

INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA C

Ştiința Solului

Nr. 7

HUMUSUL ȘI RAPORTUL C.N ÎN
PROFILELE TIPURILOR ZONALE DE SOL

DE

N. CERNESCU și FLORICA POPEA

HUMUS UND C.N-VERHÄLTNIS IN DEN PROFILEN
DER ZONALEN BODENTYPEN RUMÄNIENS

MONITORUL OFICIAL ȘI IMPRIMERILE STATULUI
IMPRIMERIA NAȚIONALĂ, BUCUREȘTI 1941



Institutul Geologic al României

INSTITUTUL GEOLOGIC AL ROMÂNIEI

STUDII TECHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA C

Știința Solului

Nr. 7

HUMUSUL ȘI RAPORTUL C:N ÎN
PROFILELE TIPURILOR ZONALE DE SOL

DE

N. CERNESCU ȘI FLORICA POPEA

HUMUS UND C:N-VERHÄLTNIS IN DEN PROFILEN
DER ZONALEN BODENTYPEN RUMÄNIENS

MONITORUL OFICIAL ȘI IMPRIMERIILE STATULUI
IMPRIMERIA NAȚIONALĂ, BUCUREȘTI 1941



Institutul Geologic al României

*Această notă a fost comunicată
în ședința din 7 Februarie 1941.*



Institutul Geologic al României

INTRODUCERE

Raportul C : N, expresiune a procesului de humificare. Datele statistice nu au permis stabilirea unei corelații prea strânse între raportul C : N din humus și fertilitatea solului; se pare totuși că acest raport are deosebită importanță în determinarea proceselor care au loc după adăugirea unui material organic solului. În general, indiferent de raportul C : N în materialul organic originar incorporat solului, transformarea în humus duce la valori ale raportului C : N apropiate de 10 : 1.

Procesul condus de microorganisme cu materiale având un raport C : N ridicat, determină dispariția nitrărilor asimilabili, pierdere considerabilă de carbon și deci coborârea raportului C : N. Bună parte din materialul organic incorporat solului, cuprinzând cea mai mare parte dintre proteine și hidrați de carbon, este complet descompus; material rezistent cum ar fi ligninele, cerurile etc., se acumulează, în timp ce o parte din carbon și o parte sau chiar tot azotul este reasimilat alcătuind protoplasma celulei microorganismelor. Raportul C : N ridicat poate fi o sursă de energie pentru fixarea azotului, dar acest azot va fi accesibil recoltei abia după ce pierderea de carbon va fi micșorată raportul C : N. Dacă raportul C : N este mai scăzut decât 10 : 1 se va pierde mai puțin carbon și în același timp va fi liberat azot sub formă de nitrări asimilabili; rezultatul va fi o ridicare a raportului C : N (FR. SALTER, 13).

Existența unui echilibru în balanță de transformare a azotului și carbonului prin procesele de metabolism ale florei



solului determină realizarea unui anumit raport C:N pentru fiecare sol (S. WAKSMAN, 16; FR. SALTER, 13). Valoarea acestui raport va fi determinată atât de materialul originar încorporat masei solului, furnizat în cea mai mare parte de vegetația pe care o suportă, cât și de microorganismele care activează.

Raportul C:N funcție climatică. Intru cât atât vegetația cât și flora sau fauna solului sunt determinate de condițiile generale climatice, ar urma ca și valoarea raportului C:N, expresiune a rezultantei acțiunilor de transformare a substanței organice, să fie determinată de climă. Ne vom mulțumi să amintim numai câteva din rezultatele recente bazate pe un material statistic mai bogat.

M. S. ANDERSON și H. G. BYERS (1) stabilesc pentru soluri din U.S.A., existența unei variații mari a raportului C:N atât dela un tip zonal de sol la altul cât și în lăuntrul zonei același sol. Raportul C:N cel mai constant se găsește la cernoziomuri (C:N = 9, media); este mai variabil la solurile de prerie (C:N = 12,2, media) și devine eratic la celelalte tipuri de sol (C:N, media pentru podzol = 22,6).

H. JENNY (7) stabilește că în America, cu creșterea temperaturii, umiditatea rămânând cuprinsă între aceleași limite, conținutul procentual al solului în azot și în humus descresc după o funcțiune exponențială, în timp ce raportul C:N tinde să devină mai mic (în stepa canadiană $T_m = 1^\circ$, C:N = 13,25; în Texas $T_m = 20^\circ$ C:N = 9,1). Creșterea umidății de-a lungul același izoterme determină creșterea exponențială a conținutului de azot și de humus. Raportul C:N în zona temperată rămâne aproape constant, (11,03) atunci când umiditatea se schimbă sub același regim termic.

N. P. REMEZOW (10) remarcă pentru U.R.S.S., în acord cu observațiile mai vechi ale lui N. M. SIBIRTZEW, că variația conținutului de azot în humus și deci raportul C:N poate avea o cauză climatică. În soluri desvoltate sub condiții climatice (ariditate mare) care favorizează descompunerea rapidă a resturilor organice (soluri cenușii — soluri castanii), se

observă raportul C:N cel mai scăzut, cu amplitudine de variație mică. Acolo unde condițiile climatice favorizează o acumulare de substanțe organice (cernoziom) raportul C:N crește. Cu creșterea umidității, odată cu decalcifierea solului, conținutul de substanță organică scade (podzoluri), raportul C:N coborînd din nou. În lăuntrul fiecărei zone de sol există o amplitudine de variație determinată de tranziții climatice. În zona cernoziomului, cu creșterea gradului de continentalism raportul C:N crește. N. P. REMEZOW (10) dă următoarele valori medii:

Soluri cenușii	4,5
» de tranziție cenușii-castanii	7,5
» castanii	6,8
Cernoziomuri Azow-Caucaz	6,2
» Ucraina	7,6
» U.R.S.S. europeană	11,4
» Siberia	13,6
Soluri cenușii de pădure	8,0
Podzoluri ierboase	6,8

J. S. HOSKING (6) pe baza materialului privitor la solurile din Australia ajunge la concluzia că raportul C:N variază între limite foarte largi; valorile limitative către cari tinde acest raport sunt determinate de factorii ce produc tipul respectiv de sol. Nu există o corelație generală între raportul C:N și condițiile climatice sau tipurile zonale de sol din Australia. Soluri de tipuri diferite arată variații ale raportului C:N cari se acoperă. Există însă o similitudine definită în tipul de distribuție al frecvențelor raportului C:N, pentru regiunea de pădure de o parte, pentru regiunea acoperită cu vegetație ierboasă de altă parte, ultima arătând o succesiune de valori mai apropiate între ele decât cea obținută pentru solurile acoperite cu vegetație forestieră. Sub pădure, solurile conțin atât material provenind din plantele ierboase și graminee cât și detritus de frunze și material lemnos, în stadii diferite de descompunere. În regiunile acoperite cu vegetație ierboasă, sursa de substanțe humice este redusă la un material



omogen, iar humificarea intensă determină un produs final mai definit în compoziție.

Apare posibilă, după datele lui J. S. HOSKING (6) o corelație între tipul de sol și raportul C:N numai în lăuntrul zonei cu vegetație ierboasă:

	C : N Valori medii
Soluri negre (Cernoziomuri ?)	$16,3 \pm 0,3$
» brune și cenușii	$11,1 \pm 0,4$
» cenușii de Semidesert	$7,4 \pm 0,4$

Datele lui H. JENNY (7), N. REMESOW (10), ca și ale lui M. S. ANDERSON și H. G. BYERS (1) examineate critic sunt de altfel în concordanță cu concluzia lui J. S. HOSKING (6).:

Așa dar, se poate găsi un paralelism între raportul C : N și condițiile generale climatice, numai pentru regiunile acoperite cu vegetație ierboasă.

REZULTATE PROPRII

Lipsa unui material analitic adunat sistematic prin aceeași metodă, din care să apară caracterele chimice ale humusului în profilele tipurilor zonale de sol din România, a prilejuit alcătuirea studiului de față.

După cum am amintit raportul dintre conținutul de carbon și conținutul de azot, exprimate în atomgrame, este considerat ca o caracteristică chimică pentru diferitele forme de humus; pentru început am recurs la stabilirea acestei mărimi.

Carbonul s'a determinat prin combustie umedă cu un amestec de bicromat de potasiu și acid sulfuric concentrat, în prezența sulfatului de mercur drept catalizator; CO_2 degajat a fost fixat cu calce sodată. Determinarea azotului total s'a făcut după metoda Kjeldahl, întrebunțând pentru desagregare un amestec de sulfat de potasiu și acid sulfuric concentrat, cu o picătură de mercur metalic și distilând apoi amoniul format, după adăugare de soluție de NaOH și K_2S .



SOLURI DE STEPĂ (CERNOZIOMURI)¹⁾

La profilele studiate de noi conținutul de humus al orizontului superior (0—20 cm) variază la diferitele subtipuri cu totul neregulat. Cauze locale pot modifica influența ușoarei variații climatice care există în lăuntrul zonei cernoziomului.

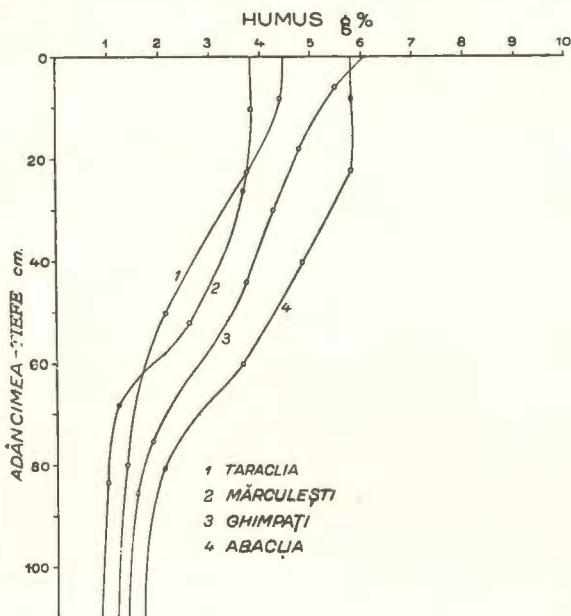


Fig. 1. — Repartiția humusului în profilul solului. Cernoziomuri: 1—2 castanii; 3, ciocolat; 4, propriu zis pe marnă. (Humusverteilung in dem Bodenprofil. Tscher-nosiose: 1—2, Kastanienfarbige Tsch.; 3, Schokoladen-farbiger Tsch.; 4, Dunkelgefärbter Tsch. auf Mergel).

La cernoziomul castaniu conținutul de humus variază în general între 3,9—4,4%; la cernoziomul ciocolat concentrația humusului în orizontul superior este mai mare (4,4—5,5),

¹⁾ Condițiile generale climatice ale zonelor naturale de soluri din România se pot găsi în monografiile corespunzătoare citate în bibliografia care însoțește această lucrare (2, 4, 5, 14).

