărurile din stratul de sol supus spălării, iar pe de altă parte, să deplaseze, sub acest strat sau într-un sistem de drenaj, soluția salină formată. Calculul acestor norme se face ținând seama de gradul de salinizare sau alcalizare a solului și de unele proprietăți schimbătoare ale acestuia. Pentru a se obține o eficiență maximă a acestei lucrări de spălare a solurilor, este necesar ca aceasta să se facă pe fond drenat. De asemenea, pe solurile alcalice și alcalizate, spălarea trebuie însoțită de amendare.
 - **Îmbunătățirea calității apei de irigat** se referă la modificarea următoarelor trei grupe de indici: corectarea reacției, corectarea indicilor de calitate și demineralizarea.
 - **Îmbunătățirea texturii solului** se realizează prin adăugarea de material argilos și organic în cantități foarte mari pe solurile nisipoase și de material nisipos sau prăfos pe solurile argiloase.
-

TIPURI DE LUCRĂRI DE AMELIORARE A SOLURILOR

Lucrări pedoameliorative

- **Inversarea orizonturilor** se face în cazul solurilor aluviale stratificate și al celor cu orizont argiloiluvial la care indicele de diferențiere texturală este foarte mare. În acest fel, solul se ameliorează prin redistribuirea componentelor din aceste orizonturi iluviale.
- **Digozajul** se aplică în special pe solurile alcalice și constă în acoperirea acestora cu un strat de pământ bogat în carbonați. În cazul în care materialul de amendare conține și nisip, se realizează o îmbunătățire a texturii acestor soluri.
- **Arătura adâncă** se efectuează pe fostele funduri de lacuri sau privaluri, în vederea omogenizării texturii pe profil și a favorizării proceselor aerobe de oxidare a părții minerale și a materiei organice din orizonturile gleice și pseudogleice.

Lucrările pedoameliorative se aplică pe baza cunoașterii aprofundate a proprietăților nefavorabile și trebuie să ducă la ameliorarea solurilor pe o perioadă lungă de timp (20-25 ani).

TIPURI DE LUCRĂRI DE AMELIORARE A SOLURILOR

- o **Lucrări agroameliorative** – se aplică periodic, anual sau la 2-3 ani, în scopul modificării temporare a acelor proprietăți nefavorabile ale solului, care pentru o anumită etapă, nu pot fi sau nu este economic a fi modificate radical prin lucrări hidroameliorative sau pedoameliorative.
 - **Subsolajul** constă în afânarea solului la o adâncime (de obicei 25-40 cm) mai mare decât aceea a stratului arat.
 - **Afânarea adâncă** reprezintă mobilizarea solului la adâncimea de 60-80 cm și chiar mai mult.
 - **Drenajul cârtiță** constă în amenajarea unor galerii cu diametrul de 5-8 cm, executate în sol la adâncimea de 30-40 cm, cu ajutorul unui plug special, în scopul eliminării excesului de apă și a îmbunătățirii aerației.
 - **Amendarea cu doze mici** a solurilor acide sau alcaline, pentru modificarea temporară a reacției solului.
-

Ameliorarea solurilor acide

Sunt considerate soluri acide, acele soluri care au un pH în apă mai mic ca 6 și gradul de saturație în baze sub 75 %.

Solurile acide au o capacitate de producție mai scăzută datorită:

- debazificării înaintate a complexului adsorbativ, care poate ajunge până la 5 %;**
 - creșterii acidității pe măsura scăderii gradului de saturație în baze, ajungându-se până la un pH mai mic ca 4;**
 - apariției și creșterii conținutului în Al^{+3} și Mn^{+2} mobili, pe măsură ce se accentuează debazificarea și aciditatea; aceștia au o acțiune toxică pentru plante și imobilizază fosforul în fosfați de aluminiu și mangan, foarte greu solubili;**
 - slabei aprovizionări cu elemente nutritive și cu microelemente, mai ales sub forme ușor accesibile plantelor;**
 - unor proprietăți fizice nefavorabile, cu repercursiuni asupra regimului aero-hidric, datorită prezenței orizontului B argiloiluvial (Bt), care favorizează un exces de umiditate în partea superioară a profilului, cel puțin în perioadele mai umede;**
 - scăderii conținutului în calciu și magneziu, plantele manifestând carențe în aceste elemente.**
-

Metode de ameliorare a solurilor acide

o Amendarea și fertilizarea

Rolul amendamentelor este:

- **de a corecta reacția solului,**
- **a favoriza acumularea humusului, azotului și chiar a fosforului,**
- **a schimba în mod favorabil pentru plante regimul substanțelor nutritive asimilabile și a mobiliza microelementele din sol.**

Prin aceasta se realizează o creștere a fertilității solului.

Amendamentele se clasifică în:

- **native: calcarele compacte, tufurile calcaroase, marnele, dalomitele și**
 - **reziduuri: zgurile din industria siderurgică, spuma de defecare de la fabricile de zahăr, carbura de var de la fabricile de acetilenă, nămolul de carbonat de la fabricile de îngrășeminte cu azot etc.**
-

Amendarea calcică

- **Criteriile de stabilire a solurilor ce urmează a fi amendate**
 - **Toate tipurile, subtipurile și varietățile de soluri acide, care conțin în stratul superficial aluminiu schimbabil (raportul dintre conținutul acestuia și suma bazelor schimbabile înmulțit cu 100 mai mare ca 5), pentru toate plantele de cultură, furajere, tehnice, plantații pomicole. Fac excepție terenurile care urmează să cuprindă în cadrul asolamentului de câmp leguminoase perene, precum și terenurile pe care urmează a fi înființate plantații de nuc, pentru care raportul menționat este maimare de 2,5.**
 - **După reacție (pH în apă) și gradul de saturație în bazeVAh (%), calculat cu valorile acidității hidrolitice) amendarea calcică se aplică pentru toate solurile care auun pH mai mica de 5,8 și VAhsub 75 %, pentru majoritatea culturilor, cu excepția leguminoaselor, la care se recomandă amendarea începând de la valori pH sub 6 și VAh sub 80 %.**
 - **În practică se procedează astfel:**
 - **Prima urgență – pH sub 5, VAh sub 40 %, Al schimbabil mai mare de 1 me/100 g sol**
 - **A doua urgență - pH 5-5,6, VAh 40-70 %, Al schimbabil mai mic de 1 me/100 g sol**
 - **A treia urgență - pH 5,6-5,8, VAh 70-85 %.**
-

Amendarea calcică

o Calculul dozei de amendament

$$\text{CaCO}_3 = \text{SB}_i \left(\frac{\text{VAh}_d}{\text{VAh}_i} - 1 \right) \times 1,5 \times \frac{100}{\text{PNA}} \quad \text{pentru toate culturile de câmp}$$

$$\text{CaCO}_3 = \text{SB}_i \left(\frac{75}{\text{VAh}_i} - 1 \right) \times 2,4 \times \frac{100}{\text{PNA}} \quad \text{pentru planta Țla}$$

$$\text{CaCO}_3 = \text{SB}_i \left(\frac{70}{\text{VAh}_i} - 1 \right) \times 0,6 \times \frac{100}{\text{PNA}} \quad \text{pentru pajisti}$$

unde: SB_i – suma inițială a bazelor (me/100 g sol,

VAh_d – gradul de saturație în baze dorit a fi atins (%),

VAh_i – gradul de saturație în baze inițial,

1,5; 2,4; 0,6 – coeficienți pentru calcularea în t/ha,

PNA – puterea de neutralizare a amendamentului folosit.

