

3.11.1. Corectarea reacției acide a solurilor

Tratarea solului cu compuși ai calciului se face nu ca sursă de ioni nutritivi, ci pentru îmbunătățirea compoziției ionice a soluției solului și a condițiilor fizico-chimice și biologice din sol, pentru creșterea formelor ușor asimilabile ale unor elemente nutritive și îndepărtarea efectului toxic al unor componente ale soluției solului (Fe, Al).

După lucrările lui Pliniu cel Bătrîn (23—79), în Europa (Britania, Galia), varul era folosit cu 200—300 de ani înaintea erei noastre ca mijloc de ridicare a fertilității solului. Celții cunoșteau, de asemenea, influența favorabilă a marnei și a varului asupra îmbunătățirii condițiilor de fertilitate.

În țara noastră, statul acordă asistență tehnică și suportă cheltuielile (amendare + transport) pentru prima amendare a terenurilor agricole cu reacție acidă sau conținut ridicat de săruri solubile.

Scurte considerații asupra condițiilor de formare a solurilor cu reacție acidă. În țara noastră, solurile acide se găsesc în zona pădurilor de foioase și rășinoase. Aici precipitațiile medii sînt cuprinse între 600 și 900 mm anual, din care peste 30% cad în lunile mai și iunie, iar temperatura medie anuală variază între 6 și 10°C.

Repartiția teritorială a solurilor agricole cu reacție acidă (fig. 38) arată că acestea însumează circa 5 700 000 ha (fără zona pădurilor), din care aproximativ 30% revine terenurilor arabile. Aceste soluri s-au format de regulă pe roci sedimentare (luturi sau argile, aluviuni, argile și luturi marnoase).

Formele acidității din sol. Ca urmare a distrucției mineralelor primare, a spălării bazelor și argilei în orizontul de la suprafață crește conținutul în ioni de hidrogen, ceea ce determină aciditatea acestuia.

Aciditatea este dată atît de ionii de hidrogen aflați *liberi* în soluția solului (aciditatea actuală), cît și de ionii de H^+ și Al^{3+} *adsorbiți* (aciditatea potențială) la suprafața particulelor coloidale.

Aciditatea soluției solului *depinde* în cea mai mare parte de prezența:

- acizilor sau sărurilor care hidrolizează acid, care dau aciditatea *actuală*;

- ionilor de hidrogen H^+ și Al^{3+} adsorbiți în complexul adsorbativ, care determină aciditatea *potențială*.

Aciditatea actuală influențează direct asupra creșterii plantelor, însă ea nu poate servi decît ca un *indiciu calitativ*, nu și pentru calcularea dozei de amendament.

Aciditatea potențială este mai mare față de aciditatea actuală, de circa 1 000 de ori pe solurile nisipoase și de aproape 50 000—100 000 de ori pe cele argiloase sau bogate în materie organică. Ea servește ca măsură pentru stabilirea cantitativă a dozei de amendament. În mod convențional, aciditatea potențială este împărțită în aciditate de *schimb* și aciditate *hidrolitică*.

Potențialul de calciu al solurilor acide sau deficitul de saturație cu baze se sprijină pe principii din termodinamică, pe corelația dintre pH și gradul de saturație cu baze și constituie un indice pentru aprecierea nevoii de amendare (vezi p. 142).

Valoarea neutralizantă a amendamentelor. Compuși cu calciu care se folosesc la amendare pentru corectarea reacției acide a solurilor sînt: carbonatul de calciu măcinat (piatra de var), varul ars (CaO), varul stins ($Ca(OH)_2$),