T A B E L A I

*Conținutul de humus și raportul C : N. Cernoziomuri
Kohlenstoff-, Stickstoffgehalt und C: N-Verhältnis. Tschernoziome.*

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Carbon Kohlenstoff g pro 100	Humus $C \times 1,47$ g pro 100	Azot Stickstoff g pro 100	C : N N = 1	Argila Ton < 0,001 mm g pro 100	CO ₃ Ca
1. Cernoziom castaniu Taraclia (Basarabia).	0—15	2,55	4,39	0,240	12,47	30,2	1,34
	15—30	2,15	3,71	0,196	13,01	29,1	2,91
	30—45	1,73	2,99	0,143	13,90	27,0	6,37
	45—55	1,27	2,19	0,113	13,73	25,6	8,81
	70—90	0,83	1,43	0,087	13,36	24,1	13,28
	120—140	0,48	0,84	0,039	14,98	22,9	14,13
2. Cernoziom castaniu Mărăculești (Muntinia).	0—20	2,26	3,91	0,209	12,72	23,9	0,16
	20—35	2,12	3,66	0,195	12,78	25,9	0,25
	35—45	1,79	3,15	0,164	13,23	24,9	0,28
	45—60	1,48	2,55	0,141	12,25	22,5	2,34
	60—75	1,19	2,05	0,120	11,37	21,4	6,10
	75—90	0,96	1,58	0,065	12,27	20,3	12,44
3. Cernoziom cioscolat Arciz (Basarabia).	0—15	2,43	4,18	0,212	13,35	31,9	0,12
	15—30	2,71	4,68	0,216	14,65	34,9	0,06
	30—50	2,13	3,68	0,183	13,42	34,3	0,03
	55—75	1,37	2,38	0,129	12,50	34,2	2,72
	75—90	0,90	1,55	0,076	14,42	28,7	15,14
	100—110	0,51	0,89	0,47	12,97	28,1	16,63
4. Cernoziom p. zis pe marnă Abaclia (Basarabia).	0—15	3,38	5,83	0,302	13,08	39,1	0,07
	15—30	3,37	5,81	0,292	13,29	40,0	0,39
	30—50	2,80	4,83	0,229	13,63	40,7	2,70
	50—70	2,16	3,72	0,173	14,61	38,9	6,57
	70—90	1,21	2,09	0,112	15,29	35,0	12,90
	100—120	0,96	1,65	0,041	13,16	32,2	15,16
5. Cernoziom cioscolat pe loess Ghimpați (Muntinia).	0—12	3,17	5,48	0,250	14,80	—	0,10
	12—24	2,78	4,81	0,225	14,41	—	0,30
	24—38	2,46	4,25	0,191	18,22	—	1,68
	38—50	2,17	3,75	0,173	14,62	—	3,93
	70—80	1,06	1,80	—	—	—	14,77
	80—93	0,93	1,60	—	—	—	16,82
	253—261	0,16	0,29	—	—	—	9,81

1, Kastanienfarb. Tsch.; 2, Kastanienfarb. Tsch.; 3, Schokoladefarb. Tsch.; 4, Dunkelgefärber Tsch. auf Mergel; 5, Schokoladefarb. Tsch. auf Loess nach (EM. PROTOPOPESCU-PACHE).



pentru ca la cernoziomul propriu zis pe marnă să ajungă la 5,8%. Raportul C:N variază între limite foarte strânse 12,5—13,3, cu o tendință de creștere la trecerea dela cernoziomul ciocolat la cernoziomul degradat (Cernoziomul ciocolat dela Ghimpăți are C:N = 14).

Variată conținutului de humus în diferitele orizonturi ale profilului, apare din diagramă (fig. 1 și tabela 1). Sub orizontul superior de acumulare cu o grosime de 20—25 cm conținutul de humus descrește destul de repede după o funcție care pentru cernoziomul pe marnă (Abaclia) devine aproape liniară, până la adâncimea de cca 80 cm. Sub această adâncime conținutul de humus este foarte mic și descreșterea înceată.

Compararea curbei care reprezintă descreșterea conținutului de humus în adâncime, cu valorile raportului C:N în diferitele orizonturi conduce la o observație interesantă: La cernoziomul dela Mărculești, Taraclia sau Arciz, descreșterea conținutului de humus cu adâncimea sub orizontul de acumulare este înceată; raportul C:N în diferitele orizonturi arată valori apropiate, variind fără niciun fel de regularitate.

La cernoziomul pe marnă dela Abaclia, dar mai ales la cernoziomul ciocolat dela Ghimpăți la care descreșterea tinde să devină liniară, se observă o ușoară creștere a raportului C:N cu adâncimea, pentru ca apoi să descrească din nou. Semnificația acestui fapt se va vedea la discutarea degradării.

In general valorile raportului C:N la diferitele subtipuri de cernoziom sunt apropiate, variația raportului C:N în profil este de asemenea neînsemnată.

SOLURI DE STEPĂ CU PĂDURE (CERNOZIOMURI DEGRADATE)

Conținutul de humus al orizontului superior la cernoziomurile degradate este mai ridicat decât la solurile de stepă formate pe aceeași rocă (loess). Ca regulă generală, în zona stepei creșterea umidității determină o creștere a conținutului procentual de humus:



Tipul de cernoziom	Localitatea	P T + 10	Humus g%
Castaniu I	Medgidia	20	3,30
Castaniu II	Mărculești	21	3,91
Ciocolat	Ghimpăți	23	5,50
Degradat I	Fundulea	24	5,99
Degradat II	{ Corneanca Drăgănești	27	7,28

P = Precipitații (media anuală în mm); T = Temperatura medie anuală °C.

Acest conținut crește cu argilozitatea rocei.

Creșterea umidității aduce după sine spălarea CO_3Ca din partea superioară a profilului, urmată de înlocuirea calciului din complexul adsorptiv al solului, prin hidrogen; humusul poate fi astfel dispersat și antrenat în adâncime. Această dispersare și antrenare devine din ce în ce mai manifestă în măsura creșterii umidității. Pentru a da o imagine mai precisă, în fig. 3 (p. 13), am reprezentat curbele de descreștere a conținutului de humus în adâncime (până la 110 cm) prin raport la conținutul de humus în orizontul superficial, luat drept 100. În timp ce aspectul curbei reprezentând variația humusului cu adâncimea indică o tendință de acumulare în orizontul superior pentru cernoziomul castaniu, în profilul solurilor de stepă cu pădure care au suferit o degradare mai înaintată, conținutul de humus scade repede cu adâncimea. Pentru un stadiu intermediar de degradare (Fundulea), conținutul de humus descrește liniar în partea superioară a profilului, pentru a trece apoi la o descreștere lentă¹⁾.

Antrenarea humusului în adâncime este ea pasivă, adică ultramicronul de humus este antrenat ca un tot, sau sub acțiunea umidității suferă unele transformări esențiale? Raportul

¹⁾ În lucrarea sa asupra degradării cernoziomului, M. POPOVĂȚ (9, p. 47), remarcă de asemenea schimbarea aspectului curbei de distribuția humusului în profil, la degradare.

Cu ajutorul unor valori medii, deduce pentru solurile de stepă o distribuție lineară a humusului în profil, ceea ce după cum am văzut corespunde de fapt numai cernoziomului ciocolat și primelor stadii de degradare.

T A B E L A 2

Conținutul de humus și raportul C:N. Cernoziomuri degradate.
Kohlenstoff-, Stickstoffgehalt und C:N-Verhältnis. Degradierte
Tschernoziome.

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Carbon Kohlenstoff g pro 100	Humus C X 1,47 g pro 100	Azot Stickstoff	C:N N=1	Argila Ton < 0,001 mm		CO ₃ Ca
						g pro 100	g pro 100	
1. Fundulea (Ilfov).	0—20	3,48	5,99	0,288	14,16	31,8	—	—
	25—40	2,29	3,94	0,190	14,07	33,0	—	—
	60—70	1,16	1,92	0,110	11,85	37,1	—	—
	110—125	0,68	1,18	0,073	10,88	33,7	—	—
	150—170	0,59	1,02	0,066	9,04	31,5	—	—
2. Pădurea Corneanca (Drăgănești-Vlașca)	0—16	4,23	7,28	0,343	14,41	—	—	—
	16—32	2,29	3,93	0,169	15,8	—	—	—
	32—48	1,60	2,75	0,114	16,45	—	—	—
	50—70	1,25	2,15	0,089	16,4	—	—	—
	70—90	1,17	2,00	0,081	17,09	—	—	—
	90—110	1,10	1,88	0,080	16,07	—	—	—
3. Pădurea Vetreană - Grozea (Drăgănești-Vlașca).	110—130	0,84	1,44	0,068	14,84	—	—	—
	130—145	0,64	1,10	0,060	12,69	—	—	—
	150—170	0,63	1,07	0,058	12,74	—	—	—
	0—16	3,96	6,81	0,303	15,33	42,2	—	—
	16—34	2,14	3,69	0,134	18,8	47,0	—	—

C:N în orizontul superior al cernoziomului degradat este mai ridicat decât la cernoziomuri putând varia între 14—15. La cernoziomul degradat dela Fundulea acest raport scade în adâncime¹⁾; la cernoziomul dela Drăgănești mai puternic

¹⁾ Ne propunem să verificăm situația cernoziomului degradat dela Fundulea asupra altor profile proaspăt ridicate. Probele avute la dispoziție nu reprezintă destul de bine succesiunea orizonturilor.

degradat raportul C:N crește la început în adâncime putând atinge și depăși valoarea 19 pentru a scădea din nou spre baza profilului.

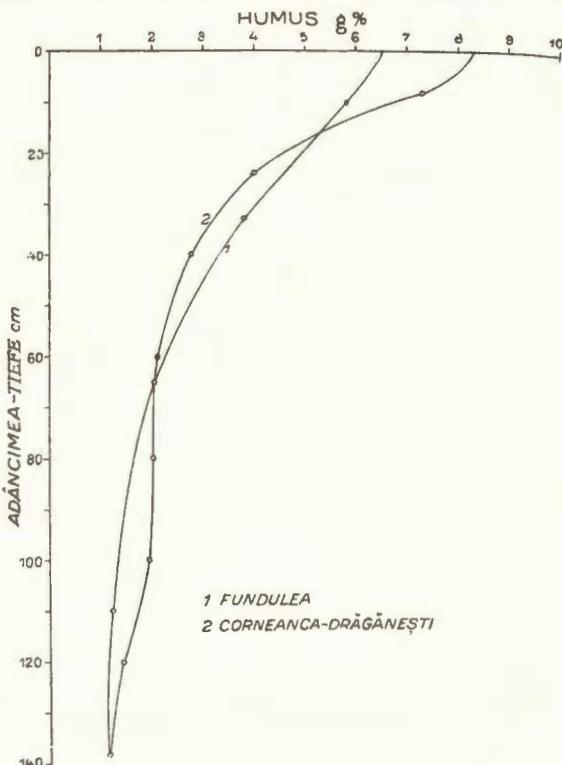


Fig. 2. — Repartiția humusului în profilul solului. Cernozomi degradate: 1, Degradare potrivită; 2, Degradare înaintată. (Humusverteilung in dem Bodenprofil. Degradierte Tschernosiome: 1, Mäßige Degradierung; 2, Fortgeschrittene Degradierung).

Faptele amintite pot fi interpretate admînandu-se o desfăcere a complexului organic; sub acțiunea umidității sunt liberați compuși cu azot cari în parte pot fi nitrificați și asimilați de plantele superioare, în parte sunt antrenați în adâncime

lăsând în urma lor un complex humic mai sărac în azot. Într-un stadiu mai înaintat al degradării acest complex mai sărac în azot este antrénat și el în adâncime; având particule mai grosolane este reținut în orizontul B al profilului de cernoziom, care prin compacitatea lui exercită o acțiune de sită.