Amendarea calcică

o Starea amendamentelor și lucrările de încorporare în sol

Realizarea puterii de neutralizare este legată de gradul de mărunțire. Pentru amendamentele provenite din măcinarea rocilor calcaroase, 95 % din materialul rezultat trebuie să treacă prin sita cu ochiuri de 1,6 mm. Din acesta, cca. 50 % să treacă prin sita cu ochiuri de 0,28 mm și cel puțin 18 % prin sita cu ochiuri de 0,18 mm.

Viteza de solubilizare a materialelor utilizate este direct proporțională cu suprafața specifică a particulelor și invers proporțională cu saturația în baza a solului. Particulele cu diametre mai mari de 0,8 mm se solubilizează cu o viteză redusă și într-o mică proporție.

Uniformitatea de împrăștiere trebuie să fie de minimum 85 %, iar doza aplicată să nu difere, față de cea calculată, cu plus/minus 15 %.

Încorporarea amendamentelor se face prin arături sau discui.

Acolo unde sunt necesare lucrări de afânare, este bine ca amendarea să se facă înainte de de această lucrare, pentru a favoriza pătrunderea cât mai profundă a amendamentelor.

Amendarea calcică

o Perioadele de aplicare a amendamentelor

În timpul verii, amendamentele se pot aplica pe miriștile cerealelor păioase, dar și după recoltarea plantelor furajere, urmate de lucrări de arătură sau discuire, în funcție de condițiile de umiditate din sol.

În timpul toamnei, amendarea calcică se recomandă a fi efectuată pe toate solurile care necesită această lucrare, înainte de executarea arăturii.

În unele cazuri, amendamentele pot fi introduse în sol și după arătură, atunci când solurile urmează a fi pregătite prin discuii pentru însămânțarea culturilor de toamnă.

În perioada rece de iarnă, unele amendamente se pot aplica pe solele cu cereale de toamnă.

Unele amendamente care conțin azot utilizabil pot fi aplicate și după răsărirea culturilor de primăvară care necesită fertilizare suplimentară cu azot. Unele culturi cum sunt inul și cartoful nu se recomandă a fi introduse pe solele proaspăt amendate, ci numai după 3-4 ani, deoarece s-a observat o intensificare a unor boli.

Perioada de efect a amendării este variabilă, de la 3-4 ani la 4-6 ani (necesar a se interveni cu doze mici de 500-700 kg/ha) și chiar 14-15 ani (doze asemănătoare cu cele inițiale).

Un rol important îl are și capacitatea de reținere ionică a solului, influențată de textură.

Metode de ameliorare a solurilor acide

- o Îmbunătățirea regimului aerohidric
 - Aceste măsuri urmăresc crearea unui strat afânat adânc, care să permită infiltrarea și înmagazinarea apei pluvio-nivale pentru a se evita bălțirile și a fi folosită de plante în perioadele mai uscate.
 - Pe aceste soluri sînt necesare arături adânci, desfundarea solului, lucrări de afânare adîncă, arături în „spinări” sau la “cormană”.
 - Dacă excesul de apă este îndelungat sau permanent, sunt necesare lucrări hidroameliorative (desecare sau drenaj), după cum acest exces se află la suprafața solului sau a orizontului B argiloiluvial impermeabil.
-

Afânarea adâncă

- Această lucrare variază, în ceea ce privește adâncimea, între 40 și 105 cm. Ea se clasifică astfel :
 - Afânarea de mică adâncime (de până la 40 cm).
 - Afânarea de adâncime medie (de 40-80 cm).
 - Afânarea de adâncime mare (peste 80 cm).
 - Afânarea adâncă determină o desfășurare mult mai rapidă și mai bună a aerării, o schimbare radicală a proceselor chimice care aveau loc în condiții de compactare și uneori exces de umiditate, o dezvoltare a stratului edafic util. Efectuată în condiții optime, această lucrare este capabilă să determine pentru o perioadă de 4-6 ani, uneori 7-8 ani o transformare structurală în măsură să elimine neajunsurile cauzate de tasare.
 - O eficiență ridicată a acestei lucrări este asigurată de asocierea sa cu lucrări agropedologice ameliorative (amendarea, fertilizarea ameliorativă, spălarea în cazul solurilor salinizate) și corelarea cu măsurile hidroameliorative (desecare, drenaj, irigații).
-

Afânarea adâncă

- Criterii de alegere a solurilor pentru afânarea adâncă: pedologic, climatic, geomorfologic, litologic, hidrogeologic etc.
- Din punct de vedere pedologic, au prioritate solurile care sunt afectate de exces de umiditate de natură pluvială, au o porozitate totală deficitară, un grad de tasare mai mare de 10 % și o permeabilitate pentru apă și aer scăzută. Gradul de tasare al unui sol se poate calcula cu relația:

$$Gt = \frac{P_{\min} - P_e}{P_{\min}} \times 100$$

în care: $P_{\min}$ este morozitatea minimă necesară (%),
 P_e – porozitatea totală efectivă.

Criteriul		Gradul de tasare		Cerința de afânare adâncă
Argilă (<0,002 mm %)	$P_{\min}$ %	Categoria	%	
10	45	1 – nul	0	absentă-slabă
20	47	2 – slab	10	moderată
30	49			
40	51	3 – moderat	10–18	stringentă
50	53			
60	56	4 – accentuat	18	acută

Afânarea adâncă

- Climatic, afânarea adâncă este necesară și posibilă în toate zonele în care sunt îndeplinite următoarele condiții:

■ În perioada octombrie-martie:

$$\frac{P}{ETP} \times 100 \geq 110$$

■ În perioada iulie-septembrie:

$$\frac{P}{ETP} \times 100 < 90$$

unde: P reprezintă precipitațiile (mm, m³/ha),
ETP – evapotranspirația potențială (mm, m³/ha).

