

*Totof*  
INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA C

*Știința Solului*

Nr. 6

CAPACITATEA DE SCHIMB A SOLULUI ÎN  
RAPORT CU CONȚINUTUL DE ARGILĂ  
ȘI HUMUS

DE

N. CERNESCU

DIE AUSTAUSCHKAPAZITÄT DES BODENS IM  
VERHÄLTNIS ZUM TON UND HUMUSGEHALT



MONITORUL OFICIAL ȘI IMPRIMERIILE STATULUI  
IMPRIMERIA NAȚIONALĂ, BUCUREȘTI 1939



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României

INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA C

*Știința Solului*

Nr. 6

CAPACITATEA DE SCHIMB A SOLULUI ÎN  
RAPORT CU CONȚINUTUL DE ARGILĂ  
ȘI HUMUS

DE

N. CERNESCU

DIE AUSTAUSCHKAPAZITÄT DES BODENS IM  
VERHÄLTNIS ZUM TON UND HUMUSGEHALT



MONITORUL OFICIAL ȘI IMPRIMERIILE STATULUI  
IMPRIMERIA NAȚIONALĂ, BUCUREȘTI 1939



Institutul Geologic al României

*Manuscrisul primit în Mai 1939.*



Institutul Geologic al României

## A) CONSIDERAȚII INTRODUCTIVE

Capacitatea de schimb pentru cationi este determinată de cele două componente ale complexului adsorptiv din sol: minerală (argila) și organică (humusul). Felul și măsura în care fiecare din aceste componente intervin în determinarea capacitații de schimb au format obiectul a numeroase cercetări.

Stabilirea capacitații de schimb înainte și după distrugerea substanței organice cu apă oxigenată, a fost metoda cea mai întrebuintată pentru a afla ceea ce revine complexului organic al solului. În mod tacit se admitea că distrugerea substanței organice cu apă oxigenată lasă nealterat complexul mineral. Cercetările lui W. O. ROBINSON (11) și K. K. GEDROIZ (4) au pus în evidență un efect apreciabil de dizolvarea silicei și bazelor din complexul mineral. W. T. Mc. GEORGE (5) arată că tratarea cu apă oxigenată modifică foarte puțin (cu 2—3%) capacitatea de schimb a bentonitei, dar distrugă o bună parte din capacitatea de schimb a zeoliștilor sintetici. Componentele mineralogice ale complexului mineral (montmorillonit, caolinit etc.) ar suferi aşa dar foarte puțin prin tratarea solului cu apă oxigenată; partea din complex rezintetizată recent în masa solului (zeoliți noi) suferă însă o pierdere sensibilă a capacitații de schimb. Trebuie să adăugăm la aceasta și faptul că distrugerea humusului cu apă oxigenată este rapidă și completă numai la solurile saturate cu hidrogen și ioni alcalini; la solurile saturate cu Ca sau Mg, oxidarea humusului cu apă oxigenată este puțin eficace (K. K. GEDROIZ, 4, S. ODEN, 7). Aceasta ar explica pentru ce unii cercetători (SOCOLOVSKI, 16) găsesc o scădere neînsemnată a capacitații de schimb a cernoziomului ca urmare a oxidării cu apă oxigenată, în timp ce la podzol scăderea aceasta depășește 65%. Bioxidul de man-

gan în medii acide, neutrale sau alcaline, săturile manganoase în medii alcaline și  $\text{CO}_3\text{Ca}$  împiedecă destrucția substanței organice a solului prin oxidare cu  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Destrucția complexului organic al solurilor în care aceste substanțe se găsesc în cantități apreciabile, devine o problemă nerezolvată încă în mod satisfăcător. În astfel de soluri sunt necesare tratări repeatate cu  $\text{H}_2\text{O}_2$  (40 cmc. de  $\text{H}_2\text{O}_2$  15% pentru 5 g sol) la care s'au adăugat câteva picături de acid acetic concentrat (L. C. OLSON și R. H. BRAY, 8).

In scurt dar, determinarea fracțiunii din capacitatea totală care revine fiecărei componente a complexului adsorptiv, prin oxidarea humusului cu apă oxigenată, ar trebui condusă la unele soluri în condiții speciale de lucru (înlocuirea cationilor bivalenti), în timp ce la alte soluri bogate în complex mineral nou format, nu ar fi aplicabilă.

Jată de ce s'a încercat stabilirea prin calcul a celor 2 componente ale capacității totale de schimb, pornind dela ideea că capacitatea de schimb a solului ar fi o însușire aditivă: Complexul mineral și cel organic al unui anumit sol ar avea, pentru fiecare gram, o capacitate de schimb bine definită; în capacitatea de schimb a solului fiecare va interveni aşa dar cu o fracțiune proporțională cu conținutul procentual respectiv. K. K. GEDROIZ (4) sugerează că amestecul celor 2 componente ar fi nu numai mecanic, ci mai intim. A. DEMOLON și G. BARBIER (3) arată că este posibilă formarea unui complex argilo-humic. Cantitatea de humus fixată pentru 100 g argilă depinde de reacția mediului; scade cu atât mai mult cu cât pH final este mai ridicat. Dacă ne referim la condițiile naturale, ar urma ca la solurile saturate, în care reacția soluției de sol este slab alcalină, formarea complexului argilo-humic să fie neînsemnată, devenind importantă numai la solurile acide. Mai adăugăm și faptul că la solurile de stepă formarea humusului are loc într'un substrat mineral în care argila este saturată și coagulată; humusul fiind de asemenea coagulat în chiar momentul formării, este greu de admis posibilitatea unei legături mai intime între aceste 2 componente. Este probabil că la solurile acide, deplă-



sarea hidrogenului adsorbit prin percolare cu acetați alcalini, să aibă loc cu mobilizarea forțelor adsorptive care ar lega argila de humus.

P. E. TURNER (17) aplică metodele statisticei unui număr de 56 soluri tropicale aparținând la 3 tipuri. Coeficientul de corelație multiplu calculat de el ( $R = 0,943$ ) constituie o evidență numerică; mărimea capacitatei de schimb este strâns legată de conținutul solului în argilă și humus. Corelația între conținutul în praf (fine silt) și capacitatea de saturatie apare ca fără însemnatate. O valoare numerică apropiată (0,9276) obține E. P. TURNER pentru coeficientul de corelație între capacitatea de saturatie și conținutul în argilă și humus pentru o serie de soluri nisipohumoase din Olanda.

Cu ajutorul acelorași metode ale statisticei matematice, P. E. TURNER (17) ajunge la concluzia că capacitatea de schimb poate fi prezisă cu ajutorul unei formule de tipul:

$$\alpha A + \beta H + \gamma = T \quad (1)$$

$T$  = Capacitatea totală de schimb,

$\alpha$  = " unui gram de humus,

$\beta$  = " " " " argilă,

$\gamma$  = O constantă denumită de TURNER fracțiunea neexplicată,

$A$  și  $H$  = Conținutul procentual al solului în argilă, respectiv humus.

Pentru conținutul în argilă se ia fracțiunea  $<0,002$  mm. Cu creșterea mărimii particulelor, capacitatea de schimb scade foarte repede. WILLIAMS RICE (10) stabilește empiric, tot pe baza ideii că capacitatea de schimb este o însușire aditivă, formula:

$$\alpha A + \beta H = T \quad (2)$$

care se verifică pentru o serie de soluri calcaroase. Diferența dintre cele două formule este termenul  $\gamma$  care reprezintă capacitatea neexplicată. După E. J. RUSSEL (13), termenul  $\gamma$  ar corespunde capacitatei de schimb care revine massei solului. Cel mai just procedeu pentru evitarea termenului ar fi ca să introducem în formulă complexul de alterare al lui VAN BEMMEL (A + B). Este știut că alumino-silicații



având însușirea de a schimba cationii sunt distrusi de HCl concentrat. Rezidiul rămas după tratarea solului cu HCl conc. arată o capacitate de schimb foarte redusă. Este de admis că în formula amintită a lui P. E. TURNER termenul  $\gamma$  poate să devină neglijabil dacă introducem în formulă în locul argilei conținutul solului în complex de alterare (A + B VAN BEMMELEN). Procedând în acest fel am obținut o bună reproducere a valorilor experimentale, calculând după W. RICE (10). Pentru solurile formate pe sedimente și care nu arată încă fenomene de distrugerea complexului, conținutul în argilă (fracțiune  $< 0,002$ ) și conținutul în complex de alterare VAN BEMMELEN merg împreună. De sigur că și restul solului cu particule  $< 0,002$  nm arată însușirea de a adsorbi polar diferenții cationi. Adsorpția polară fiind însă un fenomen de suprafață, intensitatea ei scade foarte repede cu diminuarea suprafeței specifice, deci cu mărimea diametrului particulei. D. J. HISSINK (6) stabileste pentru o serie de sedimente din Olanda că în fracțiunea cu  $\varnothing < 0,002$  mm rezidă peste 90% din capacitatea totală de adsorbție. D. J. HISSINK (6) izolează diferențele fracțiuni după mărimea particulelor și determină pentru fiecare fracțiune capacitatea de schimb. În condițiunile naturale argila coloidă înconjoară cu un film foarte fin particulele mai mari din sol. Intr-o astfel de alcătuire rolul pe care l-ar putea juca fracțiunea din sol cu particulele mai mari ca 0,002 mm, în determinarea capacitații de schimb, poate deveni neînsemnat, la un conținut potrivit de argilă, mai ales atunci când prin natura ei argila arată o capacitate de schimb ridicată.

## B) CERCETĂRI PERSONALE

### I. ZONA STEPEI

Cercetările personale au avut drept scop să verifice întru cât metoda de calcul P. E. TURNER - W. RICE ar fi aplicabilă la studiul profilelor de sol. În ipoteza că la solurile formate pe sedimente puternic alterate, capacitatea neexplicată poate fi neglijată față de capacitatea humusului și argilei, am dedus



cu ajutorul formulei (2) valoarea coeficientilor  $\alpha$  și  $\beta$  la diferitele profile de sol. Calculul s'a făcut cu ajutorul valorilor obținute pentru diferitele orizonturi ale aceluiași profil. Firește că un astfel de procedeu nu este îndreptățit decât admitând că atât complexul mineral cât și cel organic, practic vorbind, au aceleași însușiri în diferitele orizonturi ale profilului de sol. Pentru complexul mineral al solurilor noastre de stepă acest fapt este cu prisosință dovedit prin analizele asupra complexului van Bemmelen (T. SAIDEL, 14) ca și prin cele asupra argilei separate din sol (M. POPOVĂȚ, 9).

A. SCHMUZIGER (15) distinge, în ceea ce privește distribuția humusului în profilul solului, 2 feluri de migrațuni: O migrație activă în care diferitele componente chimice (celuloze, hemiceluloze, lignine, proteine) migrează fracționat, astfel că în diferitele orizonturi, raportul dintre ele nu rămâne același și o migrație pasivă în care humusul este antrenat mecanic ca ultramicron în massa solului.