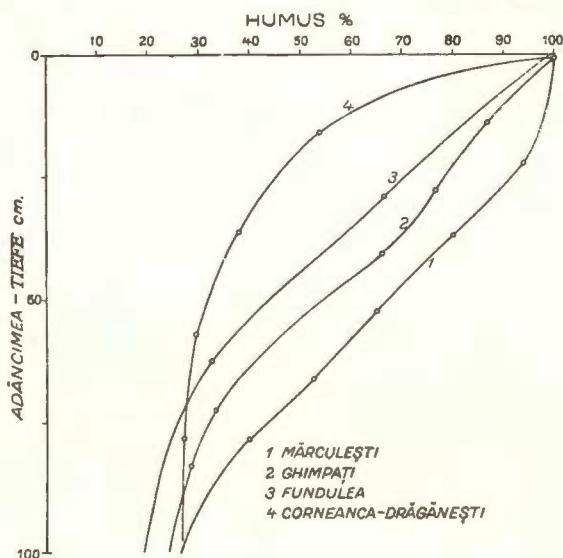


Fig. 3. — Distribuția humusului în profilele de cernoziomuri (valori relative; suprafața = 100). [Humusverteilung in Tschernoziomprofilen. (Relative Werte; die Oberfläche gleich 100 eingesetzt)]. 1, Kastanienfarbiger Tsch.; 2, Schokoladefarbiger Tsch.; 3, Mäßig degraderter Tsch.; 4, Degradierter Tsch.).

Pentru cernoziomul ciocolat dela Ghimpăți curba respectivă (fig. 1 și fig. 3) are o înfățișare apropiată aceleia obținute pentru cernoziomul degradat dela Fundulea. Profilele de cernoziom ciocolat recoltate din Basarabia arată regularități care indică un stadiu de evoluție al procesului genetic ce le așează alături de cernoziomul castaniu.

Aspectul curbei de distribuția humusului în profil situează cernoziomul ciocolat dela Ghimpăți ca prim stadiu al degradării humusului. După date nepublicate ale d-lui EM. PROTOPODESCU-PACHE (Tabela 1), valorile raportului C : N la același

profil sunt apropriate și ele de cele obținute pentru cernoziomul degradat. Determinările asupra complexului mineral nu arată o degradare manifestă; după d-l Prof. P. ENCULESU apar însă la baza orizontului cu humus pete feruginoase care constituie semnul morfologic al unui început de degradare. Se poate să afirăm că începutul degradării cernoziomului este reprezentat printr-o migrație fractionată a humusului în profil, urmare a levigării CO_3Ca din orizontul superior. Diferențierea unui orizont B de acumularea argilei, caracteristică

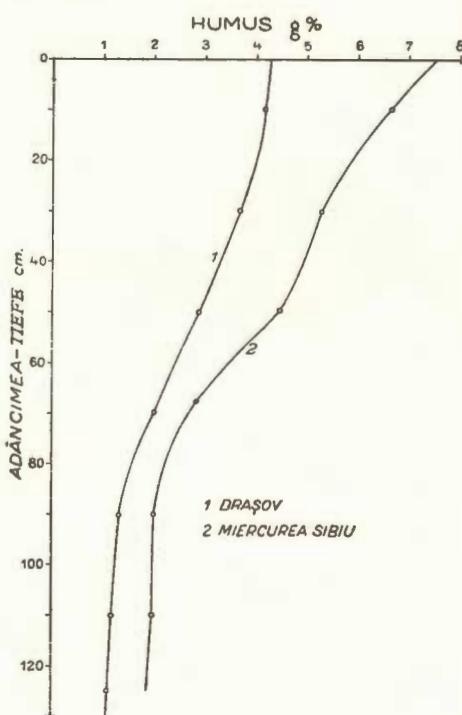


Fig. 4. — Repartitia humusului în profilele pseudo-rendzinelor degradate (vezi tabela 3, p. 15). (Humusverteilung in den Profillen der degradierten Pseudorendzina Böden).

morfologică a profilului cernoziomului degradat este următoare acestui stadiu. Aceste sugestii urmează să fie controlate prin examinarea unui număr mai mare de profile recoltate în zona de trecere dela cernoziomul ciocolat la cernoziomul degradat.

T A B E L A 3

*Conținutul de humus și raportul C:N. Pseudorendzine.*Kohlenstoff-, Stickstoffgehalt und C:N-Verhältnis. Pseudorendzinen
(schwarze Wiesenböden auf Mergel).

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Carbon Kohlenstoff g pro 100	Humus C X 1,47 g pro 100	Azot Stickstoff g pro 100	C:N N = 1	Argila Ton < 0,002 mm g pro 100	CO ₃ Ca	
							Argila Ton < 0,002 mm g pro 100	CO ₃ Ca
Miercurea-Sibiu 5671/2 Nr. 13	0—20	3,86	6,63	0,315	14,33	39,8	—	—
	20—40	3,06	5,26	0,240	14,90	44,7	—	—
	42—55	2,60	4,47	0,168	18,25	51,8	—	—
	55—70	1,69	2,90	0,110	17,93	55,1	—	—
	80—100	1,18	2,03	0,214	? 6,44	52,3	—	—
	100—120	1,24	2,13	0,081	17,92	51,1	—	—
	130—150	0,47	0,80	0,089	6,18	46,2	—	—
Miercurea-Sibiu- Drașov 5671/2 Nr. 12.	150—170	0,31	0,53	0,050	7,36	35,2	3,91	—
	0—20	2,40	4,13	0,202	13,91	49,2	—	—
	20—40	2,16	3,71	0,168	14,91	55,5	—	—
	40—60	1,70	2,91	0,116	17,21	55,9	—	—
	60—80	1,17	2,01	0,085	16,16	55,1	—	—
	80—100	0,78	1,34	0,066	13,72	53,5	—	—
	100—120	0,79	1,36	0,074	12,53	54,2	0,05	—
Tiur 5572/1 Nr. 8	120—130	0,68	1,17	0,063	12,89	50,7	6,43	—
	0—20	6,65	11,43	0,572	14,34	53,5	—	—
	20—40	4,10	7,04	0,338	13,81	56,9	—	—
	40—60	2,20	3,77	0,152	16,69	60,5	—	—
	60—80	1,83	3,14	0,129	15,91	60,0	13,5	—
Șoimuș.	90—100	1,27	2,19	0,096	16,32	52,5	9,54	—
	0—20	4,16	7,16	0,313	15,38	47,1	0,26	—
	20—40	2,95	5,08	0,189	18,29	56,6	0,16	—
	40—60	3,05	5,24	0,170	20,92	56,5	0,22	—
	60—80	1,62	2,79	0,103	18,38	52,5	10,56	—
	100—120	0,62	1,08	0,062	11,74	49,8	27,95	—
	0—20	2,09	3,61	0,186	13,19	49,9	—	—
Terasele Secașu- lui.	20—40	1,94	3,35	0,118	19,30	56,1	—	—
	40—60	1,82	3,14	0,103	20,78	55,6	—	—
	60—80	0,99	1,72	0,070	16,81	56,2	—	—
	80—100	0,88	1,51	0,085	12,11	53,2	—	—
	100—120	0,68	1,18	0,070	11,53	52,0	—	—
	120—140	0,41	0,73	0,060	8,27	51,4	—	—
Vingart-Ohaba 5571/4 Nr. 7	0—17	1,85	3,18	0,168	12,84	43,3	—	—
	17—35	1,96	3,36	0,168	13,61	52,6	—	—
	35—45	1,57	2,60	0,130	14,24	56,7	—	—
	50—70	1,00	1,72	0,090	13,22	55,1	—	—
	70—90	0,70	1,18	0,070	11,60	53,7	0,14	—
	95—110	0,52	0,89	0,061	10,15	48,4	9,36	—



**PSEUDORENDZINE IN DIFERITE STADII DE DEGRADARE
(SOLURI NEGRE DE FÂNEAȚĂ PE MARNĂ)**

Am cuprins sub acest nume soluri mai bogate în humus formate pe marnă, în condiții climatice corespunzătoare solurilor brune și podzolurilor secundare spre a le deosebi de rendzinele propriu zise formate pe calcare. Conținutul în humus al acestor soluri poate atinge și depăși 11%. Acest conținut în orizontul superior variază între limite foarte largi (4—12), variație datorită argilozității rocii, conținutului de CO_3Ca sau stadiului de degradare.

Distribuirea humusului în profil urmează regularități asemănătoare celor dela cernoziom. În primele stadii ale degradării, curba de distribuție (fig. 4, p. 14), seamănă cu cea obținută pentru cernoziomuri (Miercurea Sibiu-Drașov) pentru ca în stadiile mai înaintate să tindă spre forma celor obținute la cernoziomurile degradate (M. Sibiu). Raportul C:N în orizontul superior rămâne între limitele găsite pentru cernoziomurile degradate (14—15). Variația acestui raport în adâncime urmează aceeași regularitate ca la cernoziomurile degradate: Raportul C:N crește în orizontul B putând depăși valoarea 20, pentru ca apoi să descrească spre baza profilului. Se verifică astfel observația de mai sus și anume că la degradare are loc o fracționare a humusului în timpul migrării în profil.

SOLURI BRUN-ROȘCATE DE PĂDURE (SOLURI BRUNE MEDITERANEENE)

Sunt caracterizate prin conținutul slab de humus care în orizontul superior (0—20 cm) sub pătura de frunziș nu depășește în general 3,5%. Acest conținut scade repede cu adâncimea. Valoarea raportului C:N în orizontul superior variază între 12,5—14,0. În adâncime valoarea acestui raport, în general, scade.



T A B E L A 4

*Conținutul de humus și raportul C : N. Soluri brun-roșcate de pădure.*Kohlenstoff-, Stickstoffgehalt und C: N-Verhältnis. Rötliche Braunerden
(Mediterranische Braunerden)

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Carbon Kohlenstoff g pro 100	Humus C X 1,47 g pro 100	Azot Stickstoff g pro 100	C : N N = 1	Argila Ton < 0,001 g pro 100		CO ₃ Ca
						Argila Ton < 0,001 g pro 100	CO ₃ Ca	
1. Snagov	0—20	1,89	3,26	0,177	12,52	31,2	—	—
	20—40	1,07	1,87	0,098	12,90	33,0	—	—
	50—70	0,72	1,24	0,071	12,00	41,4	—	—
	70—90	0,60	1,04	0,062	11,35	41,1	—	—
	110—130	0,48	0,83	0,058	9,66	41,3	0,04	—
2. Băneasa'	150—170	0,34	0,69	0,051	7,88	40,1	0,07	—
	0—25	1,72	2,78	0,145	13,89	33,3	—	—
3. Sălcuța	0—15	1,86	3,15	0,147	14,5	39,4	—	—
	40—50	1,10	1,90	0,079	16,2	48,0	—	—
4. Rudari-D.Corr- late	0—15	1,58	2,71	0,135	13,6	30,7	—	—
	50—60	0,71	1,22	0,056	14,3	41,5	—	—
5. Snagov (Pod- zol, de depresiune)	0—13	2,56	4,40	0,230	13,07	27,2	—	—
	13—30	0,61	1,05	0,066	11,07	25,4	—	—
	30—53	0,51	0,88	0,054	11,42	31,8	—	—
	53—73	0,53	0,91	0,054	11,42	48,8	—	—
	73—93	0,49	0,84	0,040	14,58	53,1	—	—
	110—120	0,31	0,53	0,034	10,52	44,8	—	—
	190—210	0,39	0,67	0,045	10,27	39,6	—	—
	357—370	0,40	0,69	0,037	13,17	42,3	—	—

1—4, Mediteranische Braunerde; 5, Muldepodsol (Depressionspodsol).