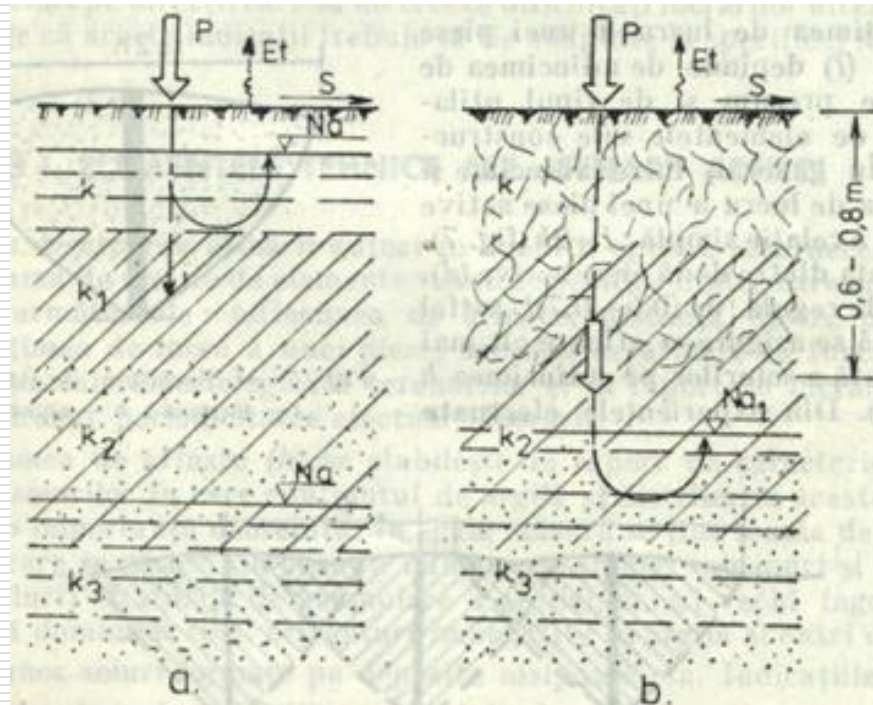
Afânarea adâncă

- **Geomorfologic, terenul trebuie să aibă o pantă mai mică de 15 % pentru a permite efectuarea mecanizat a lucrării. Pe pante mai mari, afânarea adâncă se încadrează, în funcție de condițiile specifice, în lucrări antierozionale.**
 - **Criteriul litologic se referă la natura și caracteristicile materialului din substrat, care corelate cu panta, condițiile hidrogeologice locale etc., pot favoriza apariția alunecărilor. De asemenea, existența unor straturi sau acumulări de pietriș până la adâncimea la care urmează a fi efectuată afânarea adâncă, poate constitui un element restrictiv.**
 - **Hidrogeologic, se consideră că solurile nu trebuie să fie afectate de influențe freatice ($H_{fr} = 1-1,5$ m) în perioadele de exces de umiditate.**
 - **Se consideră că neîndeplinirea tuturor condițiilor menționate devine restrictivă pentru aplicarea afânării adânci. Prioritățile în execuția lucrării se stabilesc după intensitatea unor factori, cum ar fi tasarea și excesul de umiditate.**
 - **Afânarea adâncă se execută atunci când umiditatea solului este la 60-90 % din intervalul umidității active.**
-

Afânarea adâncă pe terenuri cu stratul argilos greu permeabil la mică adâncime

a – înainte de afânare,

b – după afânare.



Elementele tehnice ale afânării adânci

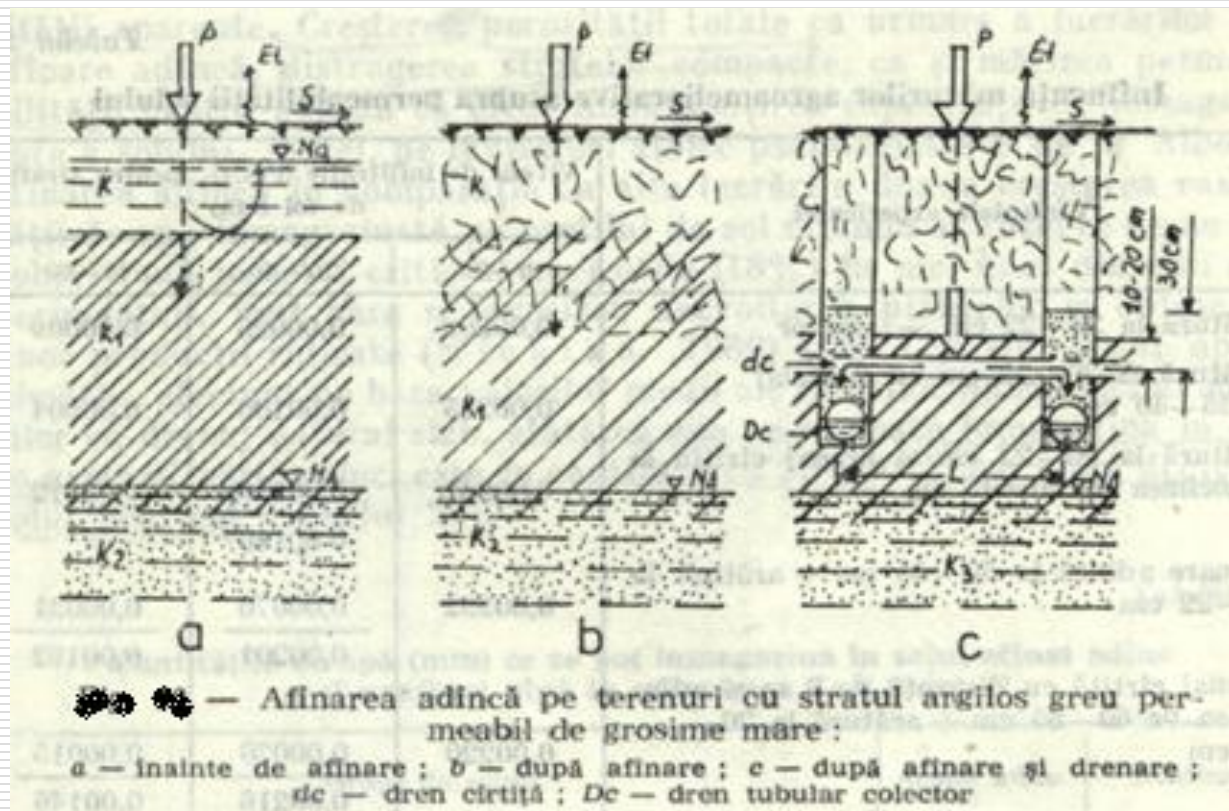
- Elemente tehnice specifice: adâncimea de afânare, distanța dintre piesele active, lățimea de lucru a unei piese, direcția de afânare în funcție de configurația micromorfologică a terenului și în raport cu lucrările de desecare-drenaj, periodicitatea efectuării lucrării.

Adâncimea de afânare se stabilește în raport cu:

- caracteristicile fizice ale solului (compactitatea),
- conținutul în argilă,
- distribuția argilei în profilul solului.

- Adâncimea de afânare: minimă 45 cm, maximă 80-90 cm.
 - Lățimea de lucru a unei piese depinde de adâncimea de afânare și de elementele constructive ale utilajului. De obicei, între adâncimea și lățimea de lucru a unei piese active există o relație simplă: $l=2h$. Distanța dintre două piese active (d) este de regulă $d=(0,5-0,7)l$.
-

Afânarea adâncă pe terenuri cu stratul argilos greu permeabil, de grosime mare



Influența afânării adânci asupra însușirilor solurilor

- o Creșterea porozității totale, pe adâncimea afânată, cu 2,5 până la 6 %, ceea ce influențează pozitiv permeabilitatea pentru apă a solului și cantitatea de apă înmagazinată.

Influența măsurilor agroameliorative asupra permeabilității solului			
Variantele experienței	Viteza de infiltrație (cm/s) pentru stratul de sol (cm)		
	0 – 20	20 – 40	40 – 60
Arătură la 20–22 cm – martor	0,00208	0,00025	0,00009
Arătură la 20–22 cm cu subsolaj la 35–40 cm	0,00225	0,00100	0,00004
Arătură la 20–22 cm și drenaj cirtit la adâncimea de 40–45 cm	0,00241	0,00050 0 00140 *	0,00012
Afinare adâncă la 50–55 cm + arătură la 20–22 cm	0,00232	0,00070 0,00201	0,00031 0,00192
Drenaj cirtit cu distanță de 3 m și adâncimea de 60–65 cm + arătură la 20–22 cm	0,00220	0,00030 0,00216	0,00015 0,00146

Influența afânării adânci asupra însușirilor solurilor

Cantitățile de apă (mm) ce se pot înmagazina în solul afinat adinc și neafinat pînă la adîncimea de 0,60 m

Grupe de soluri	Afinat adinc	Neafinat
Cernoziomuri cambice	175—200	130—150
Soluri brune, brune roșcate, alte soluri argiloase, compacte inclusiv vertisoluri	140—155	95—110
Lăcoviști, soluri gleice drenate argiloase	165—180	120—140
Complexele de soluri saline și alcalice	130—145	90—105
Soluri argiloiluviale albice (pseudogleizate și pseudogleice)	140—160	100—115