Identificarea celor 2 feluri de migrațuni ale humusului, pentru diferite tipuri de sol, este actualmente în studiu în laboratorul nostru. Din valorile raportului C : N în diferitele nivele ale orizontului cu humus (după determinări făcute de d-rele FLORICA POPEA și A. GEORGESCU), se pot vedea cele 2 feluri de migrațuni :

#### *Soluri de stepă*

Cernoziom pe marnă (Abaclia)	0—15	15—30	30—50	50—70 cm
C:N	13,1	13,3	13,6	14,6
Cernoziom ciocolat (Arciz)	0—15	15—30	30—45	55—75 cm
C:N	13,3	14,6	13,4	12,5
Cernoz. castaniu (Mărculești)	0—20	20—35	35—45	45—60 cm
C:N	12,7	12,8	13,2	12,3
Cernoziom castaniu (Taraclia)	0—15	15—30	30—45	70—90 cm
C:N	12,5	12,9	13,9	13,4

#### *Soluri din zona podzolului primar*

Sol sub Nardetum	0—5	5—15	15—30	30—40	40—50	50—70 cm
	15,6	17,3	21,0	20,5	19,5	22,9
Podzol sub Azalea-	0—10	10—15	15—20	20—30	30—40	50—60 cm
procubens	15,45	14,85	18,40	27,1	35,6	28,0



T A B E L A I

*Calculul capacitații de schimb din conținutul în argilă și humus cu ajutorul formulei  $\alpha \cdot A + \beta \cdot H = T$*

Berechnung der Austauschkapazität aus dem Ton- und Humusgehalt mit Hilfe der Formel  $\alpha \cdot A + \beta \cdot H = T$

*Soluri de stepă — Steppenböden*

Profil	Adâncime Tiefe	Humus C × 1,47 H g%	Humus C × 1,47 H cm	Argilă Ton < 0,001 mm A g%	Humusului Ton g%	Capacitatea Argilei Ton Millaequiv.	Capacitatea totală	
							Calculată	Determinată
					Spesifische Austauschkapazität specif.		Berech- nete	Gesamtaustausch- kapazität Millaequiv.
							Gesamtaustausch- kapazität Millaequiv.	
1. Cernoziom Castanu Taracia (Basarabia) Kastanienfarbiger Tscher- nozom.	0—15 15—30 30—45 45—55 75—90 90—110	4,40 3,72 3,28 2,87 1,43 0,85	30,16 29,11 27,04 25,65 24,10 22,88	12,62 10,68 9,42 8,25 4,10 2,44	22,32 21,54 20,90 18,98 17,84 16,93	$\alpha = 0,74$ $\beta = 2,87$	34,94 32,22 29,42 27,23 21,94 19,37	35,10 32,70 28,68 25,89 23,39 19,47
2. Cernoziom castanu Mărcalesti (Muntenia) Kastanienfarbiger Tscher- nozom.	0—20 20—35 35—45 45—60	3,92 3,66 3,16 2,55	23,92 25,90 24,86 22,46	12,11 11,32 9,77 7,90	17,89 19,35 18,59 16,79	$\alpha = 0,748$ $\beta = 3,09$	30,00 30,67 28,36 24,69	29,54 30,19 29,76 26,53



60—75	2,05	21,37	6,35	15,97	22,32	24,04	
75—90	1,59	20,28	4,92	15,16	20,08	19,30	
3. Cernoziom ciocolat Ghimpai (Muntenia)	0—25	5,31	26,36	14,50	19,51	34,01	34,62
Schokoladefarbiger	25—50	3,84	27,10	10,47	20,05	30,52	31,14
Tschermozion	50—75	2,34	24,91	6,40	18,43	24,83	24,03
	50—100	1,65	21,93	4,50	16,20	20,70	19,51
4. Cernoziom ciocolat Arciz (Basarabia)	0—15	4,18	31,95	13,49	23,86	37,35	34,80
Schokoladefarbiger	15—30	3,34	34,93	10,77	26,12	36,89	37,40
Tschermozion	30—50	2,93	34,31	9,47	25,63	35,10	36,93
	55—75	2,31	34,20	7,46	25,55	33,01	33,38
	75—90	1,62	28,68	5,24	21,49	26,73	26,18
	100—110	0,89	28,07	2,89	21,00	23,89	23,91
5. Cernoziom negru închis pe marnă.	0—15	5,83	39,15	17,02	28,19	45,21	43,96
Abaciu (Basarabia)	15—30	5,81	40,00	16,97	28,80	45,77	46,86
Dunkelgefärbter Tschermo- zion auf Mergel.	30—50	4,83	49,70	14,10	29,30	43,40	43,18
	50—70	3,73	38,86	10,89	27,98	38,87	39,02
	70—90	2,10	34,96	6,13	25,17	31,30	31,98
	100—120	1,65	32,15	4,82	23,15	27,97	26,94

Ar urma deci că la solurile cu orizonturile A și B nediferențiate (cernoziomuri) sau slab diferențiate (sol brun de pădure, cernoziom de stepă cu pădure) să putem calcula pentru 1 g humus sau pentru 1 g argilă aceeași capacitate de schimb indiferent de nivelul căreia aparține proba în profil.

Tabelele 1, 2 și 3 arată că în limita preciziunii analitice, ipoteza enunțată e justă. Pentru cernoziomuri se poate prezice capacitatea de schimb din conținutul în argilă și humus. Dat fiind omogeneitatea loessului, era de așteptat ca nu numai în orizonturile aceluiasi profil, dar chiar dela un profil la celalt să găsim aceeași capacitate de schimb pentru 1 g argilă. Se vede că și această așteptare a fost îndreptățită; capacitatea specifică de schimb a argilei pentru cernoziomurile formate pe loess rămâne cuprinsă în intervalul 0,74—0,75 me.

Capacitatea specifică de schimb a humusului la diferitele profile oscilează în jurul mediei 2,97 me. cu o eroare medie  $\pm 0,087$ , în intervalul 2,73—3,23, fără niciun fel de regularitate. Cu alte cuvinte natura humusului exprimată prin capacitatea specifică de schimb rămâne aceeași în întreaga zonă a cernoziomului. Acest fapt apare și din raportul C : N (media valorilor obținute pentru 0—15, 15—30, 30—50 cm):

	C : N
Cernoziom castaniu (Mărculești)	12,9
» » (Taraclia)	13,1
» ciocolat (Arciz, Ghimpați)	13,7
» pe marnă (Abaclia)	13,3
» ciocolat Ghimpați	14,6
» » Săpunari	13,1

(EM. PROTOPOPESCU-PACHE)

Apare așa dar și din aceste date că cele trei feluri de cernoziom (castaniu, ciocolat, propriu zis) reprezintă stadii ale aceluiasi proces genetic (corespunzător cernoziomului sudic). Criteriul esențial de diferențiere morfologică al acestor soluri a fost adâncimea până la care carbonați au fost spălați.

## 2. ZONA STEPEI CU PĂDURE ȘI A PĂDURILOR DE QUERCINEE

In această zonă începe diferențierea orizontului B. Ca urmare a unei debazificări mai înaintate, argila în parte este antrenată acumulându-se mai în adâncime. Această antrenare a argilei este pur mecanică; compoziția argilei și însușirile ei rămân aceleasi în diferitele orizonturi. In ceea ce privește humusul, trebuie să admitem tot o migrație pasivă, dat fiind reacțiunea neutrală a solurilor din această zonă. Calculele au fost conduse ca la solurile de stepă. Concordanța între valorile prezise cu coeficienții obținuți față cu valorile experimentale, este mulțumitoare.

După cum se vede din tabelele 2 și 3 se obțin și în această zonă pedoclimatică, valori caracteristice pentru capacitatea specifică de schimb a humusului, oscilând pentru:

Cernoziomul degradat între 1,24—1,35 me, cu o medie de 1,29 me;

Solul brun roșcat de pădure între 0,85—1,55 me, cu o medie de 1,20 me.

Capacitatea specifică a argilei rămâne pentru solurile formate pe loess 0,75 me. Este surprizătoare valoarea mică a capacității specifice de schimb a humusului din solurile acestei zone, în special pentru cernoziomul stepei cu pădure (cernoziomul degradat) față cu cernoziomul propriu zis. Explicația trebuie căutată în faptul că la solurile de stepă humusul a luat naștere într'un substrat mineral bogat în  $\text{CO}_3\text{Ca}$  și chiar dacă astăzi  $\text{CO}_3\text{Ca}$  a fost spălat din orizonturile superioare complexul este saturat în special cu Ca și Mg (peste 90%). Reacțiunea rămâne astfel slab alcalină (pH 7,2—8,5). SVEN ODÉN (7) și K. K. GEDROIZ (4) au arătat că prezența ionului Ca împiedecă oxidarea acizilor humici, fapt care ar explica, alături de condițiile fito-climaticice, bogăția în humus a solurilor de stepă și mai ales a celor formate pe calcar. Spălarea carbonatului de Ca și debazificarea slabă a complexului (pH = 6,8—7) fac posibilă hidroliza ferosilicaților (stabili numai într'un mediu slab alcalin) și determină o ușoară mobilizare a



## T A B E L A 2

*Calculul capacitatei de schimb din conținutul în argilă și humus cu ajutorul formulei:  $\alpha A + \beta H = T$  Cernoziomuri din stepa cu pădure*

Berechnung der Austauschkapazität aus dem Ton- und Humusgehalt mit Hilfe der Formel  $\alpha A + \beta H = T$  Tschernoziom der Waldsteppe

Adâncimea Tiefe	Humus Ton $C \times 1,47$	Argilă Ton $< 0,001$	Capacitatea		Capacitatea totală	
			Humusului	Argilei	Calculată	Determin.
cm	H g%	A g%	Humus	Ton	Berechn.	Bestimmtc

1. *Cernoziom degradat*—Drăgănești—Vetrea—*Degradierter Tschernoziom.*

$$\begin{aligned} \text{Capacitatea specifică} \\ \text{Spezifische Austauschkapazität} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \beta = 1,35 \\ \alpha = 0,70 \end{array} \right\}$$

0—16	6,80	42,2	9,17	29,52	38,69	38,6
16—34	3,29	47,0	4,44	32,85	37,29	37,4
34—52	2,86	54,6	3,86	38,22	42,08	41,7
52—72	2,27	53,4	3,07	37,35	40,42	41,8
72—92	1,92	51,2	2,59	35,80	38,39	40,7
110—130	1,20	48,2	1,62	33,75	35,37	35,5

2. *Cernoziom degradat*—Fundulea—*Degradierter Tschernoziom.*

$$\begin{aligned} \text{Capacitatea specifică} \\ \text{Spezifische Austauschkapazität} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \beta = 1,24 \\ \alpha = 0,75 \end{array} \right\}$$

0—20	5,86	31,80	7,26	23,8	31,06	31,0
25—40	3,71	33,0	4,59	24,7	29,29	29,6
60—70	1,92	37,1	2,38	27,8	30,18	29,5
110—125	1,18	33,7	1,46	25,2	26,66	27,1
150—170	1,02	31,5	1,26	23,6	24,86	26,1



fierului care, dat fiind condițiile climatice, este oxidat la maximum. De o parte, diminuarea însușirii de conservare pe care ar avea-o ionul calciu asupra acizilor humici, pe de altă parte, acțiunea acceleratoare a ionului fier asupra descompunerii prin oxidare, au drept urmare combustia lentă a acizilor humici, purtători în cea mai mare parte a însușirilor de adsorbție polară a humusului din sol. Capacitatea specifică de schimb a humusului va apărea astfel micsorată. Aceleași considerații pot justifica de ce la solul brun roșcat de pădure conținutul în substanță organică este foarte redus (la cele luate în cultură nu depășește 3%, în primii 20 cm, și scade foarte repede în adâncime) și mai ales, de ce la aceste soluri influența amendamentelor organice (gunoiu de grajd) dispare foarte repede. Diminuarea capacitații specifice de schimb a humusului la cernoziomul degradat săr putea explica și altfel. SVEN ODÉN (7) admite o trecere a acidului huminic în anhidridă huminică în care funcțiunile acide săr află ca lactone. Această trecere ar avea loc la o reacție slabă acidă până la slabă alcalină. Ori, capacitatea specifică minimă a humusului corespunde tocmai solurilor, cernoziom degradat — sol brun roșcat de pădure, cu  $\text{pH} = 6,5 - 7,0$ . Rămâne de văzut în ce măsură pot interveni fiecare din cele două fenomene presupuse.