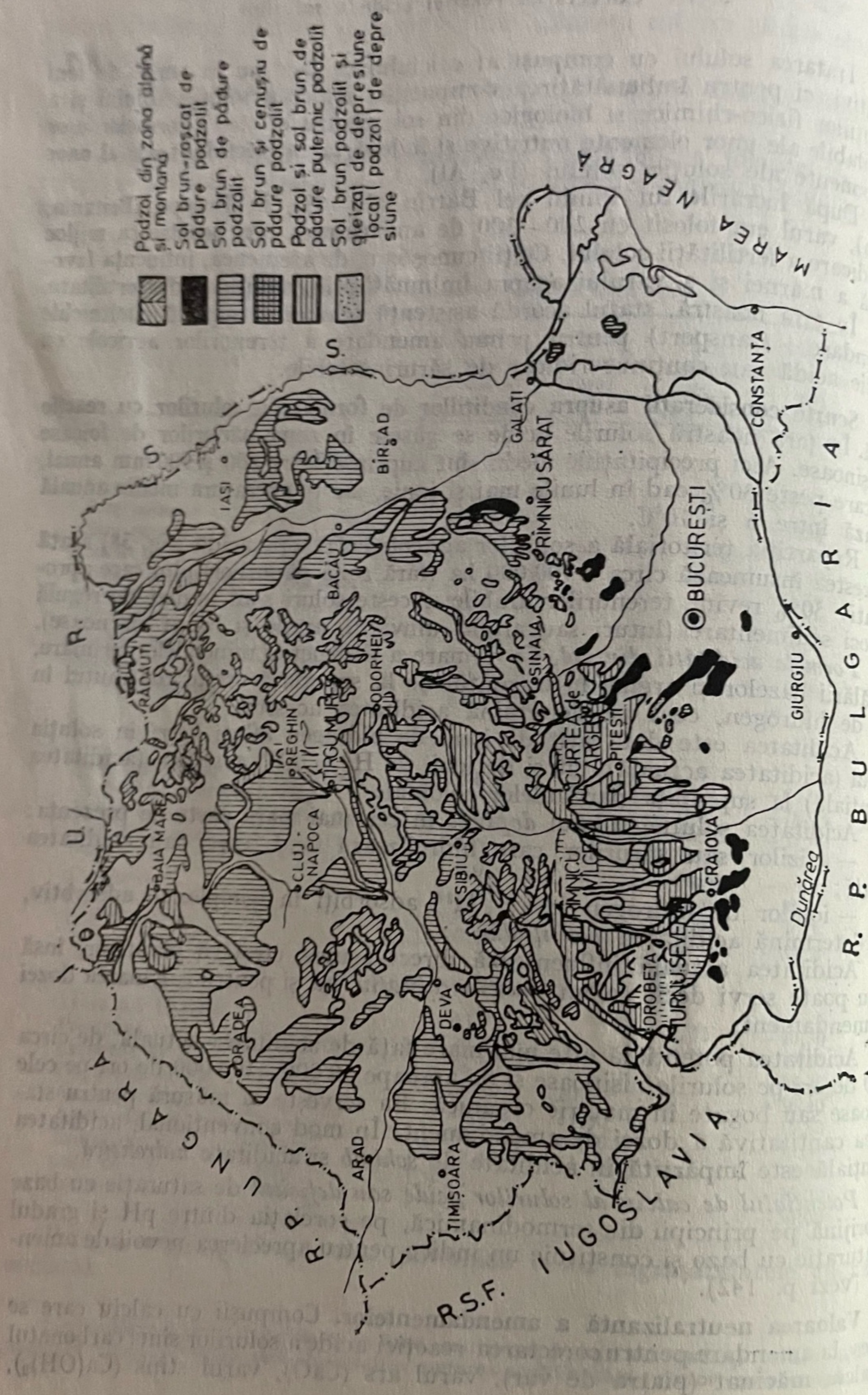


Fig. 38. — Cartograma răspândirii solurilor acide în România (după D. și Velicica Davidescu, 1972).

tuful calcaros, marna, carbonatul de calciu precipitat de la fabricile de sodă, spumă de defecație de la fabricile de zahăr, praful de clincher de la industria cimentului.

De fiecare dată când se folosesc amendamente este bine să se determine valoarea neutralizantă a materialelor folosite (tabelul nr. 58). Acesta se poate stabili în laborator, măsurînd cantitatea ce o neutralizează un acid tare (HCl) care se aplică asupra unui gram de material examinat. Ca referință se ia CaO pur sau CaCO₃ pur. O unitate de putere de neutralizare corespunde la 10 mg CaO ce neutralizează 1 ml HCl 0,357 N, iar 100 kg CaO pur dau 100 unități valoare neutralizantă.

Tabelul nr. 58

Valoarea de neutralizare a amendamentelor

Produse folosite pentru corectarea reacției acide a solurilor	În valori relative față de	
	CaCO ₃ = 100	CaO= 100
CaCO ₃ — piatră de var	100	56
CaO — var ars	150—185	100
Ca(OH) ₂ — var stins	138	75
Marnă	50—60	32
MgO	260	140
MgCO ₃	134	67
Spumă de defecație	65	35

Valoarea neutralizantă a oricărui material se poate calcula în raport cu compoziția. De exemplu, un amendament ce conține 60% CaCO₃, 30% MgCO₃ și 10 % corpuri străine, valoarea neutralizantă se calculează astfel:

$$60\% \text{ CaCO}_3 \frac{60 \times 100}{100} = 60$$

$$30\% \text{ MgCO}_3 \frac{30 \times 134}{100} = 40$$

Total = 100 unități de valoare neutralizantă

Calitatea amendamentelor cu calciu este determinată de gradul de finețe și de valoarea de neutralizare, eventual și de conținutul în magneziu.