Amelioarea solurilor cu exces de umiditate

- o Cauzele care pot provoca excesul de umiditate depind de:**
 - o serie de factori naturali (clima, relieful, hidrografia și hidrogeologia teritoriului, drenajul intern) și
 - antropici (irigațiile cu norme prea mari, amplasarea necorespunzătoare a acumulărilor, inundații necontrolate etc.).
 - o Corespunzător cauzelor care produc excesul de umiditate, se pot deosebi trei grupe de metode de ameliorare a solurilor cu exces de umiditate:**
 - desecarea apelor de suprafață;
 - drenajul apelor freatice;
 - desecarea combinată cu drenajul.
 - o Forme ale umidității în exces:**
 - Din punct de vedere pedogenetic,
 - Din punct de vedere fizic și ecologic,
 - Din punct de vedere biologic.
-

Desecarea solurilor cu exces de apă pluvială

Relația care exprimă dinamica apelor care băltesc la suprafața solului este :

$$\mathbf{Vb = (P+SS) - (S'S+If+E+T)}$$

în care :

Vb = volumul apelor de băltire;

P = volumul precipitațiilor;

SS = volumul scurgerilor de suprafață care afluiază în teritoriu;

S'S = volumul scurgerilor de suprafață în afara teritoriului;

If = volumul de apă infiltrată;

E = volumul de apă evaporată de pe suprafața teritoriului;

T = volumul de apă transpirat de vegetație.

Drenajul solurilor cu exces de umiditate din apa freatică

- Pentru regularizarea regimului de umiditate a solurilor ce-și datoresc excesul de umiditate apelor freatice, cea mai eficientă metodă constă în coborârea nivelului acestora, ceea ce se realizează prin drenaj.

- În această situație:

$$V_{ad} = (I_f + G + C) - (E + T) + (w - w_0)$$

în care:

V_{ad} = volumul apelor freatice ce trebuie evacuat în afara terenului drenat;

I_f = volumul de apă infiltrat în sol de la suprafața acestuia;

G = volumul de apă freatică care afluiază în teritoriu;

C = volumul de apă condensată din atmosferă;

E = volumul de apă evaporată de pe suprafața teritoriului;

T = volumul de apă transpirat de vegetație;

w = volumul umidității solului în exces;

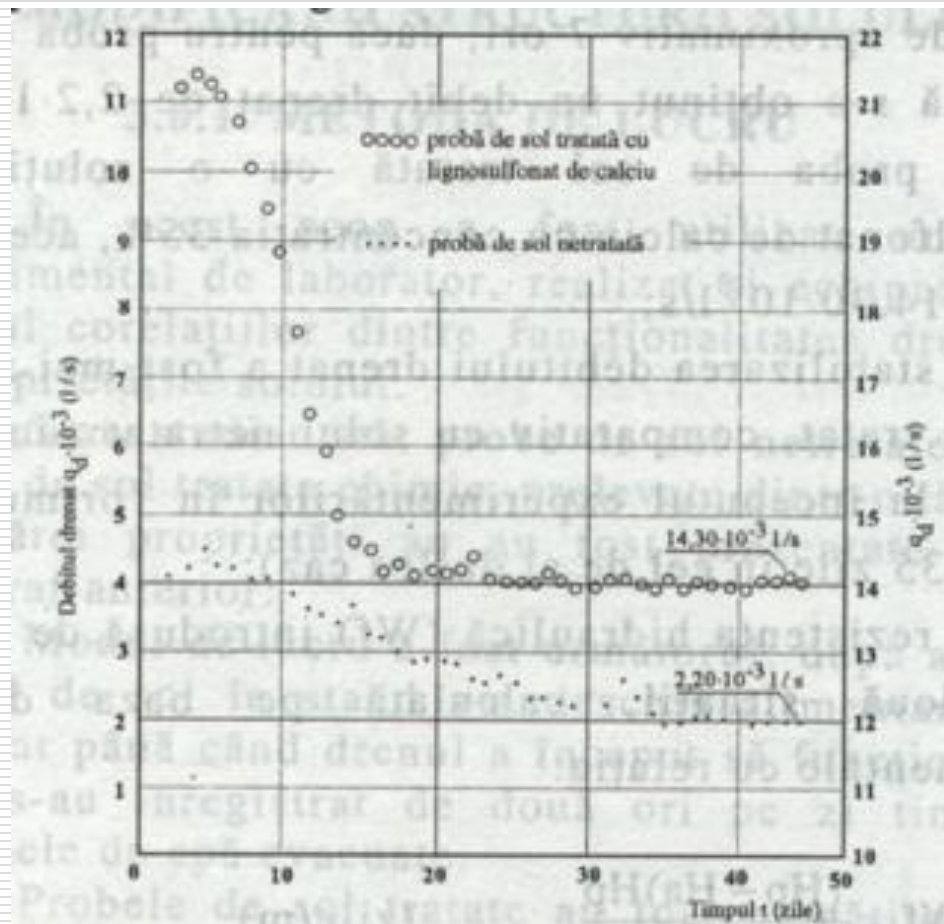
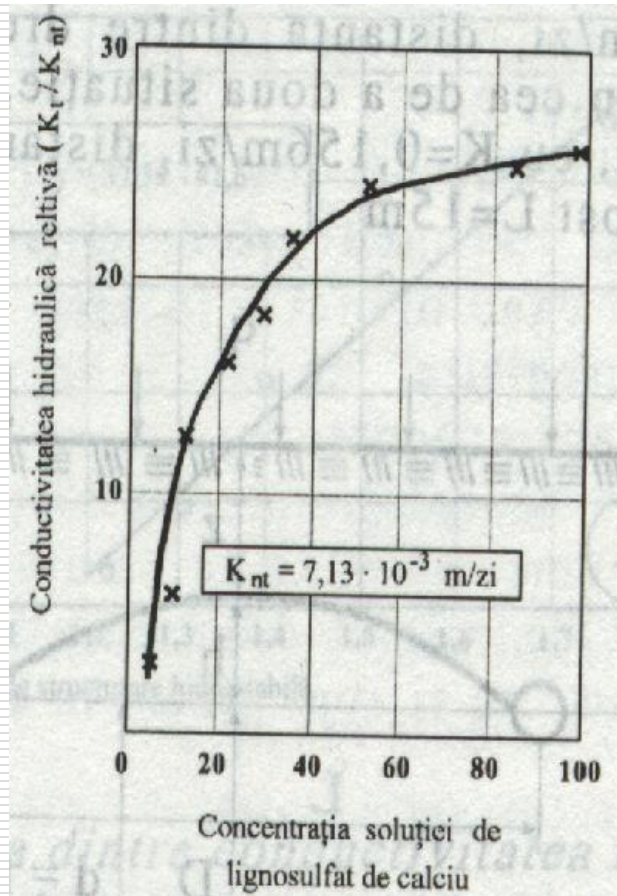
w_0 = volumul umidității solului după drenaj.