### 3. ZONA PĂDURILOR DE FAG (PODZOL SECUNDAR ȘI SOLURI BRUNE)

In această zonă se găsesc toate tranzițiile dela solul brun (RAMMAN) neevoluat la podzolul cu orizonturi net diferențiate. Dacă pentru primele stadii de evoluție argila are aceeași constituție în diferitele nivele ale profilului, nu tot același lucru se poate spune despre tipul climax (podzolul cu orizonturi net diferențiate). La podzolul complet evoluat însușirile complexului încep să fie diferite în orizontul superior față cu cele inferioare, urmare a fenomenelor de distrugere și resintetizare datorite stării de nesaturație a acestui orizont. Pentru acest motiv, calculul nu poate fi condus decât cu probe luate din același orizont. Am colectat cât mai multe probe spre a fi



T A B E L A 3

*Calculul capacitații de schimb din continuul în argilă și humus cu ajutorul formulei:  $\alpha A + \beta H = T$*   
*Berechnung der Austauschkapazität aus dem Ton- und Humusgehalt mit Hilfe der Formel:  $\alpha A + \beta H = T$*   
*Solul silvestru brun roșcat — Rostfarbiger Waldboden (Mediterranische Braunerde)*

Profil	Adâncime Tiefe cm	Humus C × 1,47	Humus H g%	Capacitatea		Capacitatea totală Calculată	Determin. Berech- nete Gesamtaustausch- kapazität Milliaequiv.
				Argilă Ton < 0,001 mm	Humus A g%		
1. Solul brun roșcat (Snagov) . . . . .	0—20	3,26	31,2	4,33	19,35	$\alpha = 0,62$	23,68
Rostfarbiger Waldboden. .	20—40	1,85	33,0	2,46	20,42	$\beta = 1,33$	22,88
	50—70	1,24	41,4	1,65	25,67		22,72
	70—90	1,04	41,1	1,38	25,48		26,10
	110—130	0,83	41,3	1,10	25,60		26,82
	150—170	0,69	40,1	0,92	24,86		26,50
							26,55
							25,78
2. Solul brun roșcat (Bâneasa) . . . . .	0—25	2,49	33,3	2,99	24,65	$\alpha = 0,74$	27,64
Rostfarbiger Waldboden. .	40—70	1,56	38,2	1,87	28,25	$\beta = 1,20$	30,12
	145—175	0,93	36,1	1,12	26,57		27,69
	215—235	0,63	34,1	0,76	25,10		25,86
							26,0



3. Solul brun roșcat (Moara Domnească) . . .	0—20	3,33	29,7	2,83	22,28	$\alpha = 0,75$	25,11	24,9
	60—80	1,16	38,4	0,99	28,80	$\beta = 0,85$	29,79	29,5
	110—130	0,98	36,3	0,83	27,23		28,83	28,3
4. Solul brun roșcat (Sălcuța) . . .	0—10	2,98	39,4	3,84	26,40	$\alpha = 0,67$	30,24	30,83
	50—60	1,72	48,0	2,22	32,16	$\beta = 1,29$	34,38	33,87
	75—105	1,34	50,0	1,73	33,50		35,23	35,37
5. Solul brun roșcat (D. Corlătului) . . .	0—15	2,63	30,7	2,63	20,25	$\alpha = 0,66$	22,88	22,98
	50—60	1,16	41,5	1,16	27,40	$\beta = 1,90$	28,56	28,46
	Rostfarbiger Waldboden.							
6. Solul brun de pădure (Terasa Secașului) . . .	0—20	3,61	41,90	5,58	31,42		37,00	36,32
	20—40	3,48	48,88	5,36	36,66		42,02	41,13
	40—60	3,14	49,43	4,86	37,97		41,93	50,04
Brauner Waldboden. . .	60—80	1,73	50,48	2,69	37,88	$\alpha = 0,75$	40,57	40,84
	80—100	1,52	48,10	2,35	36,05	$\beta = 1,55$	38,40	38,97
	100—120	1,18	47,10	1,83	35,32		37,15	37,72
	120—140	0,73	49,14	1,13	36,87		38,00	36,30



siguri de justețea procedeului. Am înălțurat pe cât posibil stratul superior de frunzis ( $A_0$ ), nedescompus sau insuficient descompus, întru că în acest studiu ne interesează capacitatea specifică a humusului încorporat masei solului și care a ajuns la un echilibru relativ de transformare. S-ar putea ca humusul migrat în orizontul B să nu aibă exact aceleași însușiri ca cel din orizontul A. Dat fiind cantitățile mici aflate în acest orizont, am luat în calcul aceleași valori pentru întregul profil spre a putea deduce capacitatea argilei. Procedând astfel eroarea rămâne în limita exactității experimentale.

Rezultatele obținute cu podzolul dela Biertan, format pe terasa superioară a Târnavei Mari, arată justețea procedeului (Tabela 4). Capacitatea obținută pentru argilă, 0,42 me program în orizontul A, crește în orizontul de tranziție A-B la 0,56—0,66, pentru a ajunge în partea inferioară a profilului, în mediu, la 0,72 me. Capacitatea pentru humus, dedusă din datele experimentale obținute la diferitele nivele ale orizontului A, este de 1,70 me; alte 2 profile aparținând aceluiași tip de podzol secundar pe lehm de terasă, conduc la rezultate apropiate.

Din aceeași regiune au fost studiate încă 5 profile formate pe gresie terțiară. Dat fiind asemănarea profilelor, s-au calculat valorile medii și rezultatele sunt:

Capacitatea specifică a humusului:  $1,874 \pm 0,049$  me.

Capacitatea specifică a argilei:

orizontul A	$0,334 \pm 0,027$
» A-B	$0,425 \pm 0,044$
» B	$0,530 \pm 0,020$

Toate profilele sunt luate din pădure.

In tabela 5 se poate vedea concordanța dintre rezultatele calculate cu ajutorul acestor coeficienți și cele experimentale. Am amintit că în această zonă, alături de tipul climax complet evoluat, se găsesc și stadiile premergătoare, soluri brune neevolute — soluri brune podzolice. Pentru aceste soluri se obține pentru capacitatea specifică a humusului valori așezându-se ca ordine de mărime alături de cele obținute pentru podzol:  $1,35—1,70$  oscilând în jurul mediei de  $1,64$  me. Pentru argilă,



T A B E L A 4

*Calculul capacitatei de schimb din conținutul în argilă și humus cu ajutorul formulei:  $\alpha A + \beta H = T$  Podzol secundar pe lehm*

Berechnung der Austauschkapazität aus dem Ton- und Humusgehalt mit Hilfe der Formel:  $\alpha A + \beta H = T$  Sekundäre Podsolböden auf Lehm

Adâncimea Tiefe cm	Humus C H g%	C × 1,47 Argilă Ton Ag %	0,001 mm V	Capacitate specifică a		Capacit. de schimb a		Capacitatea totală de schimb determinată dintr-o singură măsură Gesamtaustauschkap.	
				Humus.    Argilei		Humus.    Argilei			
				Humus	Ton	Humus	Ton		
				Spezifische Aus- tauschkapazität		Austauschkapa- zität			
				Milliaequiv.		Milliaequiv.			
1. Podzol de depresiune — Snagov — Muldepodsol in der Zone des rostfarbigen Waldbodens									
0—13	4,40	27,2	2,027	0,439	8,91	11,95	20,86		
13—30	1,05	25,4	»	0,440	2,13	11,17	13,30		
30—53	0,89	31,8	»	0,539	1,80	17,15	18,95		
53—73	0,91	48,8	»	0,579	1,84	28,25	30,09		
73—93	0,84	53,1	»	0,572	1,71	30,36	32,07		
110—130	0,53	44,8	»	0,606	1,07	27,15	28,22		
190—210	0,67	39,6	»	0,620	1,35	24,53	25,88		
357—370	0,69	42,3	»	0,617	1,40	26,10	27,50		
2. Podzol de terasă — Biertan-Saroș — Podsol auf Flussterrasse									
0—2	5,65	18,0	1,70	0,418	9,59	7,51	17,10		
2—12	2,22	17,5	»	0,419	3,78	7,32	11,10		
12—27	1,01	17,4	»	0,418	1,60	7,26	8,86		
27—42	0,54	23,0	»	0,441	0,92	10,13	11,05		
42—50	0,48	43,0	»	0,557	0,82	23,98	24,80		
50—65	0,45	57,5	»	0,646	0,84	37,16	38,00		
65—80	0,45	55,7	»	0,655	0,79	36,51	37,30		
80—95	0,38	49,0	»	0,673	0,65	32,95	33,60		
100—120	0,35	42,9	»	0,730	0,59	31,31	31,90		
120—140	0,35	43,8	»	0,697	0,59	30,51	31,10		
140—160	0,32	44,0	»	0,692	0,54	30,46	31,00		
3. Podzol de terasă — Seștina Daneș — Podsol auf Flussterasse									
0—14	4,38	15,35	1,60	0,42	7,01	6,43	13,47		
14—25	1,70	14,90	»	0,48	2,72	7,14	9,86		
25—35	0,84	17,25	»	0,520	1,34	8,94	10,28		
35—50	0,62	44,50	»	0,658	0,99	29,27	30,26		
50—70	0,37	52,70	»	0,723	0,59	38,10	38,69		
70—90	0,32	45,30	»	0,734	0,51	33,25	33,76		
90—110	—	44,10	»	0,711	—	31,35	31,35		



## T A B E L A 5

*Calculul capacității de schimb din conținutul în argilă și humus cu ajutorul formulei:  $\alpha A + \beta H = T$*

*Podzoluri secundare pe gresie tertiară*  
Berechnung der Austauschkapazität aus dem Ton- und Humusgehalt mit Hilfe der Formel:  $\alpha A + \beta H = T$  Sekundäre Podsolböden auf tertiärer

## Sandstein

*Capacitatea specifică.*

*Spezifische Austauschkapazität* {  $a = 0,334 \pm 0,027$   $\beta = 1,874 \pm 0,049$

Profil	Orizont Horizont	Humus C $\times 1,47$	Humus H g%	Argilă $Ton < 0,002 \text{ Ag\%}$	Capacitatea		Capacit. totală	
					Humus	Argilei	Calcul.	Determ.
					Humus	Ton	Austauschkap.	Gesamt austausch- kapazität Milliaequiv.
1. Dealul Galben	A <sub>1</sub>	2,15	18,3	4,03	6,11	10,14	10,6	
	A <sub>2</sub>	0,76	19,3	1,42	6,45	7,87	8,2	
2. Aluniș . . . .	A <sub>1</sub>	4,34	26,6	8,12	8,88	17,00	14,3	
	A <sub>2</sub>	1,36	20,8	2,55	6,95	9,50	10,1	
3. Dealul Boului	A <sub>1</sub>	2,15	14,7	4,03	4,91	8,94	8,4	
	A <sub>2</sub>	0,60	16,8	1,12	5,62	6,74	6,4	
4. Dealul Ciuhii	A <sub>1</sub>	2,50	18,1	4,69	6,06	10,75	10,9	
	A <sub>2</sub>	0,73	21,1	1,37	7,30	8,67	10,8	
5. Deal. din Mijloc	A <sub>1</sub>	7,03	20,0	13,17	6,68	19,85	20,6	
	A <sub>2</sub>	2,24	18,6	4,20	6,22	10,42	10,9	
6. Breite 8 . . . .	—	2,97	23,5	5,57	7,84	13,41	13,3	

calculul se poate conduce cu aceeași valoare a capacității specifice (0,56 me. pentru cele formate pe gresie), pentru întregul profil (vezi tabela 6).

Pentru întreaga serie de profile din această zonă apare o valoare medie a capacității specifice a humusului  $\beta = 1,75$  me.