Finețea materialului este dată de % din amendament care trece prin 2 sau 3 site cu ochiuri de mărimi diferite (tabelul nr. 59).

Tabelul nr. 59

Norma de finețe (%) ce trebuie îndeplinită de produsele calcaroase folosite ca amendament

Amendamentul	Mărimea ochiurilor sitei în mm prin care trebuie să treacă				Conți- nut în magne- ziu %
	0,15	1	2	4	
Carbonat de calciu	90	99	—	—	—
Carbonat de calciu și magneziu	90	99	—	—	4
Hidroxid de calciu	50	50	99	—	—
Hidroxid de calciu și magneziu	50	90	99	—	6
Oxid de calciu	—	—	90	99	—
Oxid de calciu și magneziu	—	—	90	99	8
Spumă de defecație (uscată) de la fabricile de zahăr	—	—	70	99	—

— După pH-ul determinat în extract cu KCl n/1 se poate face o apreciere calitativă:

la pH < 4,5 nevoia de amendament este mare;

la pH 4,6—5,5 nevoia de amendament este mijlocie;

la pH 5,6—5,8 nu este necesar să se facă corectarea reacției acide.

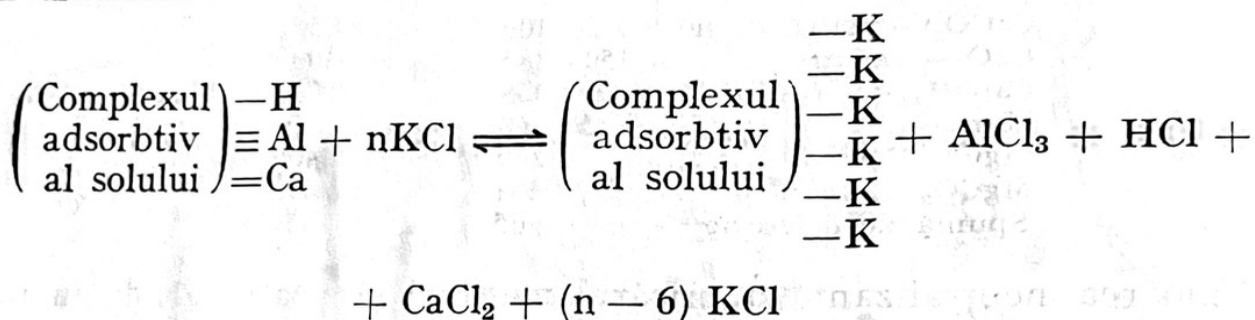
— După pH-ul determinat în extract apos se apreciază că:

la pH < 5,5 nevoia de amendament este mare;

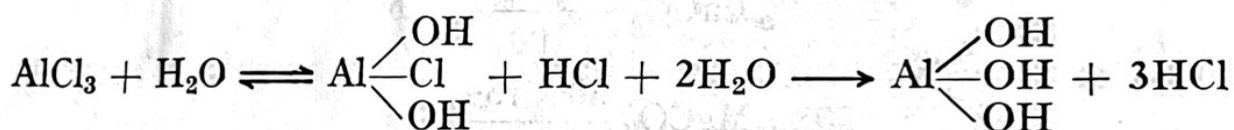
la pH 5,6—6,2 nevoia de amendament este mijlocie;

> pH 6,3 nu este necesar să se facă corectarea reacției acide.

— După aciditatea de schimb, exprimată în miliechivalenți la 100 g sol, se determină ionii de H^+ și Al^{3+} ce trec prin schimb în soluție la agitarea solului cu o soluție a unei sări neutre (KCl n/1). Are loc o reacție de schimb după cum urmează:



În urma apariției în soluție a acidului clorhidric și a hidrolizării clorurii de aluminiu soluția se acidifică:

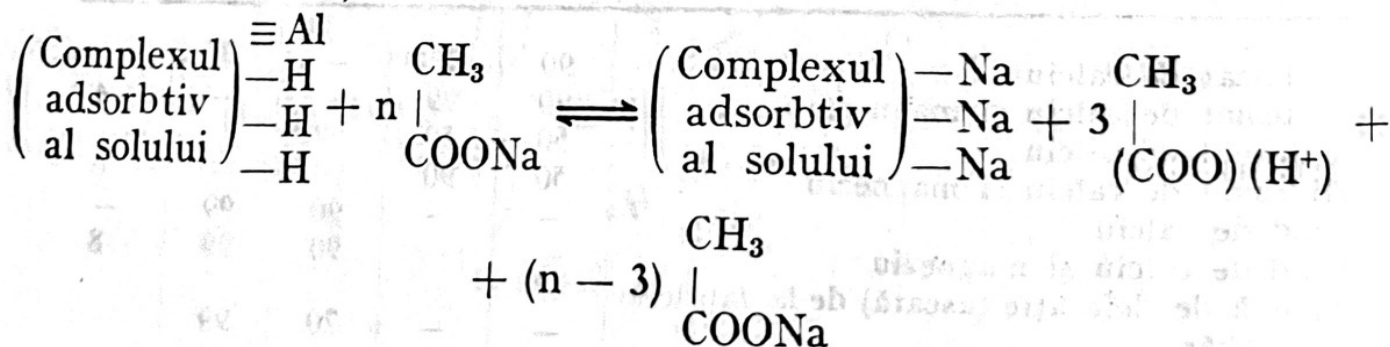


Aciditatea de schimb se folosește la stabilirea dozei de calciu atunci când în rotație predomină plante care suportă o anumită aciditate (cartofi, ovăz, seară etc.). De asemenea, acest indice se utilizează și pentru corectarea acidității solurilor turboase.

Doza de amendament în t/ha se calculează după relația arătată în continuare la aciditatea hidrolitică.

— După aciditatea hidrolitică, exprimată în miliechivalenți la 100 g sol, se determină ionii de hidrogen și aluminiu ce trec din complexul adsorbativ în soluție, la agitarea solului cu o soluție a unei sări care hidrolizează bazic: ca acetatul de sodiu $CH_3-COONa$, acetatul de potasiu CH_3-COOK ; acetatul de calciu $(CH_3-COO)_2Ca$ etc.

Are loc o reacție de schimb:



Cînd se folosește o soluție care hidrolizează *bazic* ($\text{CH}_3\text{—COONa}$) atunci concentrația soluției în ioni de hidrogen, datorită disocierii slabe a acidului rezultat ($\text{CH}_3\text{—COOH}$), este scăzută. Această concentrație slabă în ioni de hidrogen favorizează reacția de la stînga la dreapta, iar înlocuirea prin schimb a hidrogenului din complexul adsorbativ cu alți cationi (Na) se face mai intens decît în cazul acidității determinate prin schimbul cu o sare neutră (aciditatea de schimb).

Doza de amendament calcaros se calculează astfel:

$$\text{Doza } \text{CaCO}_3 \text{ t/ha} = \frac{x \cdot 10 \cdot 50}{1\,000} \text{ Gv} \cdot h \cdot \frac{100}{k}$$

în care: x = aciditatea hidrolitică în miliechivalenți la 100 g sol;
 10 = un coeficient pentru a trece de la 100 g sol la 1 kg sol;
 50 = un coeficient pentru a trece de la 1 mg CaCO_3 la un 1 kg sol, care derivă din faptul că 1 miliechivalent de H^+ corespunde cu 50 mg CaCO_3 ;
 Gv = greutatea volumetrică a stratului arabil supus ameliorării, în t/m^3 ;
 h = grosimea stratului de sol ameliorat, în m;
 1000 = pentru a trece de la grame la tone;
 k = procentul de CaCO_3 din materialul folosit pentru a obține doza de amendament — substanță fizică.

Prin introducerea în sol a dozelor rezultate din calcul, după 3—4 ani, reacția ajunge în jurul unui $\text{pH} = 7$.

— **După aciditatea de neutralizare și curba de titrare.** Nu întotdeauna este necesar să se facă corectarea acidității pînă la punctul de neutralizare ($\text{pH} = 7$), deoarece majoritatea plantelor de cultură reușesc foarte bine dacă pH -ul (în apă) este între 6,3 și 7,2. De aici apare că este necesar ca pH -ul să se aducă doar pînă la limita convenabilă plantelor cultivate.

Prin adăugarea de cantități crescînde de baze (Ca(OH)_2 etc.), agitarea soluției și determinarea pH -ului, se poate calcula cantitatea de amendament pentru un anumit pH al solului.

Aciditatea de neutralizare se exprimă în cantitatea de bază Ca(OH)_2 în me/100 g sol necesară pentru ca soluția în contact cu faza solidă a solului să aibă $\text{pH} = 7$, sau o anumită valoare pH .