- Exigențele plantelor față de regimul aero-hidric al solului se exprimă cu ajutorul *adâncimii de drenaj* sau *normei de desecare*, care reprezintă adâncimea la care trebuie coborât și menținut nivelul apei freatice pentru realizarea, în stratul radicular, a unui regim favorabil de apă și aer.
-

Elemente tehnice și efecte ale drenajului

- **Adâncimea de drenaj se alege în funcție de :**
 - felul culturii, fiind mai mică pentru plantele cu consum mare de apă, cu înrădăcinare superficială, cu pretenții reduse față de căldură și aer;
 - faza de vegetație, (mai mică în primele faze și crescând pe măsură ce plantele se dezvoltă);
 - textura solului (mai mică la solurile nisipoase și mai mare la cele argiloase);
 - lucrările solului (ele neputându-se executa decât la o anumită umiditate a acestuia).
 - **Distanța dintre drenuri: adâncimea de pozare, conductivitatea hidraulică.**
 - **Influența ameliorării asupra solurilor cu exces de umiditate și a plantelor:**
 - Procesele de gleizare sau pseudogleizare regresează.
 - Se îmbunătățește, regimul aerohidric și, odată cu acesta, se schimbă sensul procesului de solificare.
 - Materia organică se mineralizează și humifică, se oxidează compușii minerali reduși, potențialul de oxido-reducere devine favorabil plantelor.
 - Se produce o descreștere a umidității solului și, prin aceasta, crește proporția de aer din spațiul lacunar al solului.
 - Se produce coagularea coloizilor, ceea ce contribuie la o mai bună agregare a solului.
-

Efecte ale creșterii hidrostabilității agregatelor structurale



Ameliorarea solurilor cu exces de săruri

Spălarea solului

- Se aplică pentru ameliorarea radicală a solurilor sărăturate. Apa în exces determină un curent descendent pe profilul de sol, care diluează soluția solului, dizolvă sărurile solubile și le transportă în straturile mai profunde, unde acestea pot fi interceptate și evacuate prin diferite sisteme de drenaj sau prin apa freatică.
- Metode de spălare: spălarea prin submersie în amenajare orizică; spălarea prin inundare în afara perioadei de vegetație, spălarea pe brazde și fâșii în afara perioadei de vegetație pe terenuri special amenajate, spălarea prin suprairigație (prin aspersiune) în afara sau în timpul perioadei de vegetație.

- Expresia generală a normei de spălare este:

$$Q_s = CC - w + nCC$$

în care:

Q_s = norma de spălare, în mc/ha;

CC = capacitatea pentru apă în câmp, în mc/ha;

w = provizia momentană de apă a solului, în mc/ha;

n = un coeficient care arată de câte ori norma de spălare trebuie să depășească CC pentru a se produce scurgerea apei până la nivelul dorit și este în funcție de conținutul de săruri din sol, de textura și gradul de structurare, de conductivitatea hidraulică și de metoda de spălare aplicată.

Balanța sărurilor din sol

- Schimbarea stării de salinitate în soleste determinată de factorii care contribuie la intrarea și ieșirea sărurilor, care se poate scrie astfel:

$$S = D_p C_p + D_g C_g + D_i C_i + S_m - D_d C_d - S_p - S_c$$

unde: D este cantitatea de apă răspândită uniform pe suprafața solului,

C – concentrația de săruri,

indicii p , i , d și g – precipitațiile, irigația, drenajul și mișcarea ascendent capilară a apei freatice,

S_m – cantitatea de săruri provenită din mineralele solului,

S_p – cantitatea de săruri care precipită în zona radiculară,

S_c – cantitatea de săruri absorbite de plante.

- În cele mai multe situații, ecuația bilanțului sărurilor în sol se reduce la forma:

$$D_i C_i - D_d C_d = 0$$

Relația presupune menținerea balanței de săruri din sol în condițiile în care sărurile aduse de apa de irigație sunt îndepărtate prin sistemul de drenaj. Această condiție implică existența unui sistem eficient de drenaj și a unei spălări corespunzătoare.

Norma udării de spălare capitală (m³/ha) și numărul spălărilor în funcție de condițiile de sol

Gradul de sărăturare	Soluri ușoare și mijlocii cu permeabilitate bună	Soluri grele sau greu permeabile	Numărul spălărilor
Slabă	1500 - 4000	2000 - 4000	1 - 2
Mijlocie	3000 - 4000	4000 - 6000	2 - 3
Puternică	4000 - 6000	6000 - 8000	2 - 4
Foarte puternică	6000 - 8000	8000 - 10000	3 - 5
Solonceacuri	8000 - 10000 și peste	10000 - 12000 și peste	4 - 6

Perioada de aplicare a spălărilor

- **Eficiența spălărilor este determinată în mare măsură de condițiile specifice perioadei în care se execută. Datele existente în literatura de specialitate evidențiază o serie de aspecte legate de perioada optimă de aplicare a udărilor de spălare:**
 - **Trebuie evitate perioadele calde și uscate, când pierderile de apă prin evaporare sunt maxime și la care se adaugă riscul redistribuirii sărurilor pe profilul solului și spre suprafață, principalitate, în etapele dintre spălări.**
 - **Trebuie să se țină seama de adâncimea la care se găsește apa freatică și de oscilația sezonieră a acesteia.**
 - **Aplicarea spălărilor trebuie să fie precedată de efectuarea unor lucrări menite să asigure condiții optime de infiltrare a apei.**
 - **Stabilirea perioadei optime de spălare trebuie să țină seama de intervalele caracteristice de dizolvare maximă a diferitelor săruri în funcție de temperatură.**
 - **În condițiile țării noastre, perioadele optime de aplicare a spălării, în special prin inundare, sunt toamna și iarna, adică în afara perioadei de vegetație.**
-

Calitatea apei de spălare

Sistematizarea parametrilor calității apei de irigație

Parametrii	Criterii de apreciere
1. Calitatea apelor de irigație (parametri intrinseci)	1.1. Conținutul total de săruri (gradul de mineralizare) 1.2. Compoziția chimică (tipul de mineralizare) 1.3. Concentrația în sodiu 1.4. Conținutul în carbonați și bicarbonați 1.5. Conținutul de bor 1.6. Conținutul de clor 1.7. Reacția 1.8. Gradul de poluare cu substanțe minerale și organice
2. Calitatea apelor de irigație în raport cu însușirile fizico-chimice și biologice ale solurilor	2.1. Conținutul total de săruri (gradul de salinizare) 2.2. Conținutul de sodiu schimbabil (gradul de alcalizare) 2.3. Permeabilitatea (conductivitatea hidraulică) 2.4. Regimul hidro-salin 2.5. Textura 2.6. Capacitatea de schimb cationic 2.7. Structura 2.8. Activitatea zoogenă și microbiologică
3. Calitatea apelor de irigație în raport cu toleranța plantelor	3.1. Concentrația ionilor toxici pentru plante 3.2. Toleranța plantelor la salinitate 3.3. Toleranța plantelor la alcalinitate 3.4. Toleranța plantelor la bor
4. Calitatea apelor de irigație în raport cu unele condiții naturale și lucrări	4.1. Condițiile generale de drenaj 4.2. Condițiile climatice 4.3. Perioadele de udare și spălare 4.4. Tehnica irigației și spălării 4.5. Aplicarea îngrășămintelor 4.6. Aplicarea amendamentelor 4.7. Lucrările agrotehnice

Influența spălării asupra însușirilor fizice, chimice și biologice ale solului

- o În timpul spălării și imediat după spălare are loc reducerea treptată a conținutului de săruri ușor solubile și al sodiului schimbabil pe profilul solului.**
 - o Sub influența cantităților mari de apă și a reacției, în general alcaline, se produce opierdere prin levigare a humusului și o modificare a compoziției acestuia.**
 - o Coeficientul de infiltrație a apei se îmbunătățește, iar stabilitatea hidrică a agregatelor structurale crește.**
 - o Pe măsura desalinizării se reia activitatea microbiologică a solului, întreruptă de concentrația ridicată în săruri.**
 - o Crearea și menținerea unor condiții anaerobe, o perioadă lungă de timp (6-20 luni) modifică esențial activitatea microbiologică a solului. Se dezvoltă o serie de reacții anaerobe, se intensifică procesele de reducere cu formarea hidrogenului sulfurat și a metanului, are loc creșterea alcalinității.**
 - o Spălarea trebuie riguros controlată concomitent cuprocesele de desalinizare a solului, deoarece acesta poate fi nu numai eliberat de cantitatea excedentară de săruri, cipoate fi sărăcit în elementele fertilizante.**
-