Foarte adesea, în zona podzolului secundar, pe marnele bogate în calcar, în locul solurilor brune podzolice, apar ca prime stadii în evoluția solului, pseudo-rendzine care se pot găsi cu

## T A B E L A 6

*Calculul capacității de schimb din conținutul în argilă și humus cu ajutorul formulei:  $\alpha A + \beta H = T$ . Soluri brune podzolice pe gresie terțiard*

Berechnung der Austauschkapazität aus dem Ton- und Humusgehalt mit Hilfe der formel:  $\alpha A + \beta H = T$

Podsolige Braunerde (Mitteleuropäische Braunerde) auf tertärer Sandstein

$$\begin{aligned} \text{Capacitatea specifică} \\ \text{Spezifische Austauschkap.} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0,56 \quad \beta = 1,64 \end{array} \right.$$

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Humus C × 1,47	0,002 mm Argilă Ton A g%	Capacitatea		Capacit. totală	
				Humus	Argilei	Calculat	Determ.
				Humus	Ton	Berech.	Bestim.
1. Pârâul Broștean	0—25	3,24	26,1	5,31	14,62	19,93	19,5
	40—60	0,78	35,2	1,28	19,65	20,93	20,8
2. Păd. Aluniș . . .	0—15	1,61	28,0	2,64	15,65	18,29	16,0
	15—30	1,10	30,0	1,81	16,75	18,56	20,1
3. Deal. Rusului . . .	0—20	3,64	37,0	5,96	20,65	26,61	26,4
	20—40	0,92	40,8	1,51	22,75	24,26	24,8
4. Breite 2 . . . .	0—20	2,20	23,2	3,61	12,95	16,56	17,9
	20—35	0,82	29,3	1,34	16,35	17,69	18,3
	35—55	0,44	39,3	0,72	21,90	22,62	21,9
	60—80	0,37	40,3	0,61	22,50	23,11	23,3
5. Deal. Cerghidei	0—20	4,80	36,4	7,86	20,30	28,16	28,3
	20—40	1,80	40,5	2,95	22,60	25,55	24,8
	40—60	1,02	42,8	1,67	23,90	25,57	25,9
	70—90	0,50	39,9	0,82	22,25	23,07	26,8

*Sol negru din faciesmarnos (Pseudorendzina) — Schwarzerde, aus dem Tegelfazies (Sighișoara)*

$$\begin{aligned} \text{Capacitatea specifică} \\ \text{Spezifische Austauschkap.} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0,56 \quad \beta = 3,25 \end{array} \right.$$

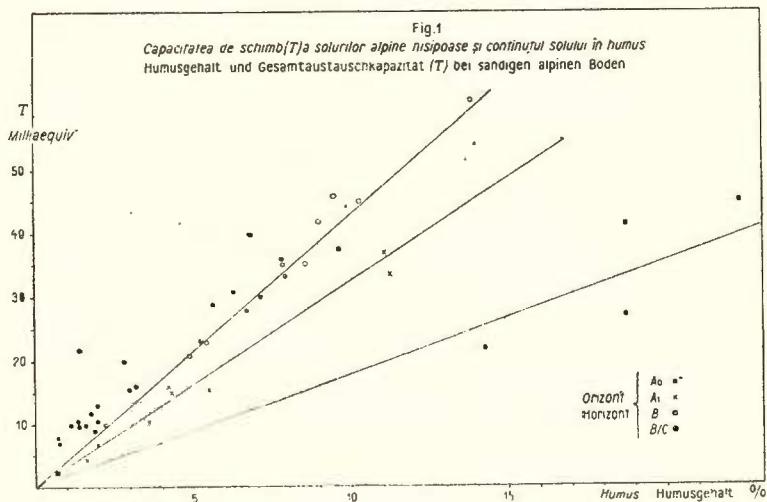
Dealul Rusului . . .	0—15	7,50	31,4	24,4	17,5	41,9	41,5
	15—30	4,30	38,8	13,9	21,7	35,6	35,9
	50—80	1,05	40,1	3,3	22,4	25,7	26,2
	110—120	—	35,5	—	19,8	19,8	19,0
» CO <sub>3</sub> Ca 11,2%							



întreaga lor gamă de stadii de degradare până la podzolul corespunzător. Ni s'a părut interesant să vedem ce capacitate corespunde humusului unei pseudo-rendzine aflate într'un stadiu de degradare corespunzător cernoziomului ( $\text{pH}$  în orizontul superior 7,1 gradul de saturatie  $> 90\%$ ). În tabela 4 sunt date rezultatele. Remarcabil este faptul că obținem pentru capacitatea specifică a humusului o valoare foarte apropiată de cea obținută la cernoziom.

#### 4. ZONA ALPINĂ (PODZOL PRIMAR ȘI SOLURI BRUNE ALPINE)

În această zonă, din cauza temperaturii scăzute și a umidității excesive, descompunerea substanței organice este înce-



tinită tinzând să se acumuleze în sol. Spălarea substratului mineral de produsele hidrolizei face ca funcțiunea acidă a humusului să nu poată fi neutralizată, exercitând astfel o acțiune destructivă asupra complexului adsorptiv mineral sau împiedecând formarea unui nou complex.

7085

## T A B E L A 7

*Calculul capacității specifice de schimb a humusului și argilei la solurile din zona podzolului primar (Soluri alpine)*

Berechnung der spezifischen Austauschkapazität für Humus und Ton bei Profilen der Zone des primären Podsol (Alpine Rohhumusböden)

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Horizont	Humus Humus C × 1,47 H g%	Argilă Ton < 0,002 A g%	Capacit. specif.		Capacitatea de schimb detern. Bestimme Gesamtaus-
					Humus	Argila	
1. Sol brun alpin sub Nardetum . . .	0—5 5—15	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	18,72 11,20	22,9 24,0	2,22 3,03	— —	41,7 33,7
Alpine Braunerde (Nardetum Wiese) (Curnăt. Peleș).	15—30 30—40 40—50 50—60	B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B/C »	7,89 5,37 3,0 1,94	13,3 11,8 10,5 10,1	4,25 4,30 4,30 4,30	— — — 0,25	33,5 23,1 15,5 12,8
2. Sol brun alpin sub Nardetum	0—7 7—17	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	22,3 10,90	— 29,3	2,00 3,37	— —	44,7 36,7
Alpine Braunerde (Nardetum Wiese) (șeaua Peleșului)	17—27 27—37 37—47 47—57	B B/C B/C »	6,45 4,23 1,81 1,16	22,45 15,10 9,46 9,8	4,45 4,43 4,44 4,44	— — 0,41 0,55	28,7 18,7 11,9 10,2
3. Podzol alpin sats Nardetum . . .	6—14 14—18	A <sub>1</sub> B	4,3 8,5	19,1 14,9	3,40 4,15	— —	14,6 35,3
Alpines Podsol (Nardetum Wiese)	18—24 30—40 90—100	» » B/C	7,1 4,9 1,4	11,3 10,3 10,0	4,25 4,32 4,24	— — 0,42	30,2 21,2 10,2
4. Podzol alpin sub păsune alpină .	0—12 12—22	A <sub>1</sub> B	3,56 6,69	18,2 18,4	3,2 4,2	— —	10,6 28,1
Alpines Podsol. (Sub cota Ciocâr.)	22—32 32—42 50—60	» B/C »	5,33 1,70 0,69	17,1 9,1 7,7	4,33 4,26 4,26	— 0,30 0,45	23,0 10,0 6,8
5. Podzol alpin sub păsune alpină .	0—5 5—20	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	5,50 4,18	9,90 15,0	2,83 3,88	— —	15,5 16,2
Alpines Podsol. (Furnica Vârful cu dor.)	20—26 26—36 36—46 50—60	B B/C B/C »	10,25 6,33 3,18 2,0	8,97 9,80 6,12 6,45	4,37 4,38 4,38 4,38	— 0,32 0,32 0,32	44,8 31,1 15,8 10,8
6. Podzol alpin sub Azaleea Procubens (Furnica).	0—10 10—15 15—20	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B	18,70 2,00 9,51	11,65 5,20 9,25	1,47 3,50 4,85	— — —	27,4 7,0 46,1
Alpines Podsol unter Azaleea Proc. (Furnica).	20—30 30—40	» B/C	8,94 5,72	4,14 3,47	4,79 4,82	— 0,21	42,3 28,6
7. Podzol turbos .	0—17	A <sub>0</sub>	62,2	—	1,57	—	97,7
Alpines Humus- podsol (Ceahlău).	17—22 22—32 32—45 45—60	A <sub>1</sub> B » B/C	2,65 9,57 7,85 2,85	13,35 18,10 18,70 15,60	4,72 3,94 4,58 4,65	— — — 0,42	12,5 37,7 35,9 19,9

In asemenea condiții, capacitatea de schimb a orizonturilor superioare ale solului apare ca fiind datorită în cea mai mare parte complexului organic; complexului mineral revine o fracțiune ce poate fi neglijată. Diagrama (fig. 1) arată că într'adevăr pentru orizontul A<sub>1</sub> există proporționalitate între conținutul în substanță organică și capacitatea de schimb. Tot astfel pentru partea superioară a orizontului B având în general peste 5% humus. In partea inferioară a orizontului B, dat fiind faptul că începe să conteze capacitatea de schimb a complexului mineral față de cel organic, valorile rămân superioare celor care ar trebui să corespundă în cazul unei proporționalități cu conținutul în complex organic. In orizontul A<sub>0</sub> se observă o risipire a valorilor ceea ce se explică prin faptul că substanța organică, în acest orizont se află în stadii diferite de transformare.

Ca regulă generală, la profilele tipice din această zonă se constată o creștere a capacitații humusului în adâncime. Migrarează așa dar o fracțiune a humusului mai acidă, rămânând în urmă un rest mai puțin acid. Luând media valorilor obținute de noi, găsim:

A <sub>0</sub>	1,77
A <sub>1</sub>	3,286 ± 0,136
B <sub>1</sub>	4,290 ± 0,057

Luând pentru humus valoarea medie de 4,29 me. se obține pentru argila din orizonturile inferioare ale profilului valoarea 0,46 me drept capacitate specifică de schimb (Tabela 7)

### C) CAPACITATEA DE SCHIMB A HUMUSULUI ȘI ARGILEI

(CONSIDERĂȚII GENERALE)

In tabela 8 sunt cuprinse valorile medii ale capacitații specifice a humusului și argilei în diferitele zone pedoclimatice.

Alcătuirea și însușirile argilei din sol sunt determinate de 2 categorii de factori: interni (alcătuirea rocei mame a solului)



și externi (climă, vegetație, felul și produsele de descompunere a substanței organice).

T A B E L A 8 a

*Capacitatea specifică de schimb a humusului (valori medii) și argilei la tipurile zonale de sol din România*

Z o n a	Tipul de sol	Capac. spec.	
		Humus	Argilă
<i>A. Stepei.</i>	Cernoziom castaniu . . . . .	2,98	0,74
	Cernoziom ciocolat . . . . .	2,98	0,74
	Cernoziom negru-închis pe marnă	2,92	0,72
<i>B. Stepei cu pădure și a pădurilor de Quercine.</i>	Cernoziom degradat . . . . .	1,30	0,73
	Sol brun roșcat mediterranian .	1,20	0,70
<i>C. Pădurilor de fag.</i>	Sol brun podzolic (Rammann) pe gresie . . . . .	1,64	0,56
	Podzol pe gresie { A	1,87	0,33
	B/C	»	0,56
	Podzol pe lehm de terasă { A	1,67	0,42
	B/C	»	0,71
<i>D. Alpină.</i>	Soluri brune alpine și podz. alpine pe gresie { A <sub>0</sub>	1,77	—
	A <sub>1</sub>	3,28	—
	B	4,29	—
	B/C	4,29	0,45

Solurile studiate de noi sunt formate pe sedimente care conțin dintr-un început un anumit procent de argilă. Alcătuirea acestei argile și deci capacitatea de schimb, depinde de condițiile generale sub care s-a format sedimentul. În procesul de alterarea rocii prin hidroliza silicătilor se poate forma argilă care se adaugă celei din sedimentul mamă. Pe de altă parte însăși această argilă preexistentă poate suferi transformări. Acolo unde condițiile generale climatice sunt puțin favorabile unei alterări chimice mai intense, predomină argila din sediment cu alcătuirea și însușirile ei foarte puțin alterate. Din această cauză s. ex. capa-

citatea de schimb a argilei solurilor formate pe loess în regiunea semi-aridă (stepă) rămâne sensibil aceeași în diferitele orizonturi ale aceluiași profil și se schimbă foarte puțin dela un profil la altul (ca. 0,72 me.). În zona podzolului secundar formarea de noui produse de alterare în orizontul superior al solului este mai activă. Pe de altă parte, argila preexistentă în sediment suferă o debazificare, agregatele sunt distruse și ca urmare este antrenată într-o formă fin dispersă în părțile inferioare ale profilului. În orizontul superior (climatobiogen) ajunge astfel să predomină argila recent formată față cu cea preexistentă, în timp ce în orizontul inferior (petrogen) predomină încă argila preexistentă în rocă. Apare aşa dar, odată cu diferențierea în orizonturi, și o schimbare a alcăturirii și însușirilor argilei care și găsește expresiune în modificarea capacitatei de schimb.

Pe de altă parte, în timp ce în zona petrogenă a profilului se pot observa variații sensibile în ce privește capacitatea specifică de schimb a argilei după natura sedimentului, în zona climatobiogenă a profilului se tinde spre o anumită valoare caracteristică tipului genetic și independentă de roca pe care s'a format solul. Astfel profilele din regiunea Sighișoara (Podzol secundar) arată în partea petrogenă capacitatele specifice de schimb 0,56 (Gresie terțiară) și 0,72 (Lehm argilos de terasă) în timp ce în orizontul superior (Climatobiogen) al profilului se obțin valorile medii 0,33 me (podzol pe gresie) și 0,42 me (podzol pe lehm).