PODZOLURI SECUNDARE ȘI SOLURI BRUNE (RAMANN)

Formele de degradare ale solurilor brune sunt podzolurile secundare (din depresiuni sau zonale). Că și la solurile brune conținutul în humus al acestor soluri este redus. Sub orizontul A₁ gros de 2—3 cm, aflat imediat sub frunziș con-



T A B E L A 5

Conținutul de humus și raportul C:N. Soluri brune de pădure și Podzoluri secundare.

Kohlenstoff-, Stickstoffgehalt und C: N-Verhältnis. Mitteleuropäische Braunerden (Rammann) und Sekundäre Podsolböden (graue Waldböden)

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Carbon Kohlenstoff g pro 100	Humus C X 1,47 g pro 100	Azot Stickstoff	C:N N=1	Argila Ton < 0,002 mm g%
1. Gelberberg	2—17	1,63	2,81	0,134	14,47	17,5
	40—60	0,34	0,58	0,044	8,26	36,7
	70—90	0,26	0,45	0,040	8,35	43,4
2. Pădurea Aluniș	0—15	0,94	1,61	0,075	14,71	28,0
	15—30	0,63	1,10	0,064	11,66	30,0
	50—70	0,23	0,40	0,040	6,92	43,2
3. Deasupra Arpașului	0—20	0,75	1,29	0,059	14,83	23,5
	20—40	0,42	0,73	0,055	9,05	28,1
4. Aakerbreite	0—15	1,49	2,56	0,115	15,30	17,8
	20—40	0,62	1,07	0,064	11,51	17,2
5. Jungkernberg	2—20	1,45	2,50	0,111	15,31	18,5
	20—30	0,42	0,73	0,043	11,76	22,0
	30—60	0,37	0,64	0,042	10,33	26,5
6. Deasupra Cerghidei	0—20	2,79	4,80	0,211	15,5	38,2
	20—40	1,05	1,80	0,094	13,0	41,3
	40—60	0,59	1,02	0,063	10,97	43,1
7. Biertan II	0—2	3,26	5,62	0,244	15,66	18,19
	2—15	1,14	1,97	0,089	14,9	17,46
8. Aluniș	0—15	2,33	4,01	0,172	15,78	22,3
	15—30	0,79	1,36	0,077	12,18	20,8
	30—40	0,52	0,89	0,032	19,72	22,9
9. Eichrücken	0—3	4,09	7,03	0,284	16,86	21,5
	3—20	1,27	2,19	0,084	17,98	19,1
	20—40	0,40	0,70	0,035	13,56	14,4



T A B E L A 5 (urmare)

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Carbon Kohlenstoff g pro 100 g pro 100	Humus C X 1,47 g pro 100	Azot Stickstoff g pro 100	C: N N=1	Argilă Ton $\leq 0,002$ mm R%
10. Biertan I	0—2	3,28	5,66	0,209	18,45	18,0
	2—12	1,27	2,19	0,112	13,29	17,5
	12—27	0,56	0,97	0,042	13,35	17,4
	27—42	0,29	0,51	0,027	13,29	23,0
	42—50	0,28	0,49	0,033	10,29	43,0
	50—65	0,28	0,51	0,035	10,31	57,5
	65—80	0,27	0,47	0,033	9,86	55,7
	80—95	0,21	0,38	0,029	8,99	49,0
	100—120	0,19	0,35	0,028	9,64	42,9
	120—140	0,19	0,35	0,029	8,41	43,8
	140—160	0,18	0,32	0,026	8,57	44,0
11. Gelbelberg-Jung-kernberg	2—17	1,25	2,15	0,074	20,01	18,8
	17—42	0,44	0,76	0,040	13,62	19,4
	42—57	0,24	0,41	0,035	8,25	34,3
12. Dealul Rusului	0—15	4,36	7,50	0,372	13,76	33,8
	15—30	2,50	4,30	0,273	10,73	40,5
	50—80	0,61	1,05	0,072	9,40	40,4
13. Rusu	3—20	1,31	2,26	0,154	10,03	33,9
	30—50	0,36	0,62	0,053	8,33	52,3
14. Hula-Vâlcăndorf	0—15	1,31	2,26	0,133	11,63	21,0
	15—30	0,34	0,58	0,051	8,02	22,0
15. Dealul Rusului	0—20	2,12	3,64	0,203	12,27	38,3
	20—40	0,53	0,92	0,092	6,84	41,2
	50—70	0,29	0,50	0,061	5,60	48,4
16. Sub Kulterberg	0—25	1,88	3,24	0,176	12,48	27,0
	40—60	0,45	0,78	0,071	7,58	35,5

1—12, Sekundäre Podsolböden unter Eichenwald; 13—16, Podsolige Braunerden unter Buchenwald.

ținutul de humus scade sub 3% și această descreștere se continuă spre baza profilului.

Raportul C:N atinge valori ridicate în A₀. Humusul din orizontul A₀ nu a fost analizat decât la 3 profile (Biertan 1, 2 și Eichrücken).

Valorile obținute pentru raportul C:N diferă delă un profil la altul 15,6—18,5; acest fapt este datorit atât inomogenității materialului supus humificării cât și gradului deosebit de humificare. În celelalte profile s'a dat la o parte cu grijă materialul organic neîncorporat masei solului recoltându-se numai apoi probele. Pentru acest humus încorporat masei solului raportul C:N pentru solurile brune slab podzolite acoperite cu pădure de fag și carpen este mai mic (10—12,5) decât pentru podzolurile din aceeași regiune acoperite cu pădure de stejar și carpen (13,3—15,5).

Este de remarcat la solurile brune podzolice din

Fig. 5.—Repartiția humusului în profilul solului. Solul brun roșcat de pădure (Snagov). [Humusverteilung in dem Bodenprofil. Rötliche (mediterrane) Braunerde, Snagov].

regiunea studiată (Podișul Târnavelor) că descompunerea frunzelor se face foarte repede astfel încât solul nu este acoperit decât de frunze căzute în toamna precedentă, descompuse în cea mai mare parte. Podzolurile din aceeași regiune suportă păduri de stejar; solul în general este acoperit cu o pătură de detritus organic având o structură șistoasă, care atinge pe alocarea

2—3 cm. Natura materialelor și intensitatea cu care are loc humificarea pot determina diferențele amintite în ceea ce privește raportul C:N.

Valoarea raportului C:N se micșorează în adâncime. Această regularitate diferențiază solurile brune și podzolurile secundare de solurile stepei cu pădure; sunt antrenate în adâncime produsele unei transformări mai intensive a substanței organice.

SOLURI ALPINE

In regiunea alpină se găsește o gamă întreagă de soluri. Astfel sub păsunile alpine pe coastele însoțite se găsesc soluri brune alpine cu orizontul B nediferențiat, în timp ce pe platouri sub vegetația lemnosă (*P. Pumilio*, *Rhododendron*, *Azalea procumbens*, etc.), se găsesc podzoli primare cu orizontul B de acumulare în humus sau humus și fier. Intre cele 2 tipuri există o gamă continuă de tranziții. Caracteristic pentru solurile alpine este bogăția profilului în substanțe humice; în orizontul superior (A_0) poate ajunge și chiar depăși 20%. Distribuția humusului în profil este caracteristică pentru fiecare din stadiile amintite (fig. 7, p. 22). La solurile brune alpine se constată o acumulare

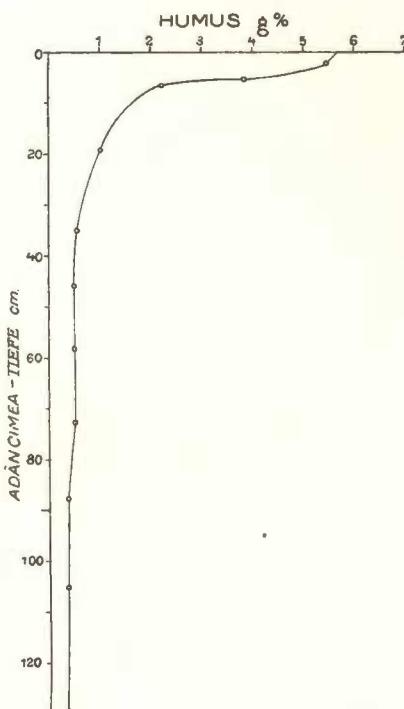


Fig. 6. — Repartiția humusului în profilul podzolului secundar (Biertan 1). (Humusverteilung in dem Profil des sekundären Podsol (Biertan 1).

a humusului în partea superioară a profilului; conținutul de humus scade apoi cu adâncimea. Curba de descreștere seamănă cu cea obținută pentru solurile de stepă cu pădure. La podzolurile alpine (Humus-podsol), după un orizont super-

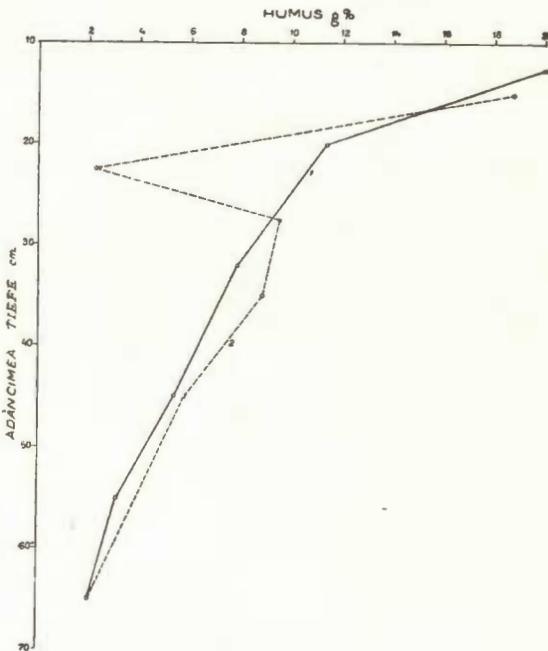


Fig. 7. — Distribuția humusului în profilele solurilor alpine din Bucegi (vezi Tabela 6): 1, *Sol brun alpin* (sub *Piatra-Arsă — Curmătura Peleș*) ; 2, *Podzol alpin* sub *Azalea procumbens* (*Furnica*). [Humusverteilung in den Profilen der alpinen Böden: 1, Alpine Braunerde (*Piatra Arsă-Curmătura Peleș*); 2, Alpines Humuspodsol (unter *Azalea procumbens-Furnica*)].

ficial A₁ foarte bogat în humus urmează orizontul A₂ relativ sărac, pentru că la trecerea în orizontul de acumulare B conținutul de humus să crească brusc, pentru a descrește din nou spre partea inferioară a profilului. Între cele două extreme se poate găsi o serie întreagă de tranzitii.

T A B E L A 6

Conținutul de humus și raportul C:N. Soluri alpine.

Humus-, Stickstoffgehalt und C:N-Verhältnis. Alpine Böden.