Ameliorarea solurilor cu exces de ioni de sodiu

- Principala măsură ameliorativă pentru aceste soluri constă în înlocuirea sodiului adsorbit prin ioni de calciu. Deoarece aceste soluri reprezintă în sine o succesiune completă de orizonturi cu proprietăți deosebite, măsurile ameliorative sunt diferite.
 - Solurile cu exces de ioni de sodiu solicită aplicarea amendamentelor și a irigațiilor de spălare înainte de a se face luarea lor în cultură.
 - Ca măsuri ameliorative aplicate acestor soluri, amintim:
 - Nivelarea De obicei, zonele cu solonețuri formează un complex de soluri, în care acestea se găsesc pe formele negative de micro și nanorelief, iar solurile nealcalizate sau slab alcalizate, pe locurile pozitive sau orizontale. De aceea, prin nivelare se ia un strat nu prea gros (3-5 cm) de sol de pe suprafețele pozitive, cu care se acoperă solonețurile. Prin această măsură se mărește grosimea orizontului de la suprafață și se îmbunătățesc însușirile solului, încât, într-o serie de cazuri, se reușește a se obține recolte corespunzătoare.
 - Adâncirea stratului arabil, prin încorporarea unei părți sau în totalitate a orizontului iluvial.
-

Îndepărtarea sodiului adsorbit

- Prin aplicarea amendamentelor concomitent cu spălarea produșilor rezultați.
- În acest caz, ameliorarea se face în două faze :
 - *faza chimică*, în care sodiul adsorbit este schimbat cu calciul din amendament;
 - *faza fizică*, în care se îndepărtează din sol, prin spălare, sarea solubilă de sodiu rezultată în prima fază.
- Calculul dozei de amendament, în funcție de cantitatea de sodiu adsorbit, se face cu ajutorul formulei:

$$Q(t / ha) = x \left[Na^+ - T \frac{y}{100} \right]$$

în care :

Q = doza de amendament necesară amendării unui strat de sol gros de 10 cm;

x = coeficientul amendamentului folosit;

Na⁺ = cantitatea de sodiu adsorbit (me/100g sol);

T = capacitatea de schimb cationic (me/100g sol);

y = proporția de sodiu inactiv (% din T) care poate să rămână în sol;

100 = coeficient pentru raportare în procente.

Dozele de amendamente

- Dacă solul conține carbonat și bicarbonat de sodiu, doza se va mări cu cantitatea de amendament necesară pentru neutralizarea acestora. În acest caz, formula devine:

$$Q(t / ha) = x \left[Na^+ - T \frac{y}{100} + (CO_3^{-2} + HCO_3^-) \right]$$

în care CO_3^{-2} și HCO_3^- sunt exprimați în me/100g sol.

- Pentru amendarea solurilor sărăturate, se pot folosi numeroase materiale, care după proprietățile și modul lor de acțiune se pot împărți în trei grupe:
 - Grupa sărurilor solubile de calciu (clorura de calciu, gipsul, fosfogipsul).
 - Grupa acizilor și a substanțelor cu caracter acid (sulfur, acidul sulfuric, sulfatul de aluminiu, praful de lignit).
 - Grupa sărurilor de calciu cu solubilitate scăzută (sedimente calcaroase, supe de defecare de la fabricile de zahăr).
-

Echivalentul amendamentului folosit

Amendamentul	Echivalentul efectiv la 1 tonă de gips aplicat (în tone)
Gips (100 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)	1,00
Fosfogips (80 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)	1,25
Clorură de calciu ($\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)	0,85
Acid sulfuric concentrat (H_2SO_4)	0,57
Sulf	0,19
Carbonat de calciu (100 % CaCO_3)	0,58
Spumă de defecare de la fabricile de zahăr (50 % CaCO_3)	1,16
Sulfat feros ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)	1,62
Sulfat de aluminiu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$	1,29
Polisulfură de calciu (CaS_5 cu 24 % sulf)	0,77

Principalele amendamente folosite pentru ameliorarea solurilor sărăturate

Denumirea amendamentelor Formula sau compoziția chimică	Aspect exterior	Starea sub care trebuie să se prezinte pentru a fi folosit ca amendament	Volumul unei tone	Greutatea unui m ³
			m ³	t
Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Amorf sau cristalizat, de culoare albă, gal- benă sau roșietic-cenușie	Pulbere măcinată fin astfel încît $70-80\% = 2 \text{ mm}$	1,3	0,75
Fosfogips 65—85 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,15—0,42 % P_2O_5 solubil; 0,2—2,0 % P_2O_5 total; 0,5 % F și alte imp. 18—40 % umid. — deșeu de la combinatele de îngrăș. fosfatice	Amorf, de culoare ce- nușiu-deschis, sau gălbui	Pulbere fină	1,2	0,8
Acid sulfuric H_2SO_4 (70—95 % H_2SO_4) reziduu industrial	Incolor, gălbui, uleios	Lichid în conc. de 1 % (de regulă cu apele de spălare)	0,5—0,6	1 600—1 800
Sulf (pucioasă) (98—99 % S) zăcămint nativ	Pulbere sau bulgări de culoare galbenă	Pulbere fină obținută prin măcinare	0,5	2 000
Praf de lignit (peste 2 % S) deșeu din exploatarea miniere	Pulbere negricioasă	Pulbere fină	—	—
Sulfat feros $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (95 %)	Cristale verzui-deschis	Pulbere fină	—	—
Sulfat de aluminiu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ (95 %)	Pulbere albă	Pulbere fină	—	—

Oportunitatea și tehnologia amendării

- Amendarea gipsică este necesară pe toate solurile alcaline și alcalizate, adică pe solurile care conțin mai mult de 5 % sodiu adsorbit în complexul coloidal.
 - Amendarea trebuie să fie completată cu alte lucrări agroameliorative și pedoameliorative, care au drept scop intensificarea procesului de ameliorare.
 - Realizarea efectului ameliorativ al amendamentelor constă nu numai în stabilirea cât mai corectă a a tipului și a dozelor folosite, ci și în modul de administrare, conducerea procesului de ameliorare și valorificarea solurilor.
 - Tehnologiile amendării se pot grupa după gradul de dificultate în două grupe:
 - Tehnologii simple – amendarea se execută ca lucrare principală împreună cu alte lucrări agroameliorative și pedoameliorative: afânare adâncă, culturi cu caracter ameliorativ, lucrări agrotehnice curente.
 - Tehnologii complexe – amendarea reprezintă numai una dintre lucrările unui complex, cum ar fi: nivelarea, amendarea, afânarea adâncă, drenajul cârțiță, spălarea, fertilizarea radicală, culturi cu caracter ameliorativ.
 - Pe solurile neluate în cultură ce se amendează pentru prima dată, aplicarea amendamentelor se face după ce s-a efectuat arătura, în timp ce pe solurile cultivate, amendarea se poate aplica după recoltare, înainte de arătură.
 - Pentru a mări randamentul amendării, se practică solubilizarea amendamentelor în apa de spălare sau de irigație.
-