Determinarea curbei de titrare se face astfel (Davidescu și Davidescu, 1978): peste o serie de 10 probe de sol de 25 g fiecare, se adaugă o cantitate crescîndă de baze de o anumită concentrație (Ca(OH)_2 , KOH) în ml, se agită, se lasă 24 de ore pentru a intra în echilibru și apoi se determină pH -ul și se așază datele grafic într-un sistem de coordonate. Pe abscisă se înscrie numărul de miliechivalenți din baza folosită. Numărul de miliechivalenți din baza folosită pentru a ridica pH -ul cu 0,1 unități pH se citește pe curba de titrare și se notează convențional cu C . Doza de CaO (kg) pentru 1 ha pe 10 cm adîncime se calculează folosind relația:

$$\text{Doza } \text{CaO} \text{ kg/ha} = C \cdot 10^8 \text{cm}^2 \cdot \text{Gv} \cdot h$$

în care: C = numărul de miliechivalenți din baza folosită la titrare pentru a ridica pH -ul solului cu 0,1 unități;
 10^8cm^2 = suprafața unui hectar;
 h = adîncimea solului pe care se face amendarea, în cm;
 Gv = greutatea volumetrică a solului.

Pentru că C se determină pe o probă de 25 g, iar greutatea moleculară a CaO este de 56 (și fiind bivalent $\frac{56}{2} = 28$) vom avea:

$$\begin{aligned} \text{Doza CaO kg/ha} &= C \cdot \frac{28}{1\,000 \cdot 1\,000} \cdot \frac{10^8 \cdot 10 \cdot Gv}{25} = \\ &= C \cdot Gv \cdot 1\,120 \text{ kg CaO} \end{aligned}$$

Calculul curbei de neutralizare se poate face după ecuația lui Henderson pentru *neutralizarea acizilor slabi cu baze tari*:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{AB}]}{[\text{AH}]}$$

în care: pH = logaritmul cu semn schimbat al concentrației ionilor de hidrogen;

pK_a = logaritmul cu semn schimbat al constantei de disociere a acidului slab;

AB = concentrația sării rezultate din neutralizare;

AH = concentrația acidului slab.

Aciditatea de neutralizare se exprimă prin *cantitatea de baze* Ca(OH)₂ în miliechivalenți la 100 g sol, necesară pentru ca soluția solului în contact cu faza solidă a acestuia să ajungă la o anumită valoare a pH-ului.

— După gradul de saturație cu baze (V%) ce se dorește să se realizeze se poate face atît o apreciere calitativă, cît și una cantitativă:

— cînd V este sub 50%, nevoia de amendament este mare;

— cînd V este între 50 și 70% nevoia de amendament este mijlocie;

— cînd V este peste 70% nu este necesară corectarea reacției acide.

Între valoarea pH (în electroliți slabi) și gradul de saturare cu baze există o *anumită corelație* ce se încadrează în ecuația de tamponare a solului (Pavlovski și Mavrodineanu, 1938) (vezi p. 152).

Pentru aducerea solului la un anumit grad de saturație cu baze, calculul dozei de amendament se face astfel:

$$\text{Doza de amendament t/ha} = \left[\frac{V_d \cdot S_{B1}}{V_1} - S_{B1} \right] (Gv \cdot h) A \frac{100}{Cn}$$

$$\text{sau} = S_{B1} \left[\frac{V_d}{V_1} - 1 \right] (Gv \cdot h) A \cdot \frac{100}{Cn}$$

in care: V_d = gradul de saturație ce se dorește a se realiza;
 V_i = gradul de saturație inițial;

S_{Bi} = suma bazelor schimbabile inițial, în me/100 g sol;

G_v = greutatea volumetrică a stratului ce se amendează în t/m³.

h = adîncimea stratului de sol ce se amendează, în cm;

A = cantitatea de amendamente în t/ha, corespunzătoare unui miliechivalent de H determinat ca aciditate hidrolitică:

CaCO_30,0005 t;

CaO0,00033 t;

marnă.....0,0010 t

C_n = capacitatea de neutralizare a amendamentului (%) (tabelul nr. 58).

Stabilirea justă a dozelor de amendament este o problemă tehnico-economică deosebit de importantă. Întotdeauna la stabilirea finală a mărimii dozelor de amendament trebuie să se țină seama, în afară de aciditate, și de compoziția granulometrică (textura) a solului, capacitatea de tamponare și componența (structura) culturilor din cadrul asolamentului sau rotației folosite.