Profil	Adâncimea Tiefe cm	Carbon Kohlenstoff g pro 100 Humus $C \times 1,47$ g pro 100	Azot Stickstoff	C:N N=1	Argila Ton $< 0,002 \text{ mm}$ g %
1. Caraiman-Coștile	0—20	16,55	28,5	0,905	21,45
	20—30	1,25	2,15	0,101	14,43
	30—40	0,49	0,85	0,053	10,65
	50—60	0,39	0,67	0,045	11,37
2. Furnica sub <i>Azalea procumbens</i>	0—10	10,97	18,7	0,83	15,45
	10—15	1,28	2,21	0,112	14,85
	15—20	5,54	9,51	0,35	18,47
	20—30	5,18	8,94	0,223	27,12
	30—40	3,33	5,72	0,107	35,6
3. Furnica spre Vârful Dorului	50—60	1,11	1,91	0,046	28,1
	0—5	3,20	5,50	0,271	13,75
	5—20	2,42	4,18	0,205	13,8
	20—26	5,95	10,25	0,342	20,43
	26—36	3,67	6,33	0,208	20,63
4. Sub Piatra-Arsa (Şeaua Peleş)	35—45	2,37	4,07	0,136	21,39
	50—60	1,16	2,00	0,061	21,67
	0—7	12,93	22,3	1,17	12,91
	7—17	6,32	10,90	0,587	12,52
	17—27	3,73	6,45	0,287	15,12
5. Sub Piatra Arsă- (Curmătura Peleş)	27—37	2,45	4,23	0,180	15,97
	37—47	1,04	1,81	0,092	13,25
	47—57	0,67	1,15	0,062	12,6
	0—5	11,57	20,0	0,865	15,59
	5—15	6,52	11,2	0,44	17,3

1. Humussilikatboden (unter *Carex curvula*); 2, Alpines Humus-Podsol (*Azalea procumbens*); 3, Alpines Humus-Podsol; 4, Alpine Braunerde (Nardetumwiese); 5, Alpine Braunerde (Nardetumwiese).



Raportul C:N este variabil în orizontul superior al profilului (13—15,5), (am exclus orizontul A₀, considerând numai humusul complet transformat, încorporat solului). Ca regulă generală acest raport crește în orizontul B de acumulare putând ajunge și chiar depăși valoarea 20, pentru a scade din nou la trecerea spre C.

AZOTUL ȘI CARBONUL NEHIDROLIZABIL

In cele ce preced s'a remarcăt la degradarea cernoziomului o creștere a raportului C:N, în orizontul superior al solului; valoarea raportului C:N crește în josul profilului la trecerea spre orizontul B, pentru a scade apoi spre baza profilului.

Această regularitate se poate explica admitând o hidroliză parțială a complexului humic, urmare a creșterii umidității și a spălării excesului de CO_3Ca care asigură stabilitatea ultramicronului de humus în profilele solurilor de stepă. Această hidroliză determină desfacerea ultramicronului de humus în compuși mai bogăți în azot care fiind ușor dispersabili vor fi antrenați în josul profilului sau spălați chiar afară din profil în timp ce restul ultramicronului mai sărac în azot este antrenat cel mult până în orizontul B¹⁾.

Humusul din orizontul B al cernoziomurilor degradațe sau pseudorendzinelor degradațe ar trebui așa dar să arate o îmbo-gătire în azot nehidrolizabil, față cu orizontul superior al acelorași profile. Pentru verificarea acestei concluzii am recurs la

¹⁾ Solubilitatea relativă în apă a compușilor cu azot este minimă pentru cernoziomuri (4—6% din azotul total) pentru a crește la solurile cenușii de semipustie (serosemuri: 9—15%) ca și la solurile de climat mai umed (stepă cu pădure: 12—14%; podzoluri: 17—29% din azotul total). Această solubilitate poate fi determinată de bogăția humusului în azot. Un rol deosebit de important îl joacă însă felul și concentrația cationilor aflați în complexul adsorptiv. Solubilitatea relativă cea mai mare se observă tocmai la solurile în al căror complex adsorptiv au pătruns cationii monovalenți (H, Na, K, NH_4), susceptibili de a împrumuta substanței organice o oarecare mobilitate (N. P. REMEZOW, 12).

determinarea fracțunii de azot și carbon care nu hidrolizează în anumite condiții de tratament, riguros aceleasi pentru diferitele tipuri de sol.

Procedeul utilizat pentru determinarea carbonului și azotului nehidrolizabil din sol este în linii generale următorul :

Se adaugă 30 cmc acid sufluric 72% la 5—10 gr sol (după cât e de bogat solul în humus) și se lasă să stea astfel timp de 16 ore, agitând din când în când; se diluiază apoi spre a avea o concentrație de acid de 6%, se fierbe timp de 2 ½ ore (într'un balon la care e adaptat un refrigerent ascendent). Se filtrează după răcire printr'un ultra-filtru de membrană; se spală mai întâi prin decantare și apoi pe filtru de 4 ori cu apă distilată. Se trece apoi pământul de pe membrană în pahare, se evaporă și se usu că. În acest pământ se determină C sau N rezidual prin metodele cunoscute.

Am exprimat atât azotul cât și carbonul nehidrolizabil în procente ale carbonului, respectiv azotului total (tabela 7, p. 28—30). Conținutul procentual de azot nehidrolizabil a fost apoi comparat cu raportul C:N al solurilor respective (fig. 8, p. 26). Din considerarea tabelei 7 și diagramei din fig. 8, se poate vedea :

1. Pentru cernoziomuri, procentul de azot nehidrolizabil variază între 50—60%; nu există niciun fel de corelație cu valorile raportului C:N; diferitele valori se grupează în jurul aceleiași valori medii (52,8% pentru C:N = 13,1), arătând abateri cu totul întâmplătoare.

2. Pentru orizontul superior al cernoziomului degradat sau pseudorendzinei degradate (cu excepția cernoziomului degradat dela Fundulea) procentul de azot nehidrolizabil rămâne cuprins între 50—60%; acest procent în orizontul B, crește cu valorile raportului C:N (total) după o funcție lineară. Deși pe diagram sunt reprezentate valori obținute pentru profile foarte diferite ca rocă mamă, climă, etc., ele sunt puțin dispersate față de linia dreaptă. În orizontul B/C procentul de azot nehidrolizabil se menține apoi ridicat deși valorile raportului C:N (total) tind să scadă (vezi diagrama fig. 8, p. 26).

3. Pentru solurile brune de pădure (Braunerde mediteranean) procentul din azotul total care este nehidrolizabil rămâne

între 50—60%; în adâncime crește, în timp ce raportul C:N scade. La podzolurile secundare procentul nehidrolizabil rămâne sub 35% (total), cu o tendință de creștere în josul profilului.

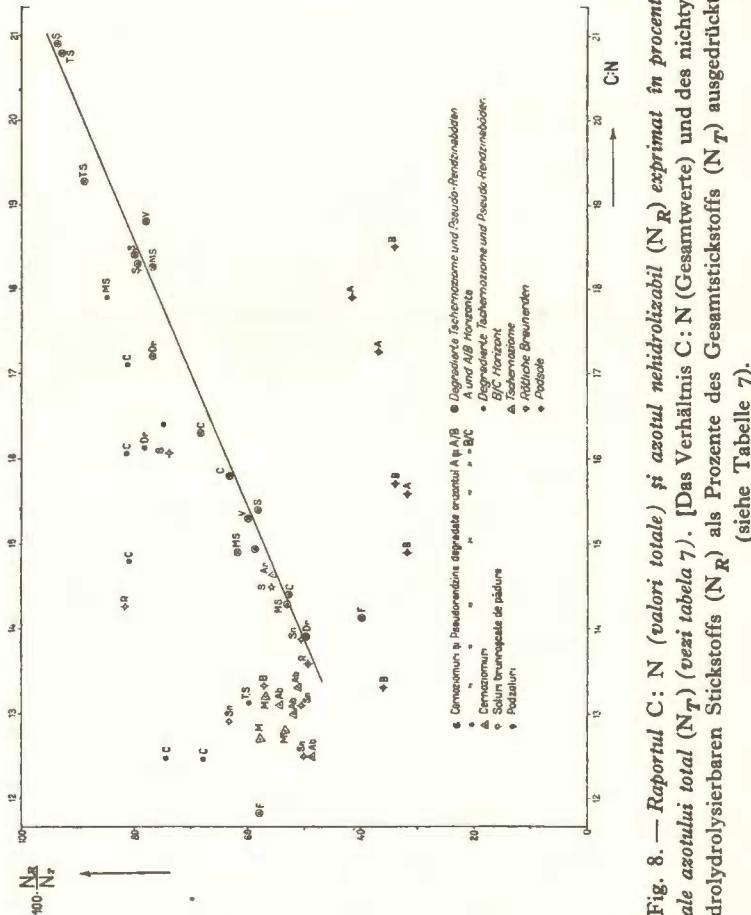


Fig. 8. — Raportul C:N (valori totale) și azotul nehidrolizabil (N_R) exprimat în procente ale azotului total (N_T) (vezi tabela 7). [Das Verhältnis C:N (Gesamtwerte) und des nicht-dydrolysierten Stickstoffs (N_R) als Prozente des Gesamtstickstoffs (N_T) ausgedrückt] (siehe Tabelle 7).

Aceeași metodă de hidroliză aplicată de TYURIN la o serie de cernoziomuri, soluri brune și podzoluri conduce la concluzii similare :

	Hidrolizabil în pro-		Raport C:N	
	C	N	Sol orig.	Rezidiu
Cernoziom	71,9	59,4	14,0	16,9
Sol brun	65,2	48,6	16,7	22,4
Podzol sub turbă	67,9	38,9	21,6	37,6

(J. S. JOFFE, p. 194).

Așa dar în cernoziom aproape 60% din azot este nehidrolizabil, în timp ce la podzol azotul nehidrolizabil nu depășește 40% din azotul total. Raportul C:N în rezidiul nehidrolizabil la cernoziom diferă puțin față cu solul original în comparație cu podzolul (tabela 7, p. 28—30). Azotul în cernoziom apare așa dar mai puțin mobil.

4. În ceea ce privește conținutul procentual al humusului în carbon nehidrolizabil (carbon din humuslignină) se observă din datele tabelei că nu există vreo regularitate semnificativă în afară de faptul că la solurile de pădure, în special la podzoluri, valorile obținute (43—53) sunt în general mai mici decât la cernoziomuri sau cernoziomuri degradate (60—75).

5. Raportul dintre C și N în fracțiunea nehidrolizabilă este mai scăzut în orizontul superior al cernoziomului față cu cernoziomurile degradate și crește ușor în adâncime; la cernoziomurile degradate acest raport scade sistematic în adâncime.

Rezultă din cele ce preced că în orizontul superior al cernoziomului degradat are loc o îmbogățire relativă a humusului în carbon nehidrolizabil (raportul C:N în fracțiunea nehidrolizabilă crește), în timp ce în orizonturile inferioare apare o îmbogățire relativă în azot nehidrolizabil.