Fertilizarea ameliorativă

- Fertilizarea ameliorativă – refacerea, menținerea și sporirea capacității productive a unor soluri.**
 - Determină: structurarea, creșterea rezervei de elemente nutritive și de humus, adâncirea treptată a orizontului superior bioacumulativ, îmbunătățirea însușirilor fizice și deci a regimului aerohidric.**
 - Se aplică pe soluri afectate de: sărăturare, înmlăștinire, compactare, acidifiere, eroziune, poluare, texturi extreme etc.**
 - Se aplică împreună cu: afânarea adâncă, spălarea sărurilor, amendarea gipsică, amendarea calcică etc.**
 - Lucrarea constă în aplicarea, în funcție de condițiile concrete ale solurilor ce urmează a fi cultivate, a unor doze mari de îngrășăminte chimice și organice inclusiv microelemente.**
 - Eficiența lucrării depinde de numeroși factori: tipul de îngrășământ folosit, potențialul fiziologic al plantei cultivate, agrotehnica aplicată, condițiile pedologice etc.**
-

Influența fertilizării ameliorative asupra însușirilor fizice, chimice și biologice ale solurilor

- o Menținerea echilibrului dintre humificare și mineralizare, dintre îngrășemintele organice și cele minerale.**
 - o Gunoiul de grajd este un îngrășământ complex, mărește capacitatea pentru apă a solului, mărește capacitatea de tamponare a solului, diminuează acțiunea nocivă a acizilor din sol și micșorează aciditatea prin formarea de amoniac, mărește cantitatea de calciu schimbabil.**
 - o Gunoiul de grajd determină îmbunătățirea însușirilor fizice: structurarea solurilor cu textură grosieră, structurarea și permeabilitatea solurilor cu textură fină, capacitatea de reținere a apei în solurile cu textură grosieră.**
 - o Gunoiul de grajd intensifică activitatea microorganismelor și stimulează creșterea plantelor, produce căldură prin descompunerea substanțelor organice, degajă cantități mari de bioxid de carbon principalul factor răspunzător de reacția solului, creșterea cantității de humus.**
 - o Procesul de mineralizare a materiei organice din sol, care aduce azotul în sol sub formă minerală, se produce uneori cu viteze mici. În acest timp se produc pierderi considerabile de azot sub formă gazoasă. În materia organică transformată, 90 % din azot este legat sub formă de compuși organici, fapt care reprezintă un mare avantaj, constituind o sursă importantă de azot.**
-

Influența fertilizării ameliorative asupra însușirilor fizice, chimice și biologice ale solurilor

- **Îngrășemintele chimice – agricultura intensivă.**
 - **Azotul este indispensabil pentru formarea proteinelor, dar excesul poate determina dereglări profunde în metabolismul plantelor, cu consecințe grave asupra sănătății animalelor și a oamenilor, degradarea însușirilor solului, poluarea apelor freatice etc.**
 - **Cantitatea de îngrășeminte cu azot mărește rezerva de azot a solului, fie sub forma azotului nitric introdus, fie prin fixarea lui de către complexul adsorbativ al solului sub formă de amoniu schimbabil, pus apoi la dispoziția plantelor prin reacții de schimb cationic.**
 - **Procesul absorbției de către rădăcini nu este încă deplin clarificat. Se pare că plantele absorb ioni la o concentrație mai mare decât o limită specifică fiecăreia, însoțită de un anumit consum de energie. Din rădăcini, azotul este transferat organelor de creștere, unde sub formă amoniacală, contribuie la sinteza aminoacizilor și apoi a proteinelor.**
 - **O parte din rezerva de azot poate fi pierdută prin levigare, proces de mare importanță, mai ales în zonele umede ca și pe terenurile irigate.**
-

Influența fertilizării ameliorative asupra însușirilor fizice, chimice și biologice ale solurilor

- O altă parte se fixează în sol prin procese reversibile și ireversibile.**
 - Datorită consumării azotului de către microorganisme și a intrării lui în circuitul azotului a dată cu moarta acestora, se constată o variație sezonieră a azotului în sol.**
 - O parte din azot se pierde sub formă gazoasă, mai ales în zonele secetoase.**
 - Îmgrășemintele cu azot și fosfor au o importanță deosebită în realizarea și menținerea echilibrului elementelor nutritive din sol. Datorită caracteristicilor lor chimice, au o influență relativ redusă asupra însușirilor intrinseci ale solurilor.**
 - Un aspect negativ al utilizării îngrășemintelor minerale, semnalat de multă vreme, este cel privind acidifierea solurilor mai ales prin folosirea îndelungată a unor tipuri de îngrășeminte cu azot sau fosfor.**
 - Un rol important în fixarea fosforului și mai ales a potasiului în sol îl au: suma bazelor schimbabile, gradul de saturație în baze.**
-

Stabilirea dozelor de îngrășăminte

Fertilizarea organică

Se poate folosi gunoiul de grajd, ca și celelalte îngrășăminte organice provenite din complexe de creștere industrială a animalelor.

Formulele cu ajutorul cărora se stabilesc dozele necesare de gunoi de grajd se diferențiază după culturile, care se preconizează a fi practicate. Astfel, pentru culturile cu cerințe mai mari pentru elemente nutritive, ca legumele de câmp (cartof), graminee furajere, leguminoase furajere, porumb, sfeclă de zahăr, floarea-soarelui, iarba de Sudan, rapiță pentru ulei, doza de gunoi de grajd folosită se poate aprecia cu formula:

$$DG(t/ha) = \frac{0,4}{N} \left(15 + \frac{30}{IN} \right) \left(1,35 - \frac{8}{A} \right)$$

unde: A este conținutul de argilă (%),

N – conținutul de azot din îngrășământul organic (% din masa umedă),

IN – indicele de azot.

Indicele de azot este o mărime des folosită în practica agrochimică. Se poate calcula cu formula:

$$IN = H \frac{SB}{SB + A_h}$$

unde: H este conținutul de humus în procente,

SB – suma bazelor schimbabile,

A_h – aciditatea hidrolitică.

Pentru grâu, orz și orzoaică de toamnă, secară pentru boabe, ovăz de toamnă și de primăvară, cânepă, ricin, în pentru fuior, în pentru boabe, se apelează la formula:

$$DG(t/ha) = \frac{0,4}{N} \left(12 + \frac{25}{IN} \right) \left(1,35 - \frac{8}{A} \right)$$

unde indicii au aceeași semnificație ca mai sus.

Din dozele de gunoi administrate, se pot calcula cantitățile anuale de elemente nutritive (N, P, K), de care beneficiază plantele cultivate.

Pentru fertilizarea ameliorativă, pe terenurile cu conținuturi scăzute de humus, se consideră necesare 40 t/ha gunoi de grajd, cu reveniri la 2-3 ani.

Stabilirea dozelor de îngrășăminte

Fertilizarea cu fosfor

Administrarea îngrășemintelor cu fosfor, vizează atât asigurarea cantităților de fosfor necesare plantelor de cultură, cât și creșterea gradului de fosfatare la nivele optime pe terenurile cu conținuturi scăzute de fosfați mobili, într-o perioadă scurtă de timp. Fertilizarea cu îngrășăminte cu fosfor se face diferențiat în funcție de natura solului. Astfel, în cazul solurilor lipsite de carbonați alcalino-pământoși, doza anuală de fosfor se calculează cu formula:

$$P_2O_5, s.a. (Kg / ha) = \frac{50 - P_{AL}}{0,04 \times 6} - (P_g + PF_g)$$

unde: 50 este conținutul optim de fosfați mobili din sol, în ppm,

P_{AL} - conținutul inițial de fosfați mobili din sol, în ppm,

0,04 - rata medie de creștere a conținutului de fosfați mobili, în funcție de P_2O_5 , aplicat ca îngrășământ,

6 - numărul de ani în care se face fertilizarea ameliorativă cu fosfor,

P_g - aportul de P_2O_5 prin fertilizarea organică,

PF_g - aportul de P_2O_5 prin amendare cu fosfogips.