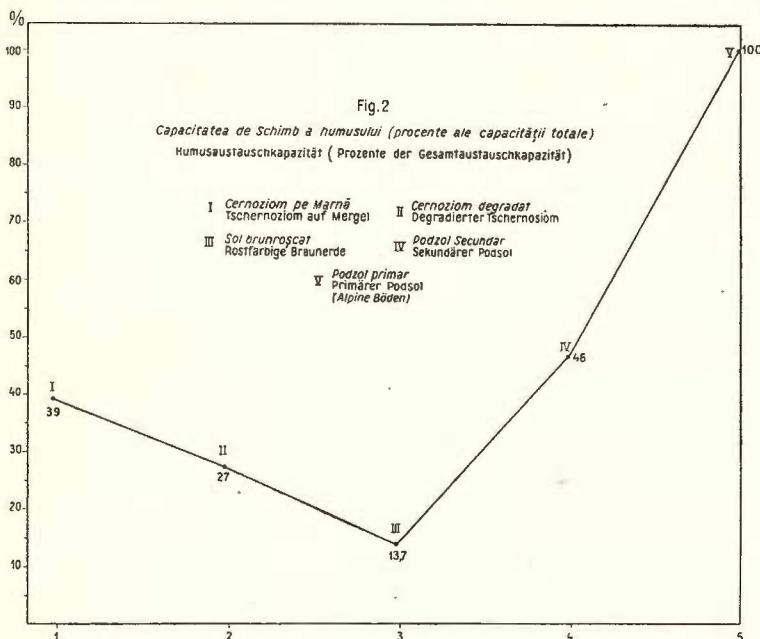
În zona podzolului primar, ca urmare a acțiunii destructive a humusului brut, capacitatea de schimb a complexului mineral ajunge să fie neglijabilă față de aceea a humusului. Ca regulă generală, ținând seama și de cele amintite, capacitatea de schimb a argilei nu arată variații semnificative în lăuntrul zonei cernoziomului și a solului brun roșcat de pădure; descrește însă la trecerea în zona podzolului secundar și mai ales în zona podzolului primar.

Capacitatea specifică de adsorție polară a humusului variază cu tipul genetic de sol aşa cum se vede din tabela 8,



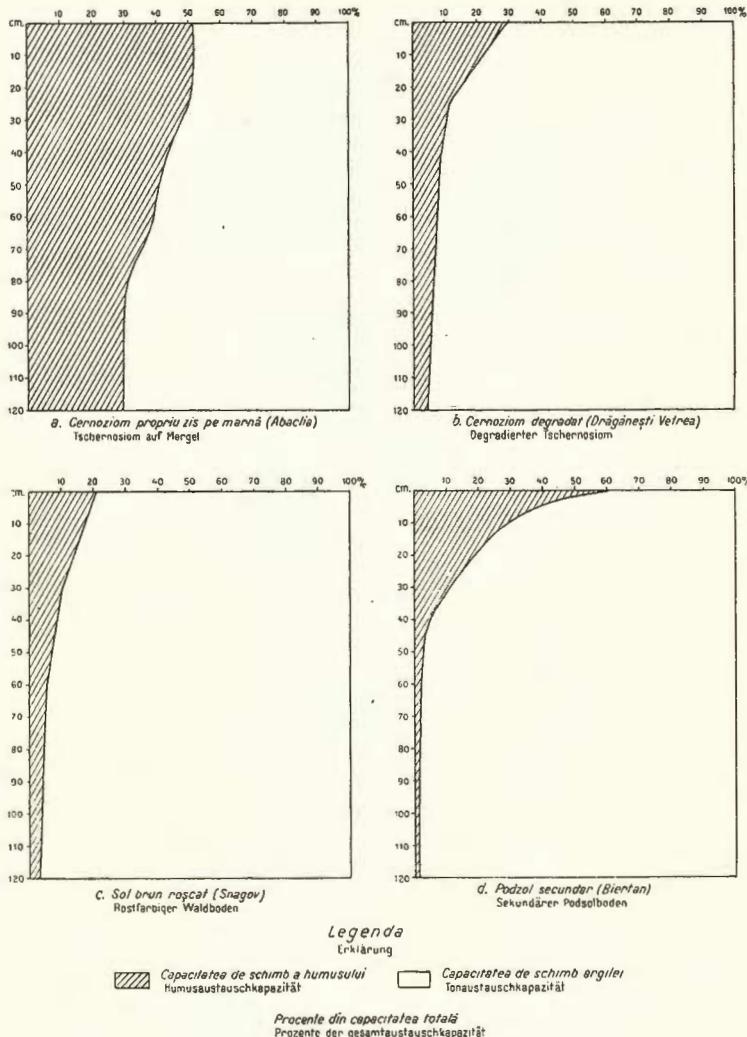
având valorile minime pentru cernoziomul degradat și solul brun roșcat de pădure. Asupra cauzelor ce pot determina această variație vom reveni mai târziu.

Calculând numai pentru orizontul superior al solului (biogen) care este fracțiunea procentuală din capacitatea de schimb ce revine complexului organic (humus), respectiv celui mineral (argila), se obțin valorile medii cu cari s'a alcătuit diagrama din figura 2. Rezultă din această diagramă că în orizontul



superior al soluțiilor de stepă capacitatea de schimb a complexului mineral excede aceea a complexului organic. Fracțiunea procentuală care revine humusului scade apoi la cernoziomul degradat și mai ales la solul brun roșcat de pădure. Această scădere este datorită atât diminuării capacitatii specifice de schimb cât și a conținutului în humus (vezi tabelele 2 și 3.).

Fracțiunea procentuală din capacitatea de schimb a solului care revine humusului crește apoi foarte repede când trecem



la podzoul secundar dar mai ales la cel primar. Aceasta întrucât conținutul procentual de argilă și capacitatea de schimb a acestei argile scade, în timp ce crește conținutul de humus și capacitatea specifică de schimb a humusului.

Diagramele din fig. a, b, c, d (pg. 26) sunt menite să concreteze felul cum este distribuită în profil capacitatea de schimb între complexul mineral (argilă) și cel organic (humus) al solului.

Ne mulțumim să remarcăm aspectul caracteristic al fiecăreia din aceste diagrame. La cernoziom fracțiunea procentuală care revine humusului trece de 40% și rămâne constantă până la cca. 20 cm, pentru a descrește apoi aproape linear până la 80 cm spre a redeveni din nou constantă până la 110 cm.

La cernoziomul degradat și solul brun roșcat aspectul diagramelor este același, diferind numai prin valorile respective. La cernoziomul degradat fracțiunea procentuală care revine humusului este de 25,30% la suprafață, în timp ce la solul brun roșcat de pădure numai de 18—22%. Scăderea fracțiunii procentuale care revine humusului arată aceeași regularitate la cele 2 tipuri de sol.

La podzoul secundar fracțiunea care revine humusului depășește 50% în orizontul A<sub>1</sub> al solului, pentru a scădea brusc la trecerea în A<sub>2</sub>, descreșterea continuând apoi linear până la orizontul B în care conținutul de humus devine aproape neglijabil față de argilă.

La podzurile primare fracțiunea procentuală care revine humusului depășește cu mult aceea care revine argilei. În orizontul A și partea superioară a orizontului B, după cum am amintit, capacitatea de schimb a solului revine aproape numai humusului. Capacitatea de schimb a argilei începe să conteze numai în partea inferioară a orizontului B.

## A) EINLEITENDE BEMERKUNGEN

Die Austauschkapazität des Bodens wird durch die beiden Komponenten des adsorbierenden Komplexes, die mineralische (Ton) und die organische Komponente (Humus) bestimmt. Die Art und das Mass in welcher jede dieser beiden Komponenten am Zustandekommen der Austauschkapazität teilnehmen, bildeten den Gegenstand zahlreicher Untersuchungen.

Die experimentelle Bestimmung der Austauschkapazität vor und nach der Zerstörung der organischen Substanz durch Wasserstoffsuperoxyd war die am meisten angewendete Methode zur Feststellung des Anteiles des organischen Bodenkomplexes. Stillschweigend wurde dabei vorausgesetzt, dass durch die Zerstörung des organischen Komplexes durch Wasserstoffsuperoxyd der mineralische Komplex des Bodens unverändert bleibt. Die Untersuchungen von W. O. ROBINSON (11) und K. K. GEDROIZ (4) haben erwiesen, dass jedoch auch ein nicht zu unterschätzender Lösungseffekt des mineralischen Komplexes stattfindet. W. T. Mc. GEORGE (5) zeigt, dass die Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd die Austauschkapazität des Bentonites nur sehr wenig verändert (2—3 %), jedoch diejenige der synthetischen Zeolithen zum grossen Teil zerstört. Die mineralogischen Komponenten des mineralischen Komplexes (Montmorillonit, Caolinit etc.), erleiden demnach durch die Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd nur geringe Veränderungen; der frisch in der Bodenmasse resynthetisierte Teil des Komplexes (neue Zeolithen) erleidet jedoch eine fühlbare Einbusse der Austauschkapazität. Hierzu müssen wir noch bemerken, dass die Zerstörung des Humus durch Wasserstoffsuperoxyd nur bei mit Wasserstoff und alkalischen Ionen gesättigten Böden rasch und vollständig vor sich geht; bei mit Ca oder Mg gesättigten Böden wird die



Oxydation des Humus durch Wasserstoffsperoxyd sehr erschwert (K. K. GEDROIZ, 4 und S. ODÉN, 7). Dies erklärt auch, warum einige Forscher (SOKOLOVSKI, 16) ein nur unbedeutendes Sinken der Austauschkapazität beim Tschernoziom als Folge der Behandlung mit Wasserstoffsperoxyd feststellen, während beim Podzol dieses Sinken 65% überschreitet. Das Mangandioxyd in sauren, neutralen und alkalischen Medien, die Mangansalze in alkalischen Medien, und das  $\text{CaCO}_3$  verhindern die Zerstörung der organischen Substanzen des Bodens durch Oxydation mit  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Die Zerstörung des organischen Komplexes in Böden, in denen sich die obigen Substanzen in grösseren Mengen finden, wird zu einem speziellen, bis heute noch nicht in zufriedenstellender Weise gelösten Problem. Bei solchen Böden müssen wiederholte Behandlungen mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  (40 ccm 15%-ige  $\text{H}_2\text{O}_2$  für 5 g Boden) dem auch einige Tropfen konzentrierter Essigsäure beigegeben wurden, eingesetzt werden (L. C. OLSON und R. H. BRAY, 8).

Kurz gesagt, die Bestimmung der Fraktionen der totalen Kapazität, die jeder Komponente des adsorbierenden Komplexes durch die Oxydation des Humus mittelst Wasserstoffsperoxyd zukommt, müsste bei einigen Böden mit besonderen, speziellen Arbeitsmethoden durchgeführt werden (Verdrängung der bivalenten Kationen), während sie bei anderen Böden, die reich an neugebildeten Mineralkomplexen sind, nicht anwendbar ist.

Aus diesem Grunde wurde versucht, die beiden Komponenten der Gesamtaustauschkapazität rechnerisch zu bestimmen, indem von der Annahme ausgegangen wurde, dass die Austauschkapazität des Bodens eine additive Eigenschaft sei. Sowohl der mineralische als auch der organische Komplex eines bestimmten Bodens hätte demnach für jedes Gramm eine gut definierte Austauschkapazität. An der Austauschkapazität des Bodens würde also jeder Komplex mit einer dem respektiven prozentuellen Gehalt entsprechenden Menge teilnehmen. K. K. GEDROIZ (4) nimmt an, dass die Mischung jener beiden Komponenten nicht nur mechanisch, sondern inniger ist. A.