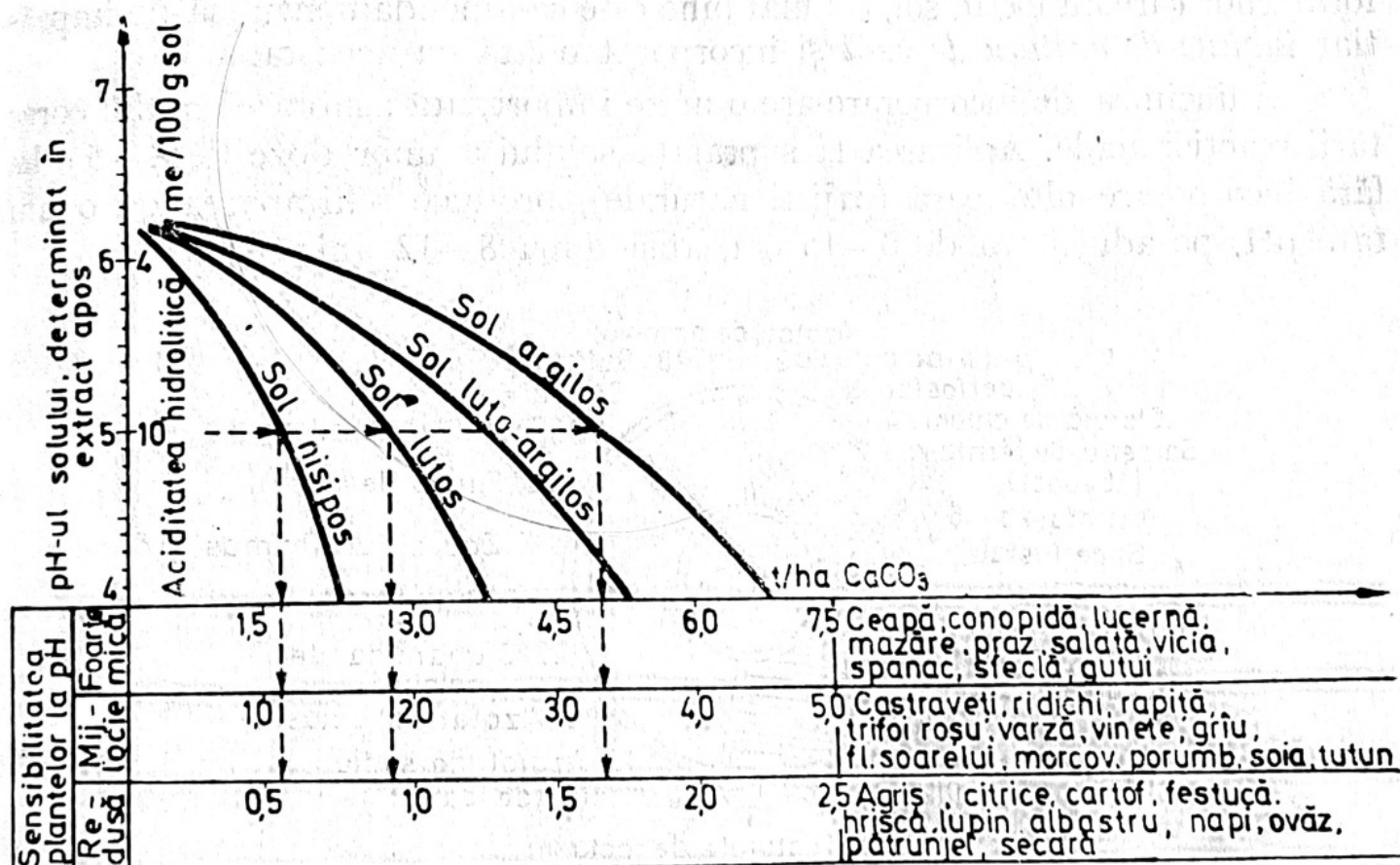


Fig. 39. — Graficul determinării amendamentelor în CaCO_3 (t/ha) în raport cu pH-ul, aciditatea hidrolitică, textura și sensibilitatea plantelor (după D. și Velicica Davidescu, 1972).

Pentru condițiile din țara noastră se poate folosi o diagramă sintetică (fig. 39) prin care se caută să se îmbine factorii care concură la stabilirea corectă a dozei de calciu. Plecînd cu o paralelă la abscisă se întâlnește curba care reprezintă textura. De la punctul de întîlnire se coboară o perpendiculară pe abscisă, unde sînt indicate dozele de amendament în CaCO_3 în t/ha în raport cu sensibilitatea plantelor la aciditate.

În mod obișnuit, dozele folosite pentru corectarea acidității solului sînt cuprinse între 2 și 8 t/ha.