Se verifică așa dar concluzia ipotezei enunțate. *La cernoziomuri alcătuirea humusului dela un profil la altul și în diferențele orizonturi ale același profil variază foarte puțin. Degradarea cernoziomului ca și a pseudorendzinelor are de urmare o hidroliză parțială a humusului cu antrenarea în adâncime a produselor acestei hidrolize.*

TABELA 7

Carbonul și azotul hidrolizabil din humus
Hidrolisierbarkeit des Humus-, Kohlenstoffs und Stickstoffs

P r o f i l	Adâncimea Tiefe	C a r b o n Kohlenstoff			A z o t Stickstoff			[C : N] _T	[C : N] _R
		C _T	C _R	C _R 100 C _T	N _T	N _R	N _R 100 N _T		
1. Cernoziomuri:									
a) Mărculești (M).	0—20	2,26	1,524	69,25	0,209	0,118	58,16	14,71	14,72
	20—35	2,12	1,408	68,32	0,195	0,101	53,49	16,28	12,78
	35—45	1,79	1,242	71,39	0,164	0,091	56,99	13,23	13,23
b) Arciz (Ar)	0—15	2,43	1,761	75,57	0,212	0,168	82,31	13,35	12,43
	15—30	2,71	1,828	79,57	0,216	0,114	55,58	14,65	14,65
c) Abacia (Ab)	0—15	3,38	2,080	65,03	0,302	0,156	24,56	13,08	16,69
	15—30	3,37	1,950	61,32	0,292	0,140	50,79	13,29	10,41
d) Taraclia (T)	0—15	2,55	1,493	61,16	0,240	0,113	49,26	12,47	15,45
	15—30	2,15	1,198	58,13	0,196	0,098	52,17	13,01	14,46
2. Cernoziomuri degradate:									
a) Fundulea (F)	0—20	3,48	1,941	57,98	0,288	0,112	40,33	14,16	20,07
	25—40	2,29	1,571	65,96	0,100	0,107	58,65	14,07	17,04
	60—70	1,6	0,828	74,33	0,110	0,061	57,89	11,85	15,76
	110—120	0,68	0,444	67,90	0,073	0,046	65,28	10,88	11,53
	150—170	0,59	0,339	59,44	0,066	0,041	64,73	9,04	9,72
b) Vetreia-Grozea Drăgănești (V)	0—16	3,96	2,481	66,38	0,30	0,157	54,97	15,33	18,46
	16—34	2,14	1,301	64,70	0,13	0,095	75,29	18,80	18,80



c) Pădurea Corneanca (C)	0—16	4,23	2,820	69,62	0,343	0,173	52,89	19,04
	16—32	2,29	1,636	75,00	0,169	0,103	63,57	18,65
	32—48	1,60	0,938	61,63	0,114	0,074	68,59	14,87
	50—70	1,25	0,835	70,68	0,089	0,064	72,20	16,40
	70—90	1,17	0,742	66,92	0,081	0,063	82,51	17,99
	90—110	1,10	0,724	69,52	0,080	0,064	81,57	14,04
	110—130	0,84	0,532	67,56	0,068	0,051	80,80	13,22
	130—145	0,64	0,410	67,03	0,060	0,042	74,60	13,69
	150—170	0,63	0,388	65,01	0,058	0,037	67,75	11,76
								12,50
<i>3. Pseudorendzine degradate:</i>								
Terasele Secașului (TS)								
a) Miercurea-Sibiu Drașov (Dr.)								
5671/2 Nr. 12								
b) Miercurea-Sibiu (MS)								
Nr. 13								
c) Șoimuș din fâneață (S)								

¹, Steppenböden (Tschernozome): *a)* Kastanienfarb. Tsch.; *b)* Schokoladefarb. Tsch.; *c)* Dunkelgefärbter Tsch. auf Mergel; *d)* Kastanienfarb. Tsch.; *2*, Waldsteppenböden (Degradierte Tschernoziomböden); *3*, Schwarze Wiesenböden (Degradierte Rendzinaböden).



TABELA 7 (continuare-Fortsetzung)

Profil	Adâncimea Tiefe	Carbon Kohlenstoff			Azot Stickstoff			[C : N] _T
		C _T	C _R	C _R /C _T 100	N _T	N _R	N _R /N _T 100	
4. Soluri brune de pădure :								
a) Băneasa (B)	0—25	1,72	0,909	54,56	0,145	0,070	49,85	13,89
b) Snagov brun-roșcat (Sn)	0—20	1,89	1,022	56,15	0,177	0,084	49,64	12,52
	20—40	1,07	0,652	63,75	0,098	0,059	63,56	12,90
c) Snagov podzol	0—13	2,56	1,949	42,06	0,230	0,113	59,60	13,07
	13—30	0,61	0,425	71,16	0,066	0,043	67,60	11,07
d) Sălcuța (S)	0—10	1,86	1,120	64,15	0,147	0,078	56,01	14,50
	40—50	1,10	0,541	52,35	0,079	0,055	74,63	16,20
e) Rudari-D. Corlate (R)	0—15	1,58	0,967	63,24	0,136	0,064	49,48	13,60
	50—60	0,71	0,401	59,06	0,056	0,044	82,35	14,30
								10,65
5. Podzoluri secundare :								
a) Biertan I (B)	0—2	3,28	1,593	49,61	0,209	0,061	34,02	18,45
	2—12	1,27	0,639	51,16	0,112	0,040	36,10	13,29
	12—27	0,56	0,277	49,64	0,042	0,028	56,87	13,35
b) Biertan II (B)	0—2	3,26	1,705	53,03	0,244	0,082	34,32	15,69
	2—15	1,14	0,561	49,53	0,089	0,028	32,12	14,90
6. Soluri alpine :								
Sub Nardetum (A)	0—5	11,57	4,769	43,91	0,865	0,260	31,94	15,59
	5—15	6,52	2,754	44,34	0,440	0,155	36,88	17,30
	15—30	4,59	1,082	24,86	0,250	0,089	37,29	17,85
Piatra-Arsă Curnătura-Pelez	30—40	3,12	—	—	0,178	—	—	20,47

4. Mediterranische Braunerde (Eichenwälder); 5. Sekundäre Podsolböden (Laubwälder mit Buchen und Eichen);
 6. Alpine Böden.



In primele stadii ale degradării, procentul de azot hidrolizabil poate să apară crescut față cu cel nehidrolizabil. Astfel, la cernoziomul degradat dela Fundulea 60% din azotul total este hidrolizabil, în timp ce la cernoziomuri mai puternic degradate (Vetrea-Drăgănești și Corneanca-Drăgănești), acest procent scade la 45,6% și la pseudorendzinele puternic degradate (C:N sensibil crescut), chiar la 42%.

La solurile de pădure, în stadiile de podzolire mai înaintată, se constată scăderea procentului de azot nehidrolizabil până sub 35%. În adâncime acest procent crește, în timp ce raportul C:N (total) scade. După cum am amintit la solurile de pădure există o tendință de descompunere rapidă a humusului chiar în orizontul superior; în profil migrează produse de descompunere mai înaintată, în opoziție cu cernoziomurile degradate la cari se observă tendința de acumulare a humusului în orizontul superior și de migrare a humusului în profil ca sol coloid. Aceste deosebiri în felul cum se urmează procesul de humificare și distribuția humusului în diferitele orizonturi ale solului, determină de sigur regularitățile amintite între raportul C:N și procentul de azot nehidrolizabil. *Ori de câte ori humusul a suferit un proces de hidroliză urmată de levigare, în produsul rezidual procentul de azot nehidrolizabil crește; raportul C:N apare și el crescut. Acolo unde humusul apare ca un produs în continuă înnoire, procentul de azot hidrolizabil este mai ridicat¹⁾.*

Alături de aceste considerente pur biochimice natura materialului supus transformării și felul micro-organismelor care activează în sol pot juca de asemenea un rol important.

¹⁾ După N. P. REMEZOW (12), ca 7—42% din azotul total nu este hidrolizabil. Aceste valori nu au nicio legătură cu tipul de sol, ceea ce s-ar explica prin faptul că azotul nehidrolizabil nu ar fi în legătură cu tipul actual de sol ci cu preistoria tipului respectiv. Cercetările noastre conduc la concluzia că procentul de azot nehidrolizabil este determinat de felul procesului genetic care hotărăște soarta humusului în sol.

CONCLUZII

Ar fi de sigur interesant de comparat datele obținute de noi cu cele aflate în literatura științifică privind alte regiuni acoperite cu soluri similare. Am renunțat la această comparație instructivă pentru motivul că metodele întrebuițăte de diferiți cercetători pentru determinarea azotului și mai ales a carbonului fiind diferite (adesea nici măcar indicate) rezultatele obținute nu sunt comparabile decât cel mult între ele. Astfel N. P. REMEZOW (10) la materialul analitic din diferite regiuni ale U.R.S.S. găsește valori ale raportului C:N mult mai mici decât cele obținute de noi. Pentru cernoziomurile din Ucraina dă valoarea medie 7,6, iar pentru cele din întreaga parte europeană a U.R.S.S. 14,4. Cu metoda întrebuițătă de noi nu am găsit pentru orizonturile superioare ale cernoziomului valori sub 12, chiar pentru profilele provenind din Basarabia, învecinată Ucrainei. De asemenea lipsesc în literatură date precise asupra tipului de sol, vegetației și condițiilor generale climatice.

Ne vom mărgini deci numai la câteva concluzii de ordin general rezultate din compararea datelor obținute de noi:

1. *Nu există o corelație strânsă a raportului C:N cu condițiile generale climatice ale diferitelor tipuri de sol*¹⁾. La tipuri de sol aflate sub condiții climatice foarte diferite, valorile raportului C:N se suprapun. Considerând numai orizontul superior:

¹⁾ Influența climei asupra raportului C:N după cum am amintit (p. 6), nu poate fi urmărită decât în stepa acoperită cu o vegetație ierboasă, relativ uniformă. H. JENNY (7) găsește (vezi p. 4) pentru același regim de umiditate, la o variație a temperaturii medii anuale de 19° o diferență de numai 4 unități la raportul C:N. În stepa românească la indici de ariditate cuprindî între 18—24, temperatura medie anuală variază numai dela 10°—12°C; în raport cu datele lui H. JENNY (7) variația climatică a raportului C:N înlăuntrul stepei propriu zise nu este perceptibilă analitică. Numai procesul genetic al degradării determină în mod apreciabil ridicarea raportului C:N.

Cernoziomuri	12,5—13,3
Cernoziomuri degradate	14 —15
Pseudorendzine	14 —15
Soluri brune de pădure	12,5—14
Podzol secundar	10 —15,5
Soluri alpine	13 —15,5

2. Se verifică observația lui J. S. HOSKING (6) dedusă pe baza unui material statistic mai bogat decât al nostru: *Regiunile acoperite cu vegetație ierboasă arată o succesiune de valori ale raportului C:N mai apropiate între ele (12,5—13,3 stepă; 14—15 stepă cu pădure și pseudorendzinele degradate acoperite cu fâneștă) decât cele acoperite cu vegetație forestieră (10—15,5, cu excluderea orizontului A₀, sau chiar 10—20 considerând și acest orizont).*

3. *Variatia raportului C:N în diferitele orizonturi ale unui anumit profil aparține la trei tipuri distincte:*

a) La cernoziomuri, humusul acumulat în orizontul superior este transportat în adâncime mai mult prin acțiuni mecanice: raportul C:N în orizonturile superioare bogate în humus rămâne aproape constant micșorându-se apoi spre baza profilului;

b) La solurile forestiere cu o descompunere a substanțelor organice foarte activă se acumulează puțin humus în orizontul superior al solului; în adâncime sunt transportate prin apă mai mult produsele acestei descompunerii înaintate; raportul C:N tinde spre o oarecare constanță în orizontul A și apoi descrește în adâncime;

c) Degradarea cernoziomului ca și a pseudorendzinelor determină antrenarea humusului spre adâncime: raportul C:N crește în orizontul B spre a scădea apoi. Această creștere a raportului C:N merge paralel cu mărirea procentului de azot nehidrolizabil;

Aceeași regularitate (creșterea raportului C:N în orizontul B) se observă și la podzolurile primare din regiunea alpină, caracterizate printre o puternică migrare activă a humusului.