DEMOLON und G. BARBIER (3) zeigen, dass die Bildung eines Ton-Humus-Komplexes möglich ist. Die fixierte Humusmenge für 100 g Ton hängt von der Reaktion des Mediums ab; sie sinkt umso mehr, je grösser der Endwert von pH ist. Bei den in der Natur gegebenen Bedingungen würde bei gesättigten Böden, in denen die Reaktion der Bodenlösung schwach alkalisch ist, die Bildung von Ton-Humus-Komplex nur ganz unbedeutend sein. Bei sauren Böden wäre sie jedoch bedeutender. Wir fügen noch hinzu, dass bei Steppenböden die Humusbildung in einem Mineralsubstrat vor sich geht, in welchem der Ton gesättigt und koaguliert ist. Da der Humus im Moment seiner Bildung ebenfalls koaguliert ist, so ist es schwer, die Möglichkeit einer engeren Verbindung zwischen diesen beiden Komponenten anzuerkennen. Es ist auch wahrscheinlich, dass bei den sauren Böden die Verdrängung des adsorbierten Wasserstoffes durch Perkolation mit alkalischen Azetaten eine Mobilisierung der Adsorptionskräfte, die den Ton an den Humus binden, verursacht.

P. E. TURNER (17) wendet die statistischen Methoden bei 56 Tropenböden, die 3 Typen angehören, an. Der multiple Korrelationskoeffizient, der von ihm errechnet wird ( $R = 0,943$ ) ist ein zahlenmässiger Beweis, dass die Grösse der Austauschkapazität in engem Verhältnis zu dem Ton- und Humusgehalt des Bodens steht. Die Korrelation zwischen dem Gehalt an Staub (fine silt) und der Sättigungskapazität erscheint ohne Bedeutung. Einen ähnlichen Zahlenwert (0,927) erhält P. E. TURNER für den Korrelationskoeffizienten zwischen der Sättigungskapazität und dem Gehalt an Ton und Humus für eine Reihe sandiger Humusböden aus Holland.

Mit Hilfe derselben statisch-mathematischen Methoden gelangt P. E. TURNER zum Schluss, dass die Austauschkapazität mit Hilfe einer Formel vom Typus:

$$\alpha A + \beta H + \gamma = T \quad (1)$$

vorausgesagt werden kann.

$T$  = Gesamtaustauschkapazität,



$\alpha$  = Austauschkapazität eines Grammes Ton,

$\beta$  = " " " " Humus,

$\gamma$  = Eine Konstante, die nach P. E. TURNER der « unexplained variation » entspricht,

$A$  und  $H$  = Prozentueller Gehalt des Bodens an Ton, resp. Humus.

Für den Gehalt an Ton verwendet man die Fraktion  $< 0,002$  mm. Mit wachsender Grösse der Teilchen sinkt die Austauschkapazität sehr rasch. W. RICE (10) bestimmt empirisch ebenfalls auf Grund der Annahme, dass die Austauschkapazität eine additive Eigenschaft ist, die Formel

$$\alpha A + \beta H = T, \quad (2)$$

welche sich für eine Reihe von kalkigen Böden als richtig erwiesen hat. Der Unterschied zwischen den beiden Formeln liegt im Wert  $\gamma$ , welcher die « unexplained variation » darstellt. Nach E. J. RUSSEL (13) entspricht  $\gamma$  jener Austauschkapazität, die der Restmasse ( $> 0,002$  mm) des Bodens zukommt.

Der beste Vorgang um den Wert  $\gamma$  in der Formel zu vermeiden wäre die Einführung des Verwitterungskomplexes van BEMMELEN's, ( $A + B$ ) in die Formel. Es ist wohlbekannt, dass die Alumosilikate, die die Kationen austauschen können, durch konzentrierte HCl zerstört werden. Der nach Behandlung des Bodens mit konzentrierter HCl verbleibende Rückstand zeigt eine sehr geringe Austauschkapazität. In der von P. E. TURNER gegebenen Formel kann der Wert  $\gamma$  vernachlässigt werden, wenn wir in die Formel an Stelle des Tones den Gehalt des in Verwitterung befindlichen Bodenkomplexes ( $A + B$ , van BEMMELEN) einführen. Auf diese Weise haben wir eine gute Reproduktion der Experimentalwerte erhalten, indem wir die Rechnung nach W. RICE durchführten. Für Böden, die sich auf Sedimenten gebildet haben, und welche noch keine Zerstörungerscheinungen des Komplexes aufweisen, zeigt der Gehalt an Ton (die Fraktion  $< 0,002$  mm) und der Gehalt an van BEMMELEN-Komplex sehr ähnliche Werte. Sicher weist auch der Rest des Bodens (die Teilchen grösser als  $0,002$  mm) die Eigenschaft auf, die verschiedenen Kationen polar zu adsorbieren. Da jedoch die Polaradsorption eine Oberflächenerschei-



nung ist, so fällt ihre Intensität sehr rasch mit der Verkleinerung der spezifischen Oberfläche, also mit der Vergrösserung des Teilchendurchmessers. D. J. HISSINK (6) stellt für eine Reihe holländischer Sedimente fest, dass in der Fraktion  $< 0,002$  mm, 90% der Gesamtadsorptionskapazität rückbleiben. D. J. HISSINK isoliert die verschiedenen Fraktionen nach der Grösse der Teilchen und bestimmt für jede Fraktion die Austauschkapazität. Bei von der Natur gegebenen Bedingungen umgibt der Kolloidton in Form eines dünnen Filmes die grösseren Teilchen des Bodens. Bei einer solchen Beschaffenheit kann die Rolle, welche die Bodenfraktion der Teilchen  $> 0,002$  mm bei einem mittleren Tongehalt bei der Bestimmung der Austauschkapazität spielt, sehr klein werden, und dies besonders dann, wenn der Ton in Folge seiner Beschaffenheit, eine hohe Austauschkapazität aufweist.

## B) PERSÖNLICHE UNTERSUCHUNGEN

### 1. DIE STEPPENZONE

Unsere persönlichen Untersuchungen verfolgten den Zweck nachzuweisen, inwiefern die Rechnungsmethode P. E. TURNER's und W. RICE's beim Studium von Bodenprofilen angewendet werden kann. In der Voraussetzung, dass bei Böden, die sich auf stark verwitterten Sedimenten gebildet haben, die « unexplained variation » gegenüber der Kapazität des Humus und des Tones vernachlässigt werden kann, haben wir mit Hilfe der Formel (2) den Wert der Koeffizienten  $\alpha$  und  $\beta$  bei verschiedenen Bodenprofilen errechnet. Die Rechnung wurde mit Hilfe der für die verschiedenen Horizonte desselben Profils erhaltenen Werte durchgeführt. Es ist klar, dass ein solcher Vorgang nur dann berechtigt ist, wenn angenommen wird, dass praktisch sowohl der mineralische, als auch der organische Komplex in den verschiedenen Horizonten des Profils dieselben Eigenschaften hat. Für den mineralischen Komplex unserer Steppenböden ist diese Tatsache voll und ganz durch Analysen des van-BEMMELEN-Komplexes (T. SAIDEL, 14) und des aus



dem Boden separierten Tones (M. POPOVAT, 9) bewiesen. Was den Humus anbetrifft, erwähnen wir, dass A. SCHMUTZINGER (15) bei der Wanderung des Humus im Bodenprofil zwei Arten von Migration unterscheidet: Eine aktive Migration, bei welcher die verschiedenen chemischen Komponenten (Cellulose, Hemicellulose, Lignine, Proteine) fraktioniert migrieren, sodass in den verschiedenen Horizonten ihr Verhältnis nicht das gleiche bleibt, und eine passive Migration, in welcher der Humus mechanisch als Ultramikron in die Tiefe des Bodenprofiles wandert.

Die Unterscheidung dieser zwei Arten der Humusmigration für die verschiedenen rumänischen Bodentypen bildet gegenwärtig den Gegenstand unserer Laboratoriumsuntersuchungen. Sie erscheint jedoch auch aus den Werten des Verhältnisses C : N in verschiedenen Niveaus des Humus-Horizontes.

#### *Steppenböden*

Dunkel gefärbter Tscherno-

0—15	15—30	30—50	50—70	cm	
C:N	13,1	13,3	13,6	14,6	

Schokoladefarbirger Tscher-

C:N	13,3	14,6	13,4	12,5	
-----	------	------	------	------	--

Kastanienfarbiger Tscherno-

C:N	12,7	12,8	13,2	12,3	
-----	------	------	------	------	--

Idem Taraclia . . . . . 0—15 15—30 30—45 70—90 cm.

C:N	12,5	12,9	13,9	13,4	
-----	------	------	------	------	--

#### *Böden aus der Zone des primären Podsol*

Alpine Braunerde

C:N	15,6	17,3	21,0	20,5	19,5	22,9
-----	------	------	------	------	------	------

Alpiner Podz. unter

C:N	15,45	14,85	18,40	27,11	35,6	28,0
-----	-------	-------	-------	-------	------	------

Nach den Bestimmungen von Frl. F. POPEA und A. GEORGESCU.



Es folgt also, dass bei Böden deren Horizont A und B nicht differenziert (Tschernoziome) oder nur schwach differenziert (Rostfarbiger Waldboden-Tschernoziom der Waldsteppe) ist, für 1 g Humus oder 1 g Ton dieselbe Austauschkapazität errechnet werden kann, unabhängig vom Niveau, welches die Probe im Profil einnimmt.

Die Tabellen 1, 2 und 3 (Seiten 8, 12, 14) zeigen, dass innerhalb der analytischen Fehlergrenzen die oben entwickelte Hypothese richtig ist. Für Tschernoziome kann man die Austauschkapazität aus dem Gehalt an Ton und Humus voraussagen. Da der Löss sehr homogen ist, so war zu erwarten, dass nicht nur in den Horizonten ein und desselben Profils, sondern auch in verschiedenen Profilen sich die Austauschkapazität für 1 g Ton gleich bleibt. Wie man sieht, wurde auch diese Erwartung erfüllt. Die spezifische Austauschkapazität des Tones bleibt für die auf Löss gebildeten Tschernoziome innerhalb von 0,74—0,75 ME.

Die spezifische Austauschkapazität des Humus schwankt bei verschiedenen Profilen um den mittleren Wert 2,97 ME mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0,087$ , zwischen 2,73 und 3,23, ohne jede Regelmässigkeit. Mit anderen Worten, die Natur des Humus ausgedrückt durch die spezifische Austauschkapazität, bleibt in der ganzen Zone des rumänischen Tschernozioms dieselbe. Diese Tatsache ergibt sich auch aus dem Verhältnis C : N (Mittelwerte für 0—15, 15—30, 30—50 cm):

	C : N
Kastanienfarbiger Tschernoziom (Mărculești)	12,9
idem, Taraclia	13,1
Schokoladefarbiger Tschernoziom (Arcis)	13,7
Dunkel gefärbter Tschernoziom auf Mergel (Abaclia)	13,3
(nach FL. POPEA und A. GEORGESCU).	
Schokoladefarbiger Tschernoziom Ghimpăți	14,6
idem Săpunari	13,1
(nach EM. PROTOPOPESCU-PACHE).	

Es geht also auch aus diesen Daten hervor, dass die 3 Arten des Tschernozioms Stadien ein und desselben genetischen



Prozesses, entsprechend dem südlichen Tschernoziom, sind. Das hauptsächlichste Kriterium der morphologischen Differentiation dieser Böden war die Tiefe, bis zu der die Auswaschung der Karbonate vor sich ging.

## 2. ZONE DER WALDSTEPPE UND DER EICHEN-WÄLDER

In dieser Zone beginnt die Differenzierung des Horizontes B. Als Folge einer vorgeschriftenen Entbasung wird der Ton z.T. durchgeschlämmt und sammelt sich mehr in der Tiefe an. Diese Durchschlämmung des Tones ist rein mechanisch, die Zusammensetzung des Tones und seine Eigenschaften bleiben in den verschiedenen Horizonten dieselben. Was den Humus anbetrifft, müssen wir ebenfalls eine passive Migration annehmen, da die Reaktion der Böden in dieser Zone neutral ist. Die Rechnungen wurden wie bei den Steppenböden durchgeführt. Die Übereinstimmung der mittelst der erhaltenen Koeffizienten berechneten Werte mit den Experimentalwerten ist zufriedenstellend.