Dozele mari de calciu. Pentru plantele cultivate nu este necesar ca reacția solului să fie corectată pînă la neutru ($\text{pH} = 7$). De regulă este suficient să se atingă un pH de 6,3—6,5.

Dozele prea mari de calciu au efecte nefavorabile asupra accesibilității elementelor nutritive. La început, calciul *activează descompunerea materiei organice* din sol, punînd astfel la dispoziția plantelor, în mod temporar, cantități mai mari de elemente nutritive. Această descompunere intensă se face în *detrimentul însușirilor fizico-chimice* ale solului. La scurt timp (2—3 ani), excesul de calciu își manifestă efectele nefavorabile. Numeroase elemente nutritive ca: fosforul, fierul, manganul, borul, cuprul și zincul trec în forme greu solubile.

Excesul de calciu dăunează, de ex., culturilor de cartof, in, lupin, seradelă, măr, viță de vie.

Epoca de încorporare a amendamentelor. Amendamentele cu calciu se pot încorpora în sol în orice perioadă a anului mai ales atunci cînd în unitate nu sînt vîrfuri de muncă, ținînd seama de concentrarea mare de forță de muncă și de tracțiune ce o necesită această operație. Din punctul de vedere al transformărilor care au loc în sol, cel mai bine este ca amendamentul să fie împrăștiat înainte de arătura de vară și încorporat odată cu aceasta.

Adîncimea de încorporare are o mare importanță asupra efectului corectării reacției acide. Aplicarea la suprafața solului a unor doze de 4—5 t/ha, fără încorporare ulterioară (pajiști naturale), produce schimbarea cu o unitate pH , pe adîncimea de 0—15 cm, abia după 8—12 ani.