În cazul solurilor cu carbonați, au loc intense procese de retrogradare a fosfaților solubili introduși prin îngrășăminte. De aceea, nu este eficient să se administreze doze mari. Pe aceste soluri, se recomandă aplicarea anuală a îngrășemintelor cu fosfor, după normele agrochimice obișnuite, fără însă a fi depășită cantitatea de 80-100 Kg P_2O_5 /ha, nefiind posibilă realizarea unei fertilizări ameliorative.

În cazul fertilizării ameliorative, dozele de P_2O_5 administrate anual, timp de 6 ani, se consideră a fi capabile și suficiente pentru a asigura, după această perioadă, un nivel optim de fosfor în sol. Nu sunt doze economice, dar folosirea unor cantități anuale mai mici ar prelungi cu mult durata ameliorării terenurilor degradate.

Stabilirea dozelor de îngrășeminte

Fertilizarea cu potasiu

Având în vedere proprietatea sărurilor de potasiu de a fi solubile, îngrășemintele cu potasiu trebuie administrate cu discernământ, în funcție de textura solului supus fertilizării ameliorative, întrucât potasiul poate fi îndepărtat prin levigare, eficacitatea fiind mult diminuată.

În fertilizarea ameliorativă, se prevede aplicarea anuală, timp de 8 ani, a unor doze de îngrășeminte cu potasiu, calculate astfel:

$$K_2O_{s.a.}(Kg/ha) = \frac{160 - K_{AL}}{0,05 \times 8} - K_g + C_{carb}$$

unde: 160 este conținutul optim de potasiu mobil extractibil cu reactivul acetat-lactat de amoniu, în ppm,

K_{AL} - conținutul de potasiu mobil al terenului, în ppm,

0,05 - rata medie de creștere a conținutului de potasiu mobil pentru fiecare Kg de K_2O , aplicat prin îngrășământ (ppm K/Kg K_2O),

8 - numărul de ani în care se face fertilizarea ameliorativă cu K,

K_g - aportul de K_2O prin fertilizare organică,

C_{carb} - corecția pentru carbonați.

Această corecție (C_{carb}) este de 20 Kg K_2O /ha în situația în care conținutul de carbonați alcalino-pământoși în stratul arat este mai mare de 1 % și este de 30 Kg K_2O /ha în situația în care conținutul de carbonați alcalino-pământoși în stratul arat este mai mic de 1 % și în stratul subarât mai mare de 1 %.

În cazul fertilizării ameliorative cu potasiu, aplicarea anuală a îngrășemintelor poate asigura, prin rata medie de acumulare, timp de 8 ani un nivel de potasiu apropiat de cel optim pe solurile normale.

Stabilirea dozelor de îngrășăminte

Fertilizarea cu azot

Azotul din îngrășăminte nu se acumulează stabil în sol, participând în slabă măsură la asigurarea unei rezerve. De aceea, în cazul fertilizării ameliorative a terenurilor, fertilizarea cu azot se face după normele agrochimice curente de fertilizare a culturilor. Luând în considerare indicele de azot, în general scăzut pe astfel de soluri, dozele de îngrășăminte calculate sunt mai mari decât pe solurile obișnuite.

Se urmărește asigurarea culturilor cu acest element esențial în nutriție, în cantitățile necesare, ținând seama de însă și de azotul asigurat de sol și de cel provenit din îngrășăminte organice.

Stabilirea dozelor de îngrășeminte

Fertilizarea cu zinc

Pe terenurile decopertate, pe terenurile acoperite cu pământ din adâncime ca și în alte situații în care conținuturile în humus sunt mai mici de 2 %, se recomandă aplicarea îngrășemintelor cu zinc în special a sulfatului de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), cu scopul de a preveni deficiențele de nutriție la anumite culturi de porumb, sorg, fasole etc.

Dozele de zinc se aplică o dată la 5 ani în asolamentele cu porumb și se calculează astfel:

$$\text{Zn (Kg/ha)} = 10 - 10^{0,307 \text{ ICZn}}$$

unde: ICZn este așa numitul “indice al carenței de zinc”, care este dat de relația:

$$\text{ICZn} = (\text{Zn} \times \text{FR} \times 100) / \text{P}_{\text{AL}}$$

unde: Zn este conținutul de Zn extractibil, în ppm,

FR – factor de corecție pentru cantitatea de Zn mobil, care diferă funcție de reacția solului:

- la soluri cu $\text{pH} < 8$, $\text{FR} = 1,3\text{pH} - 0,11\text{pH}^2 - 2,819$,

- la soluri cu $\text{pH} > 8$, $\text{FR} = (1,3\text{pH} - 0,11\text{pH}^2 - 2,819) + (\text{pH} - 0,8) (0,5\text{pH})$.

Se mai poate folosi și formula:

$$\text{Zn (Kg/ha)} = 10 - 10^{1,7 \text{ IRPM}}$$

unde: IRPM este așa numitul “indice reacție-fosfați mobili”, care se determină cu relația:

$$\text{IRPM} = (90 - 10\text{pH}) / \text{P}_{\text{AL}}$$

unde: P_{AL} este conținutul de fosfați mobili, în ppm.

Ameliorarea solurilor nisipoase

- **Fixarea nisipurilor**
- **Valorificarea agricolă**
- **Grăbirea solificării**

Metodele de grăbire a solidificării nisipurilor, sunt :

- ***Îmbogățirea în argilă***, adică acoperirea lor cu un strat de argilă gros d 5-10 cm, care apoi se încorporează în sol cu polidiscul. Metoda este eficientă dar greoaie și de obicei neeconomică, putându-se aplica nu-mai pe suprafețe mici și din apropierea unor locuri care pot constitui surse de argilă.
 - ***Îngroparea adâncă a gunoiului de grajd***. După această metodă, o cantitate de 30-50 t/ha de gunoi de grajd se îngroapă la adâncimea de cca 50-65 cm. Acest strat constituie un mediu de absorbție și reținere a apei ce se infiltrează în nisip, ca și a tuturor substanțelor nutritive supuse levigării.
 - ***Irigarea***. Fertilitatea redusă a acestor soluri, ca și spulberarea, se datoresc umidității scăzute și slabei coeziuni a lor în starea uscată. Aceste neajunsuri sunt remediate cu cea mai mare eficiență prin irigații, care asigură umiditatea optimă, atât în perioadele cu deflație maximă, cât și în timpul vegetației plantelor.
-

Ameliorarea solurilor erodate

- **Lucrările de organizarea antierozională a teritoriului pe terenurile arabile.**
- **Măsurile agroameliorative pe terenurile arabile.**
- **Măsurile hidroameliorative (nivelarea, terasarea, valurile de pământ, canalele de coastă, debușeele).**



Valorificarea terenurilor alunecate

- Stabilizarea lor prin eliminarea apelor stagnante la suprafața solului.
 - Modelarea și nivelarea.
 - Dacă suprafețele sunt foarte frământate și nu se pot aplica lucrări radicale de amenajare, se pot planta cu nuc sau cu specii forestiere.
-