Wie aus der Tabelle 2 (Seite 12) und 3 (Seite 14) hervorgeht, erhält man auch in dieser bodenklimatischen Zone charakteristische Werte für die spezifische Austauschkapazität des Humus:

Degradierter Tschernoziom	1,24 — 1,35	ME
Rostfarbiger Waldboden	0,85 — 1,50	"

Die spezifische Kapazität des Tones bleibt für Böden die sich auf Löss gebildet haben, 0,75 ME. Der kleine Wert der spezifischen Austauschkapazität des Humus aus den Böden dieser Zone ist überraschend, besonders für den Waldsteppen-Tschernoziom (degradierten Tschernoziom) gegenüber dem Steppen-Tschernoziom. Die Erklärung muss in der Tatsache gesucht werden, dass bei den Steppenböden der Humus in

einem  $\text{CaCO}_3$ -reichen Substrat gebildet wurde und dass, obwohl das  $\text{CaCO}_3$  aus den oberen Horizonten heute ausgewaschen erscheint, der Komplex bis über 95% gesättigt ist, speziell an Ca und Mg (über 90%). Die Reaktion bleibt demnach schwach alkalisch ( $\text{pH } 7,2\text{---}8,5$ ). S. ODÉN (7) und K. K. GERDROIZ (4) haben gezeigt, dass die Anwesenheit des Ca-Ions die Oxydation der Humussäure verhindert, eine Tatsache, die neben den phytoklimatischen Bedingungen den Humusreichtum der Steppenböden, und vor allem jener die sich auf Kalk bilden, erklärt. Das Auswaschen des  $\text{CaCO}_3$  und die schwache Entbasung des Komplexes ( $\text{pH } 6,8\text{---}7,0$ ) ermöglichen die Hydrolyse der Ferrosilikate, welche nur in einem schwach alkalischen Medium stabil sind und verursachen eine leichte Mobilisierung des Eisens, welches infolge der klimatischen Verhältnisse maximal oxydiert ist. Die katalytische Wirkung des Eisens auf die Zersetzung durch Oxydation hat eine langsame Verbrennung der Humussäure zur Folge, welche zum grössten Teil der Träger der polaren Adsorptionseigenschaften des Bodenhumus ist. Die spezifische Austauschkapazität des Humus wird dadurch herabgesetzt. Dieselben Überlegungen rechtfertigen auch die geringe Menge der organischen Substanz, welche der rostfarbene Waldboden enthält (bei den kultivierten Böden überschreitet sie nicht 3% in den ersten 20 cm und sinkt mit der Tiefe sehr schnell) und vor allem auch die kurzfristige Wirkung organischer Düngemittel (Stallmist) bei diesen Böden. Die Verringerung der spezifischen Austauschkapazität des Humus beim degradierten Tschernoziom könnte auch auf andere Weise erklärt werden. S. ODÉN (7) nimmt ein Übergehen der Huminsäure in Humin-säure-Anhydrid an, in welchem die sauren Funktionen als Laktone vorhanden wären. Dieser Übergang soll bei einer schwach sauren bis neutralen Reaktion stattfinden. Die minimale spezifische Austauschkapazität des Humus entspricht jedoch gerade dem degradierten Tschernoziomboden und dem rostfarbigen Waldboden, mit  $\text{pH } 6,8\text{---}7,0$ . Es ist noch festzustellen, in welchem Mass die beiden angenommenen Prozesse daran Anteil nehmen können.



### 3. ZONE DER BUCHENWÄLDER (SEKUNDÄRER PODSOL UND MITTELEUROPÄISCHE BRAUNERDE)

In dieser Zone finden sich alle Übergänge von nicht entwickelten Braunerden (RAMANN) bis zum Podsol mit klar differenzierten Horizonten. Wenn auch in den ersten Stadien der Entwicklung der Ton dieselbe Beschaffenheit in den verschiedenen Niveaux des Profils hat, so kann dasselbe beim Klimax-Typus (Podzol mit klar differenzierten Horizonten) nicht behauptet werden. Beim vollständig entwickelten Podsol beginnen die Eigenschaften des Komplexes im oberen Horizont sich von jenen der tieferen Horizonte zu unterscheiden und zwar als Folge der Zerstörung und Resynthetisierungsscheinungen, die dem ungesättigten Zustand dieses Horizontes zuzuschreiben sind. Aus diesem Grunde kann die Rechnung nur mit Proben desselben Horizontes richtig durchgeführt werden. Wir haben möglichst viele Proben gesammelt, um über die Richtigkeit des Verfahrens keinen Zweifel übrig zu lassen. Wir haben nach Möglichkeit die oberste Schicht, den A<sub>0</sub>-Horizont, der überhaupt nicht oder nur mangelhaft zerstört ist, entfernt, da uns bei diesem Studium die spezifische Austauschkapazität des in der Masse des Bodens inkorporierten Humus, welcher in ein relatives Umwandlungsgleichgewicht gelagert ist, interessiert. Es ist möglich, dass der in den Horizont B gewanderte Humus nicht genau die gleichen Eigenschaften wie jener des Horizontes A hat. Da die in diesem Horizont auftretenden Mengen jedoch gering sind, haben wir in der Rechnung für das ganze Profil dieselben Werte angenommen, um die Kapazität des Tones errechnen zu können. Auf diese Weise bleibt der Fehler innerhalb der experimentellen Genauigkeitsgrenzen.

Die Ergebnisse die mit dem Podsol von Bierțan, der sich auf der oberen Terrasse der Târnava Mare gebildet hat, erhalten wurden, zeigen die Richtigkeit dieser Arbeitsweise (Tabelle 4, Seite 17). Die für Ton im Horizont A gefundene Kapazität von 0,42 ME pro g wächst im Übergangshorizont A/B bis zu

0,56—0,66 ME, um im tiefsten Teil des Profiles im Mittel bis zu 0,70 ME anzusteigen. Die Kapazität für Humus, die aus den von verschiedenen Niveaux des Horizontes A erhaltenen Experimentaldaten abgeleitet wurde, beträgt 1,70 ME. Weitere 2 Profile, die aus demselben Typ des Podsol auf Terrassenlehm stammen, führen zu ähnlichen Ergebnissen.

Aus derselben Gegend wurden noch 5 Profile auf Tertiär-sandstein untersucht. Da die Profile sehr ähnlich waren, wurden die Mittelwerte berechnet; die Ergebnisse sind:

Spezifische Kapazität des Humus: . . . . .	$1,874 \pm 0,049$ ME
"                "                "        Tones:	
Horizont A . . . . .	$0,334 \pm 0,027$ "
"            A/B . . . . .	$0,425 \pm 0,044$ "
"            B . . . . .	$0,530 \pm 0,020$ "

Alle Profile stammen aus dem Wald.

Aus Tabelle 5 (Seite 18) geht die Übereinstimmung der mit Hilfe dieser Koeffizienten berechneten und den experimentell gewonnenen Ergebnissen hervor. Wir haben erwähnt, dass in dieser Zone neben dem vollkommen entwickelten Klimax-Typus sich auch Zwischenstadien befinden, nicht entwickelte Braunerden bis podsolartige Braunerden. Für diese Böden wurden für die spezifische Austauschkapazität des Humus Werte gefunden, welche ihrer Größenordnung nach neben jene für Podzol-Böden, 1,35—1,70, im Allgemeinen um das Mittel 1,64 schwankend, gestellt werden können. Für den Ton kann die Rechnung mit demselben Wert der spezifischen Kapazität (0,56 ME für auf Sandstein gebildete Böden) für das ganze Profil durchgeführt werden (siehe Tabelle 6, Seite 19).

Für die gesamte Profilserie dieser Zone erscheint ein mittlerer Wert der spezifischen Kapazität des Humus von 1,75 ME.

Sehr oft erscheinen in der Zone des sekundären Podsol auf kalkreichen Mergeln anstatt braune podsolartige Böden als erste Stadien der Bodenentwicklung Pseudorendzine, welche mit allen ihren Degradationsstadien bis zum entsprechenden Podsol, vorgefunden werden können. Es war für uns von Inter-



esse zu untersuchen, welche Kapazität dem Humus eines Pseudorendzinbodens zukommt, welcher in seinem Degradationsstadium dem Tschernoziom (pH im oberen Horizont 7,1, Sättigungsgrad > 90 %) entspricht. In Tabelle 6 (Seite 19) finden sich die diesbezüglichen Ergebnisse.

Es ist vor allem zu bemerken, dass wir für die spezifische Kapazität des Humus einen Wert erhalten, der demjenigen des Tschernozioms sehr nahe kommt, also fast doppelt so gross ist als der für den zonalen Boden erhaltene Wert. Diese Tatsache bekräftigt sicherlich das auf S. 36 Gesagte.

#### 4. ALPINE ZONE (PRIMÄRE PODSOLBÖDEN: ALPINE BRAUNERDE, EISEN- UND HUMUSPODSOL)

In dieser Zone geht die Zersetzung der organischen Substanz infolge der niedrigen Temperatur und der grossen Feuchtigkeit langsamer vor sich und die organischen Substanzen suchen sich im Boden anzuhäufen. Das fortgesetzte Auswaschen der Produkte der Hydrolyse aus dem mineralischen Substrat verhindert die Neutralisierung der sauren Funktion des Humus. Der saure Humus übt auf diese Weise eine destruktive Wirkung auf den adsorbierenden Mineralkomplex aus oder verhindert die Bildung eines neuen Komplexes. Unter solchen Verhältnissen erscheint die Austauschkapazität der oberen Horizonte des Bodens als zum grössten Teil durch den organischen Komplex bedingt; dem mineralischen Komplex kommt nur ein kleiner vernachlässigbarer Teil zu. Das Diagramm (Fig. 1, Seite 20) zeigt, dass für den Horizont A<sub>1</sub> wirklich ein Verhältnis zwischen dem Gehalt an organischer Substanz und Austauschkapazität besteht. Dasselbe ist der Fall auch für den oberen Teil des Horizontes B, der im Allgemeinen über 5 % Humus enthält. Im unteren Teil des Horizontes B bleiben, da hier bereits die Austauschkapazität des Mineralkomplexes im Verhältnis zu jener des organischen Komplexes eine Rolle zu spielen beginnt, die Werte höher als sie im Falle eines Proportionalverhältnisses zu dem organischen Anteil des Komplexes sein müssten. Im



Horizont A<sub>0</sub> beobachtet man eine Streuung der Werte, was durch die Tatsache erklärt wird, dass die organische Substanz sich in diesem Horizont in verschiedenen Stadien der Umwandlung befindet.

Als allgemeine Regel kann bei den typischen Profilen dieser Zone eine Zunahme der Kapazität des Humus mit der Tiefe festgestellt werden. Es migriert also eine sauerere Fraktion des Humus und es bleibt ein weniger saurer Rest zurück. Die Mittel der von uns gefundenen Werte sind:

A <sub>0</sub>	1,77
A <sub>1</sub>	3,386 ± 0,136
B <sub>1</sub>	4,290 ± 0,057.

Wenn für den Humus ein Mittelwert von 4,29 ME angenommen wird, so ergibt sich für den Ton der tieferen Horizonte des Profiles eine spezifische Austauschkapazität von 0,46 ME (Siehe die Tabelle 7, Seite 21).

### C) ALLGEMEINE BEMERKUNGEN ÜBER DIE AUSTAUSCHKAPAZITÄT DES HUMUS UND DES TONS

Die Tabelle 8 b bringt die Mittelwerte der spezifischen Austauschkapazität des Humus und des Tones in den verschiedenen bodenklimatischen Zonen.

Die Zusammensetzung und Eigenschaften des Tones im Boden werden von 2 Kategorien von Faktoren bedingt: interne (Zusammensetzung des Muttergestein des Bodens) und externe (Klima, Vegetation, die Art und die Produkte der Zersetzung der organischen Substanz).

Die von uns untersuchten Böden sind auf Sedimenten gebildet, die von Anbeginn einen gewissen Prozentsatz von Ton enthalten. Die Zusammensetzung dieses Tones und damit seine Austauschkapazität hängt von den allgemeinen Bedingungen unter denen sich die Sedimente bildeten, ab. In dem Umwandlungsprozess des Gesteins der zur Bodenbildung führt, kann



sich durch Hydrolyse der Silikate Ton bilden, welcher zu dem Ton des Muttergesteins hinzukommt. Andererseits kann auch der ursprüngliche Ton Umbildungen erleiden. Dort wo die klimatischen Verhältnisse einer ausgedehnten chemischen Veränderung ungünstig sind, herrscht der Ton aus dem Sedi-

TABELLE 8 b.