Am renunțat pentru moment la determinarea azotului hidrolizabil în podzolurile alpine, cu ajutorul metodei astfel cum a fost descrisă la p. 25. La podzoluri, cu deosebire în orizontul B, substanța organică este într'un grad de disperziune aşa de înaintat încât la spălarea cu apă următoare trătării cu acid, aproape 2/3 din lignină sunt antrenate în apa de spălare (S. WAKSMAN, 17). În orizontul B al podzolurilor alpine, A. SCHMUZIGER (15) nu poate recupera sub forma diferențierelor fracțiuni decât 55% din carbonul total la un podzol cu fier (Eisenpodzol) și 66% la un podzol cu humus (Humuspodsol). În asemenea condiții determinarea azotului nehidrolizabil rămas împreună cu carbonul nehidrolizabil în humus-lignină devine cu totul nesigură.

Necunoaștere acestei comportări poate conduce la concluzii eronate: După A. SCHMUZIGER migrarea fracționată a humusului la podzolurile alpine se face astfel încât complexul humus-lignină suferă o acumulare relativă în orizontul superior (C-humus-lignină 63—70%); în orizontul B_1 humusul apare mult mai sărac în complex humus-lignină (27—40%). Valorile mici obținute de A. SCHMUZIGER (15) pentru orizontul B, al podzolurilor alpine sunt datorite cauzei amintite (parte din lignina fin dispersată este antrenată cu apă de spălare). Este de admis că, cel puțin calitativ, fracționarea humusului în timpul migrației ca sol coloid în profilul podzolului alpir, urmează aceeași regularitate ca la degradarea cernoziomului. Asupra acestei chestiuni sperăm să revenim cu date analitice noi.

Nu am încercat stabilirea unei corelații între raportul C : N și datele privitoare la puterea de nitrificare a solului, sau rezerva de azot asimilabil. Raportul C : N fără considerarea fracțiunilor (celuloze, hemiceluloze, lignine, proteine, etc.), care intră în alcătuirea humusului nu poate fi suficient pentru judecarea valorii bio-energetice a humusului. La aceeași valoare a rap. C : N, raportul dintre celuloze și hemiceluloze de o parte și lignină de alta poate fi diferit și acest fapt joacă de sigur un rol important. Pentru ilustrare amintim că conținutul procentual al humusului în carbon nehidrolizabil (humuslig-



nină) la cernoziom depășește 60% în timp ce la podzoluri scade, în general, sub 50%. Ori este știut că bacteriile descompun cu precădere celulozele și hemicelulozele, lăsând aproape neftransformată lignina.

Aceleași observații trebuie să fie privite la diferitele forme sub care azotul se poate găsi în humus. De o parte compuși greu hidrolizabili, de altă parte compuși ușor hidrolizabili (amide, imide, aminoacizi) care au valoare diferită în nutriția plantei.

Pentru judecarea valorii bioenergetice este astăzi de dorit o completare a acestui studiu cu determinarea fracțiunilor constituente ale humusului, pe tipuri genetice.

HUMUS UND C: N-VERHÄLTNIS IN DEN PROFILEN DER ZONALEN BODENTYPEN RUMÄNIENS

EIGENE ERGEBNISSE

Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist, analytisches Material zu erlangen, um die Merkmale des Humus der Hauptbodentypen Rumäniens festzustellen.

Da im allgemeinen das Verhältnis C:N als ein Charakteristikum für die verschiedenen Humusarten bezeichnet wird, so haben wir mit dem Studium dieses Verhältnisses begonnen.

Für die Bestimmung des Kohlenstoffes wendeten wir die nasse Verbrennung mit einem Gemisch von konzentrierter Schwefelsäure und Chromsäure mit Quecksilbersulfat als Katalysator an. Der Stickstoff wurde mit Hilfe des klassischen Kjeldhal-Verfahrens bestimmt. (Für die Aufschliessung nahmen wir Kaliumsulfat und konz. Schwefelsäure, unter Zugabe von Quecksilber).

STEPHEN- UND WALDSTEPPENBÖDEN (TSCHERNOZIOME)

Bei den von uns untersuchten Profilen schwankt der Humusgehalt des oberen Horizontes (0—20 cm) bei den verschiedenen Untertypen des Tschernozioms in einer sehr unregelmässigen Weise.

Im allgemeinen bringt die Zunahme der Feuchtigkeit in der Steppen- und Waldsteppen-Zone eine Erhöhung des Humusgehaltes mit sich, wenn das Muttergestein (z. b. Löss) dasselbe bleibt. Bei gleichbleibender Feuchtigkeit nimmt der



Humusgehalt mit der Zunahme des Muttergestein an Ton zu. Auch zufällige lokale Einflüsse können die klimatisch bedingte Regelmässigkeit ziemlich stark beeinträchtigen.

Die untersuchten kastanienfarbigen Tschernozime zeigen einen Humusgehalt von 3,9—4,4%, die schokoladefarbigen Tschernozime 4,4—5,5%, während die auf Mergel gebildeten Tschernozime einen Humusgehalt von 5,8% erreichen und sogar überschreiten. Bei den degradierten Tschernozimen der Waldsteppe schwankt der Humusgehalt zwischen 5—8%.

Die Zunahme der Feuchtigkeit verursacht die Auswaschung des CO_3Ca aus den oberen Horizonten des Profils, die von einem Verdrängen des Calciums durch Wasserstoff in dem adsorbierenden Bodenkomplex gefolgt wird. Ein Teil des Humus wird auf solche Weise leicht dispergierbar und durch das Sickerwasser in die Tiefe fortgeführt. Die Dispergierbarkeit und die nachfolgende Wanderung in die Tiefe werden umso intensiver, je grösser die Feuchtigkeit wird. Die Abb. 3 (S. 13) gibt ein Bild dieses Prozesses. Die Kurven stellen die Abnahme des Humusgehaltes in der Tiefe als Prozente des Humusgehaltes im oberen Horizont dar. Das Aussehen der dem kastanienfarbigen Tschernoziom entsprechenden Kurve zeigt deutlich die Tendenz einer Humusanreicherung in dem A-Horizont des Profils. Dagegen zeigt die Kurve bei den Waldsteppenböden, die eine fortgeschrittene Degradierung erlitten haben, eine sehr rasche Abnahme des Humusgehaltes mit der Tiefe. Bei den Übergangsstadien (Tschernoziom von Ghimpăti, degraderter Tschernoziom von Fundulea) nimmt der Humusgehalt im oberen Teil des Profils mit der Tiefe zuerst fast linear und dann langsamer ab.

Das Verhältnis C:N schwankt für die Tschernozime im allgemeinen zwischen 12,5—13,3; nur beim schokoladefarbigen Tschernoziom von Ghimpăti erreicht es den Wert 14. Für die kastanienfarbigen Tschernozime, vor allem bei demjenigen von Mărcalești, erhält man in den verschiedenen Horizonten des Profils Werte, die um einen Mittelwert ohne irgendwelche Regelmässigkeit schwanken. (Tabelle 1, S. 8).



Bei den degradierten Tschernozimiomen schwankt das C:N-Verhältnis zwischen 14—15. Bei dem schwach degradierten Tschernoziom von Fundulea wird das C:N-Verhältnis mit der Tiefe enger; dagegen wird es bei dem stark degradierten Tschernoziom von Drăgănești beim Übergang vom A- zum B-Horizont breiter, um dann beim Übergang vom B- zum C-Horizont wieder enger zu werden. (Tabelle 2, S. 11).

Die Erklärung dieser Tatsachen wird weiter unten diskutiert.

DEGRADIERTE PSEUDORENDZINABÖDEN (SCHWARZWIESEN-BÖDEN AUF MERGEL)

Mit diesem Namen bezeichneten wir diejenigen tonigen Böden, die sich auf Mergel unter den podsoligen Waldböden entsprechenden klimatischen Bedingungen gebildet haben.

Der Humusgehalt dieser Böden kann 11% überschreiten. Im oberen Horizont kann der Gehalt an Humus zwischen sehr breiten Grenzen schwanken (4—12%), je nach dem Tongehalt des Mergels, dem CO_3Ca -Gehalt, der Feuchtigkeit oder dem Degradationsstadium.

Die Verteilung des Humus in dem Profil erfolgt mit derselben Regelmässigkeit wie beim Tschernoziom. In den ersten Stadien der Bodenbildung ähnelt die Kurve der Humus-Verteilung in dem Profil derjenigen die für Tschernozimiome erhalten wurde; in den vorgerückteren Stadien der Degradierung trachtet diese Kurve die Form der für den degradierten Tschernoziom erhaltenen Kurve anzunehmen.

Das Verhältnis C:N bleibt im allgemeinen innerhalb der für die degradierten Tschernozimiome festgestellten Grenzen (14—15). Das C:N-Verhältnis nimmt in dem B-Horizont zu, und kann den Wert 20 überschreiten, um dann gegen das Ende des Profils wieder abzunehmen. Wie bei den degradierten Tschernozimiomen stellt die Wanderung des Humus im Profil eine fraktionierte Migration der Produkte einer vorhergehenden hydrolytischen Abspaltung dar. (Tabelle 3, S. 15).



RÖTLCHE BRAUNERDEN UNTER EICHENWALD (MEDITER-RANE BRAUNERDEN)

Bei diesen Böden überschreitet der Humusgehalt im Allgemeinen nicht 3,5%. Dieser Gehalt nimmt mit der Tiefe rasch ab. Das Verhältnis C:N schwankt in dem oberen Horizont zwischen 12,5—14,0 und wird in der Tiefe ständig enger. (Tabelle 4, S. 16).

SEKUNDÄRE PODSOLE UND PODSOLIGE BRAUNERDEN (MITTELEUROPÄISCHE BRAUNERDEN)

Ähnlich den Braunerden, ist der Humusgehalt dieser Böden sehr gering. Unter dem nur 2—3 cm mächtigen A₁-Horizont, der sich unmittelbar unter dem verwesenen Laub befindet, fällt der Gehalt an Humus gleich unter 3% und diese Abnahme wird in der Tiefe noch rascher.