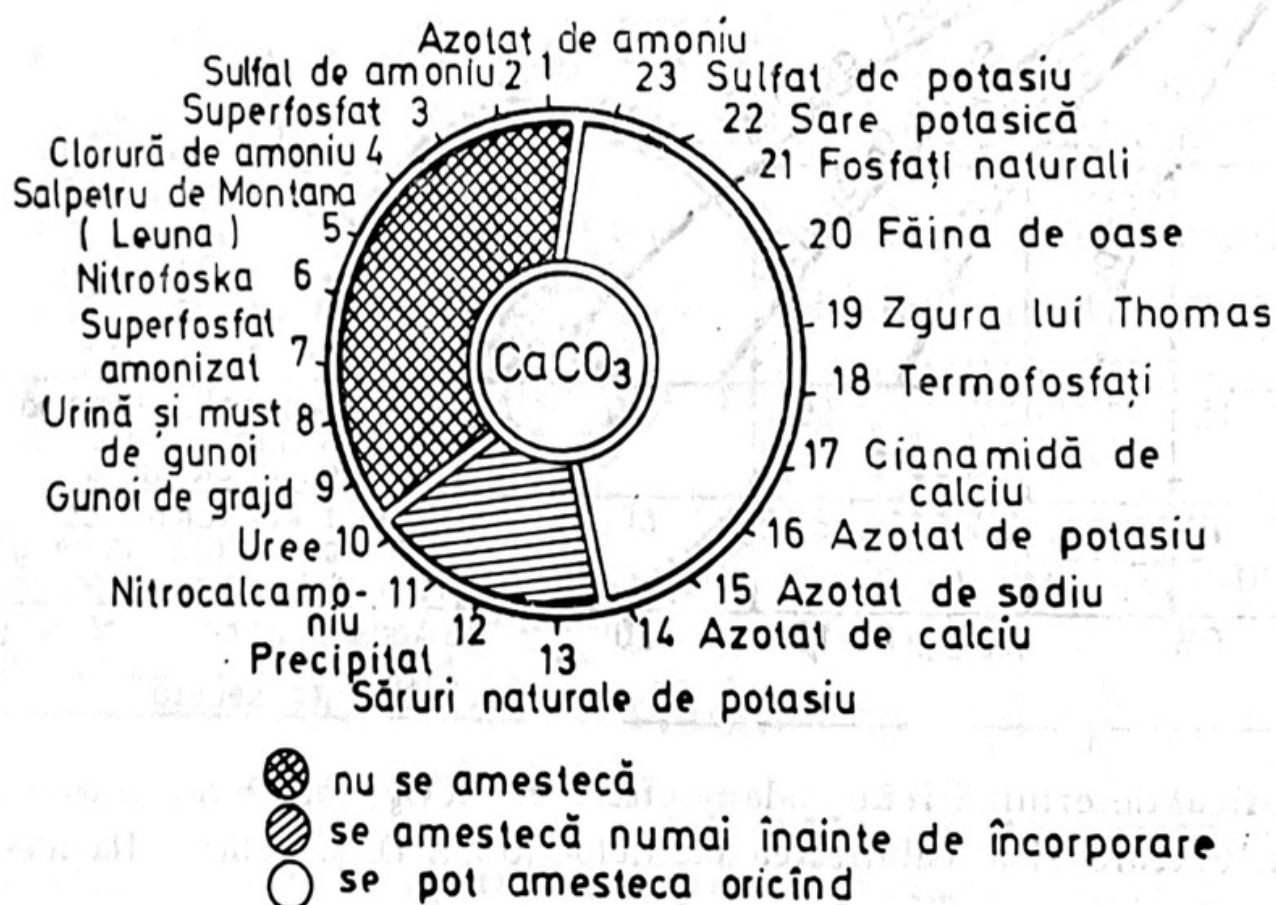


Fig. 40. — Schema amestecului carbonatului de calciu cu diferite îngrășăminte (după D. Davidescu, 1956).

Întrucît solurile care comportă amendare au un conținut scăzut în humus se recomandă folosirea *gunotului de grajd*, în doze de 20—30 t/ha, odată la 4 ani, singur sau împreună cu *îngrășămintele minerale*; în acest caz este necesar să se respecte *regulile de amestecare* (fig. 40) spre a nu se produce

pierderi de azot amoniacal atît din îngrășămintele chimice, cît și din gunoiul de grajd.

Amendarea cu calciu pentru menținerea reacției. Eficiența amendării cu calciu începe să se resimtă în general cam în *al treilea an* de la aplicare și se menține circa 7—8 ani, după care începe să scadă. Se socotește că eficiența totală a corectării reacției acide a solului se manifestă, în medie, timp de 10—15 ani. Aceasta conduce la măsura *aplicării periodice* a amendamentelor, în raport cu condițiile climatice, solul și structura culturilor.

Spre a menține reacția obținută în urma primei amendări, pe solurile lutoase și pe cele ușoare după 4—6 ani, iar pe cele grele după 8—10 ani, se repetă amendarea cu o jumătate de doză din cantitatea de amendament folosită cînd s-a aplicat prima oară amendarea, măsură cunoscută sub numele de „amendare de menținere” sau „amendare de întreținere”.

3.11.2. Corectarea compoziției ionice a solurilor saline și alcalice

Încă din antichitate, la greci și la romani era cunoscută metoda ridicării fertilității prin tratarea empirică a solurilor cu gips, care constituie dealtfel principalul amendament pentru solurile alcalice.

Pe baza cartărilor agrochimice și pedologice, în România, solurile cu un conținut mărit de săruri solubile* ocupă o suprafață de aproximativ 510 000 ha, din care: 265 000 ha soluri saline și alcalice (halomorfe) și 245 000 ha soluri salinizate și alcalinizate. Aceasta reprezintă 2,8% din teritoriul agricol și 4% din suprafața arabilă. De regulă sînt răspîndite în zonele de stepă și silvostepă, cu climat continental, cu temperatura medie între 8,3 și 11,5°C, cu precipitații medii anuale între 420 și 600 mm și cu evaporație puternică (ETR = 630 — 700 mm). Teritorial, suprafețele cu soluri sărăturate se repartizează astfel:

- 96 000 ha în Dobrogea (sărături marine);
- 193 000 ha în Cîmpia Română și lunca Dunării;
- 55 000 ha în Moldova, în depresiunea Jijia-Bahlui;
- 165 000 ha în Cîmpia de vest a țării;
- 6 500 ha în Transilvania (datorită unor condiții locale).

În unele zone din partea de cîmpie, terenurile sărăturate reprezintă pînă la 20% din terenul arabil.

Programul național de îmbunătățiri funciare prevede că pînă în 1985 să fie redată agriculturii o suprafață de 30 000 ha.

Suprafețele cele mai întinse se găsesc în unitățile geomorfologice joase, cu drenaj natural al apelor freatice defectuos și climat arid (fig. 41, tabelul nr. 60).

Trebuie luat în considerare faptul că pe o suprafață de aproape 4 milioane hectare se găsesc soluri freatic hidromorfe, care, în raport cu condițiile locale și cu intervenția neadecvată făcută de om, sînt susceptibile de sărătură. În Cîmpia de Vest, Cîmpia Română, lunca și Delta Dunării apa freatică se află la mică adîncime și este puternic mineralizată, constituind un factor potențial de sărăturare.

* Un conținut mai mare de 900—1 000 ppm săruri solubile în apă.