*Spezifische Austauschkapazität des Tons und des Humus bei den Zonalen Bodentypen Rumäniens*

Zone	Bodentypen	Spezifische Austauschkap.	
		Humus	Ton
A. Steppe.	Kastanienfarbiger Tschernoziom	2,98	0,74
	Schokoladefarbiger Tschernoziom	2,98	0,74
	Dunkelgefärbter Tschernoziom auf Mergel . . . . .	2,92	0,72
B. Waldsteppe und Eichenwälder.	Degradierter Tschernoziom . .	1,30	0,73
	Rostfarbige (mediter.) Braunerde	1,20	0,70
C. Buchenwälder.	Podsolige (mitteleuropäische) Braunerde . . . . .	1,64	0,56
	Sekundärer Podsol auf { A Sandstein { B/C	1,87	0,33
	Sekundärer Podsol auf { A Terrassenlehm { B/C	1,67	0,42
		"	0,71
D. Alpine Zone.	Alpine Braunerde und alpine Eisen und Humus podsole (Primäre Podsolböden)	A <sub>0</sub> 1,77 A <sub>1</sub> 3,28 B 4,29 B/C 4,29	— — — 0,45

ment, mit seiner sehr wenig veränderten Zusammensetzung und seinen ursprünglichen Eigenschaften vor. Aus diesem Grund bleibt z. B. die Austauschkapazität des Tones der auf Löss in semiariden Gebieten gebildeten Böden in den verschiedenen Horizonten desselben Profils dieselbe und wechselt sehr wenig von einem Profil zum anderen. (Circa 0,74 ME). In der Zone des sekundären Podsol ist die Bildung neuer Verwit-



terungsprodukte im oberen Horizont des Bodens fortgeschritten. Andererseits erleidet der ursprüngliche Ton im Sediment eine Entbasung, die Aggregate werden zerstört und infolgedessen wird der Ton in fein disperser Form in den tieferen Teilen des Profils angereichert. Im oberen Horizont (Klimatobiogen) gelangt auf diese Weise der neu gebildete Ton gegenüber dem ursprünglichen Tongehalt das Übergewicht, während im tieferen, petrogenen Horizont noch der ursprüngliche Tongehalt des Sedimentes überwiegt. Es erscheint also zugleich mit der Differenzierung im Horizonte auch ein Wechsel in der Zusammensetzung und in den Eigenschaften des Tones welcher seinen Ausdruck in der Veränderung der Austauschkapazität findet.

Andererseits hingegen kommt man, während in der petrogenen Zone des Profils fühlbare Änderungen der spezifischen Austauschkapazität des Tones, je nach der Natur des Sedimentes, festgestellt werden können, in der klimatobiogenen Zone des Profils zu einem bestimmten für den genetischen Typus charakteristischen und vom Gestein, auf dem sich der Boden bildete, unabhängigen Wert. So zeigen die Profile der Umgebung von Sighișoara (sekundärer Podsol) im petrogenen Teil spezifische Austauschkapazitäten von 0,56 (tertiärer Sandstein) und 0,72 ME (toniger Terrassenlehm) während im oberen Horizont (Klimatobiogen) des Profiles 0,33 (Podzol auf Sandstein) und 0,42 ME (Podzol auf Lehm) erhalten werden.

Infolge der zerstörenden Wirkung des Roh-Humus wird in der Zone des primären Podsolos die Austauschkapazität des mineralischen Komplexes im Verhältnis zu jener des Humus vernachlässigbar klein. Als allgemeine Regel, in Bezug auf das oben Gesagte, zeigt die Austauschkapazität des Tones keine bezeichnenden Veränderungen im Bereich der Zone des Tschennoziom und des rostfarbenen Waldbodens; sie sinkt jedoch in der Zone des sekundären und vor allem in der Zone des primären Podsolos.

Die spezifische polare Adsorptionskapazität des Humus schwankt mit dem genetischen Typus des Bodens in der Art,



wie die Tabelle 8 b (Seite 41) zeigt. Es finden sich Minimalwerte beim degradierten Tschernoziom und beim rostfarbenen Waldboden. Auf die Ursachen, welche diese Schwankungen bedingen, werden wir später zurückkommen.

Wenn wir nun für den oberen (biogenen) Horizont des Bodens die prozentuelle Fraktion der Austauschkapazität die dem organischen Komplex (Humus) respektive dem mineralischen Komplex (Ton) zukommt, berechnen, so erhalten wir die mittleren Werte, mit denen das Diagramm der Figur 2 (Seite 25) konstruiert wurde. Aus diesem Diagramm geht hervor, dass im oberen Horizont der Steppenböden die Austauschkapazität des mineralischen Komplexes diejenige des organischen Komplexes übertrifft. Beim degradierten Tschernoziom und vor allem beim rostfarbigen Waldboden sinkt dann die prozentuelle Fraktion die dem Humus zukommt. Dieses Sinken wird sowohl durch die Verminderung der spezifischen Austauschkapazität als auch durch den Gehalt an Humus herbeigeführt (Siehe die Tabellen 2 u. 3, Seiten 12 u. 14).

Die prozentuelle Fraktion der Austauschkapazität des Bodens, die dem Humus zukommt, wächst dann sehr rasch beim sekundären, vor allem aber beim primären Podsol und dies aus dem Grunde, weil der Prozentsatz an Ton und die Austauschkapazität dieses Tones herabgesetzt wird, während der Gehalt an Humus und die spezifische Austauschkapazität des Humus zunimmt.

Die Diagramme der Fig. a, b, c, d (Seite 26) zeigen klar die Verteilung der Austauschkapazität zwischen dem mineralischen und dem organischen Komplex des Bodens im Profil. Wir begnügen uns mit dem Hinweis auf das charakteristische Aussehen jedes dieser Diagramme. Beim Tschernoziom übersteigt die prozentuelle Fraktion, die dem Humus zukommt, 40% und bleibt bis zu 20 cm konstant, um dann linear bis zu 80 cm abzusinken, worauf sie bis 110 cm wieder konstant bleibt.

Beim degradierten Tschernoziom und beim rostfarbigen Waldboden ist die Form der Diagramme die gleiche, es wechseln nur die respektiven Werte. Beim degradierten Tscherno-



ziom beträgt die dem Humus zukommende prozentuelle Fraktion 25—30% an der Oberfläche, beim rostfarbigen Waldboden hingegen nur 18—22%. Das Sinken der dem Humus zukommenden prozentuellen Fraktion zeigt dieselbe Regelmässigkeit bei beiden Bodentypen.

Beim sekundären Podsol übersteigt die dem Humus zukommende Fraktion 50% im Horizont A<sub>1</sub> um beim Übergang in A<sub>2</sub> brusk abzufallen. Dies Absinken hält dann linear bis zum Horizont B an, in welchem der Gehalt an Humus im Verhältnis zum Ton vernachlässigbar klein wird.

Bei den primären Podsolen übersteigt die dem Humus zukommende Fraktion bei weitem diejenige des Tones. Im Horizont A und im oberen Teil des Horizontes B kommt, wie wir bereits erwähnten, die Austauschkapazität fast nur dem Humus zu. Die Austauschkapazität des Tones beginnt nur im tieferen Teil des Horizontes B eine Rolle zu spielen.

---



## BIBLIOGRAFIE

---

1. BARTLETT, J. B. RUBLE, R. W. THOMAS, R. P. 1937. The influence of hydrogen peroxide treatments on the exchange capacity of Mariland soils. *Soil Sci.* 44: 123—138.
2. CERNESCU, N. C. 1934. Facteurs de climat et zones de Sol en Roumanie. *Inst. Geol. Rom. Studii Techn. și Econ.* Seria C. Nr. 2.
3. DEMOLON, A. et BARBIER, G. 1929. Conditions de formation et constitution du complexe argilohumique des sols. *Comp. Rend. Acad. Sci.* 188, 654—656.
4. GEDROIZ, K. K. 1931. Influence of hydrogen peroxide upon the soil *Udobrienie i Urozhaj* p. 814—827, 910—922 (citat după S. WAKSMAN, 18).
5. MC. GEORGE, W. T. 1930. The base exchange property of organic matter in soils. *University of Arizona Technical Bulletin*. No. 30, pg. 181—213.
6. HISSINK, D. J., HOOGHOUTD, S. B., VAN DER SPEK, JAC., 1936—1937. Der mineralische Bodenkomplex. *Bodenkundliche Forschungen*. Bd. V: 21—56.
7. ODÉN SVEN. 1919. Die Huminsäuren. *Kolloidchemische Beihefte*. Bd. XI: 75—260.
8. OLSON, L. C. and BRAY, R. H. The determination of the organic Base-Exchange Capacity of soils. *Soil Sci.* 45: 483—496.
9. POPOVĂT, M. 1937. Degradation des sols de Steppe. *An. Inst. Geol. Rom.* Vol. XVIII, pg. 281—391.
10. RICE, W. (citat după G. W. ROBINSON — Soils pg. 121—123).
11. ROBINSON, W. O. 1927. The determination of organic matter in soils by means of hydrogen peroxide. *Jour. Agr. Res.* 34: 339 (citat după MC. GEORGE, 5).
12. ROBINSON, G. W. 1936. Soils IIInd Ed. London. Th. Murby.
13. RUSSEL, E. J. 1936 Boden u. Pflanze. Dresden u. Leipzig. T. Stein-kopff. (pg. 156).
14. SAIDEL, T. 1929. Étude chimique des principaux types de sols de Roumanie XIV-e Congrès Intern. d'Agriculture Bucarest 4-e Sect. R. 44.



15. SCHMUZIGER, A. 1935. Über die Verteilung und den Chemismus der Humusstoffe in den Profilen einiger schweizerischen Bodentypen. Dissertation E. T. H. Zürich.
  16. SOCOLOVSKI, A. N. 1921. Phenomena connected with the colloidal properties of the soil. *Ann. Acad. Agr. Petrovskoe (Moscow)* 85—225 (citat după S. WAKSMAN, Humus).
  17. TURNER, P. E. 1932. An analysis of factors contributing the determination of saturation capacity. *Journal of Agric. Science* 22.
  18. WAKSMAN, S. A. 1936. Humus — IEd. London. Baillière, Tindall et Cox.
- 



## SUMAR — INHALT

	<u>Pag. Seite</u>
A) Considerații introductive . . . . .	3
B) Cercetări personale . . . . .	6
1. Zona stepei . . . . .	6
2. Zona stepei cu pădure și a pădurilor de Quercine . . . . .	11
3. Zona pădurilor de fag . . . . .	13
4. Zona alpină . . . . .	20
C) Capacitatea de schimb a humusului și argilei . . . . .	22
Considerații generale . . . . .	22
A) Einleitende Bemerkungen . . . . .	28
B) Persönliche Untersuchungen . . . . .	32
1. Steppenzone . . . . .	32
2. Zone der Waldsteppe und der Eichenwälder . . . . .	35
3. Zone der Buchenwälder . . . . .	37
4. Alpine Zone . . . . .	39
C) Allgemeine Bemerkungen über die Austauschkapazität des Humus und des Tons . . . . .	40
D) Bibliographie . . . . .	45





Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României

PUBLICAȚIUNILE SERVICIULUI AGROGEOLOGIC DIN INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI APĂRUTE ÎN «STUDII TECHNICHE ȘI ECONOMICE»

- T. SAIDEL. L'étude du sol en Roumanie - et le problème de l'organisation internationale de l'étude du sol. Vol. 12.
- N. CERNESCU. Facteurs de climat et zones de sol en Roumanie. Seria C (Ştiinţa solului) Nr. 2.
- M. POPOVAT. Analyse mécanique des sols (Buts et Procédés) Seria C (Ştiinţa solului) Nr. 3.
- N. CERNESCU. Capacité maximum et intensité d'échange des alumino-silicates hydratés; Seria C (Ştiinţa solului) Nr. 4.
- N. CERNESCU. Determinarea capacitatii de schimb si a cationilor schimbabili la sol (Metode). — Die Austauschkapazität und die austauschfähigen Kationen des Bodens (Methoden). — Seria C (Ştiinţa solului) Nr. 5.
- N. CERNESCU. Capacitatea de schimb în raport cu conținutul de argilă și humus. — Die Austauschkapazität des Bodens im Verhältnis zum Ton und Humusgehalt. Seria C (Ştiinţa solului) Nr. 6.

C. 57-533.



Institutul Geologic al României