Das Verhältnis C:N erreicht im A₀-Horizont sehr breite Werte. Die gefundenen Werte schwanken in A₀ stark von einem Profil zu dem anderen (zwischen 15,6—18,5). Diese Tatsache wird zurückgeführt sowohl auf die Inhomogenität des Materials, welches der Humifizierung unterworfen ist, als auch auf das Stadium der Humifizierung. Für die Mehrheit der untersuchten Profile entfernten wir sorgfältig das nicht der Bodenmasse einverleibte organische Material und dann erst wurden die Proben gesammelt. Für diesen der Bodenmasse einverleibten Humus erhält man ein engeres Verhältnis C:N (10—12,5) bei den mit Buchenwald bedeckten podsoligen Braunerden; das Verhältnis C:N wird breiter (13,3—15,5) für die mit Eichenwald bedeckten reifen Podsole. Unter Buchenwald wird der Boden nur von den in dem letzten Herbst stark verwesenen Blättern (Blattfall) bedeckt; unter Eichenwald dagegen wird der Boden von einer 2—3 cm mächtigen vegetalischen Decke mit einer geschichteten Struktur, die alle Stufen der Verwesung zeigen kann, bedeckt. Die Natur des der Verwesung unterworfenen Materials sowie die Intensität der Humifizierung kann die erwähnten Unterschiede zwischen



dem C : N-Verhältnis unter Eichen- u. Buchenwald bestimmen. Das Verhältnis C : N wird mit der Tiefe enger, der Humus wird in der Tiefe ständig reicher an Stickstoff.

ALPINE BÖDEN

In der alpinen Stufe befindet sich eine ganze Reihenfolge von Böden. An sonnigen Abhängen sind unter den alpinen Matten alpine Braunerden mit nicht differenzierten Horizonten zu finden, während auf den kleinen Hochebenen unter Holzvegetation (*P. Pumilio, Rhododendron, Azalea*) primäre Humus-Podsole mit ausgeprägten Humus- und Eisenanreicherungs-Horizonten vorkommen. Zwischen diesen beiden Typen besteht eine kontinuierliche Reihenfolge von Übergängen. Für alle Böden der alpinen Stufe ist der Reichtum an Humus in dem obersten Teil des Profils (A_0 -Horizont) charakteristisch, wo er 20% überschreiten kann. Die Verteilung des Humus im Profil ist für jeden der erwähnten Übergänge charakteristisch (Fig. 7, S. 22). Bei der alpinen Braunerde ist die Humusanhäufung in dem obersten Teil des Profils bemerkenswert. Mit der Tiefe nimmt dann der Humusgehalt allmählich ab; die Abnahme-Kurve ähnelt derjenigen die für die degradierten Tschernozime erhalten wurde. Bei den alpinen Podsole folgt dem humusreichen A_0 -Horizont eine rasche Abnahme des Humus in A_1 und vor allem in A_2 , der beim Übergang zum B-Horizont wieder eine plötzliche Zunahme folgt.

Das Verhältnis C : N im A-Horizont des Profils schwankt von 13—15,5 (der A_0 -Horizont wurde ausgeschlossen, da wir vor allem den dem Boden einverleibten Humus berücksichtigten). Als allgemeine Regel wird das Verhältnis C : N in der Tiefe breiter und kann in dem B-Horizont den Wert 20 überschreiten, um dann beim Übergang in den C-Horizont wieder enger zu werden.

A. SCHMUZIGER (15) findet für die alpinen Humuspodssole der Schweiz dieselbe Regelmässigkeit: Der molekulare C : N-Quotient ist in A_0 und A_1 am grössten; in A_2 fällt dieser Quo-



tient rasch ab, um im humusreicherem B (Humusanreicherungszone) wieder deutlich anzusteigen. Der C: N-Quotient wird in den Mineralerdehorizonten wieder kleiner. Die Humuswanderung im Profil der Podsole ist von A. SCHMUZIGER (15) als eine aktive Sol-(Kolloid)-Wanderung bezeichnet worden, im Gegensatz zur Humus-Wanderung in den Braunerden, die als eine passive Wanderung angesehen wird.

DIE HYROLYSIERBARKEIT DER STICKSTOFF- UND KOHLENSTOFFVERBINDUNGEN IN DEM HUMUS

Im Vorhergehenden bemerkten wir bei der Degradierung des Tschernosioms ein Breiterwerden des Verhältnisses C:N.

Diese Regelmässigkeit versuchten wir durch die Annahme einer Hydrolyse des Humus zu erklären, die als eine Folge der durch die zunehmende Feuchtigkeit verursachten Auswaschung des CO_3Ca zu betrachten ist. Die in den Steppenböden durch das CO_3Ca bedingte Stabilität des Humusultramikrons wird auf solche Weise stark beeinträchtigt; leicht dispergierbare stickstoffreichere Anteile werden abgespalten und durch das Sickerwasser in die tieferen Teile des Profiles transportiert, während der Ultramikronüberrest, ärmer an Stickstoff, höchstens bis in den oberen Teil des B-Horizontes übergeführt wird¹⁾.

¹⁾ Die relative Löslichkeit in Wasser der Husmus-Stickstoffverbindungen ist am kleinsten für die Tschernozome (4—6% des Gesamtstickstoffs) und wächst bei den grauen Halbwüstenböden (Seroeme 9—15%) wie auch bei den Böden des feuchten Klimas (Waldsteppe 12—14%, Podsole: 17—29% des Gesamtstickstoffs). Diese Löslichkeit kann durch den Reichtum des Humus an Stickstoff verursacht werden. Eine besonders wichtige Rolle spielt jedoch die Art und Konzentration der im adsorbierenden Komplex enthaltenen Kationen. Die grösste relative Löslichkeit wird gerade bei jenen Böden beobachtet, in deren adsorbierenden Komplex die monovalenten Kationen (H , Na , K , NH_4) eingewandert sind, welche die Fähigkeit haben, der organischen Substanz eine Beweglichkeit zu verleihen.

(N. P. REMEZOW, 12).



Der Humus aus dem A- und B/A-Horizonte der degradierten Tschernoziome und Pseudorendzinaböden müsste also eine Zunahme des Prozentanteiles an nicht hydrolysierbarem Stickstoff zeigen. Diese Zunahme soll parallel mit dem Breiterwerden des Verhältnisses C:N erfolgen. Um diese Schlussfolgerung nachzuprüfen, haben wir Versuche zur Bestimmung des unter strengst gleichen Bedingungen unhydrolysierbaren Bruchteiles des Humuskohlenstoffs und Stickstoffs angestellt.

Man fügt 30 ccm Schwefelsäure (konz. 72%) zu 5—10 g Boden (je nach dem Humusgehalt) hinzu und lässt das Gemisch 16 Stunden stehen, indem man von Zeit zu Zeit heftig schüttelt. Nach 16 Stunden verdünnt man bis zu einer Säurekonzentration von 6%; man kocht $2\frac{1}{2}$ Stunden (in einem mit Rückflusskühler versehenen Kolben). Nach dem Erkalten wird die Flüssigkeit durch Dekantieren durch ein Membranfilter abfiltriert. Der Boden wird dann quantitativ auf das Filter gebracht und das Auswaschen wird weiter auf dem Filter mit destilliertem Wasser fortgesetzt. Der Boden wird dann vom Membranfilter sorgfältig in ein Berzeliusglas übergeführt. Nach Verdunstung des Wassers wurde der nicht hydrolysierbare Stickstoff und Kohlenstoff (man benötigt Sondereinwaage) in dem getrockneten Restboden bestimmt.

Der nichthydrolysierbare Stickstoff sowie der nichthydrolysierbare Kohlenstoff wurden als Prozentsätze des Gesamtstickstoffs, resp. des Gesamtkohlenstoffs ausgedrückt. Die erhaltenen Werte sind in der Tabelle wiedergegeben. In dem Diagramm (Fig. 8, S. 26.), wird der Prozentanteil des nichthydrolysierbaren Stickstoffes mit dem Verhältnis (C : N)_r (Gesamtwerte) verglichen. Aus der Betrachtung des Diagramms sowie der Tabelle 7 (S. 28—30) ergibt sich folgendes:

1. Der Prozentsatz des nichthydrolysierbaren Stickstoffs schwankt für die Tschernoziome zwischen 50—60% um den Mittelwert 52,8 (für C : N = 13,1); es gibt keinen Zusammenhang mit den Werten des Verhältnisses C : N.

2. Für den A-Horizont des degradierten Tschernozioms oder der degradierten Pseudorendzinaböden (mit Ausnahme des degradierten Tschernozioms von Fundulea) bleibt der



nichthydrolysierbare Prozentanteil des Stickstoffs zwischen 50—60%. Dieser Prozentanteil nimmt beim Übergang vom A- zum B/A-Horizont zu. Diese Zunahme erfolgt parallel mit dem Breiterwerden des C : N-Verhältnisses; es besteht nämlich ein linearer Zusammenhang zwischen den beiden Reihenwerten (Fig. 8).

Obschon die von uns erhaltenen Werte zu Profilen gehören, die, was das Muttergestein (Mergel, Löss) und die klimatischen Bedingungen anbetrifft, verschieden sind, ist die Streuung entlang der geraden Linie nicht allzu gross. Wir betonen, dass die erwähnte Regelmässigkeit nur für den A- und B/A-Horizont besteht. Wie aus dem Diagramm zu ersehen ist, behält in dem B/C-Horizont der Prozentanteil an nichthydrolysierbarem Stickstoff höhere Werte, obwohl die Werte des C : N-Verhältnisses abzunehmen trachten.

3. Für die rötlichen Braunerden (mediterrane Braunerden) bleibt der Prozentanteil des nichthydrolysierbaren Stickstoffs zwischen 50—60%; in der Tiefe des Profils nimmt der Prozentanteil zu, während das Verhältnis C : N abnimmt. Bei den Podsolen bleibt der nicht hydrolysierbare Anteil unter 35%, unabhängig von dem Wert des C : N-Verhältnisses, mit einer gegen den unteren Teil des Profils leicht abnehmenden Tendenz.

Dieselbe Hydrolysemethode wurde von TYURIN angewendet und führte zu derselben Schlussfolgerung (zitiert nach J. S. JOFFE (8), S. 194).

In dem Tscherriziom sind also fast 60% des Gesamtstickstoffes in einer nicht hydrolysierbaren Verbindungsform vorhanden, während beim Podsol der nichthydrolysierbare Stickstoff 40% des Gesamtstickstoffs nicht überschreitet.

4. Was den Prozentanteil des nicht hydrolysierbaren Kohlenstoffs (Humusligninkohlenstoff) anbetrifft, ist aus der Tabelle 6 zu ersehen, dass es keine bemerkenswerte Regelmässigkeit gibt, ausser der Tatsache, dass bei den Waldböden, besonders bei den Podsolen, die entsprechenden Werte (43—53%) im allgemeinen kleiner als diejenigen für Tschernozime oder degradierte Tschernozime sind.



5. Das Verhältnis $(C:N)_R$ in dem nichthydrolysierbaren Anteil des Humus unterscheidet sich beim Tschernoziom wenig von demjenigen, das im Gesamthumus gefunden wurde; in der Tiefe wird es etwas breiter.

In dem A-Horizont der degradierten Tschernoziole wird das Verhältnis $(C:N)_R$ bedeutend breiter als dasjenige des Gesamthumus; das Verhältnis $(C:N)_R$ wird in der Tiefe systematisch enger.

In dem oberen Horizont des degradierten Tschernozioms findet also eine relative Anreicherung an nichthydrolysierbarem Kohlenstoff statt, während in den unteren Horizonten eine verhältnismässige Anreicherung des Humus an nichthydrolysierbarem Stickstoff festzustellen ist.

Die von uns aufgestellte Hypothese bezüglich der Degradierung des Tschernozioms wird also bestätigt. Bei den Tschernozioleien ändert sich die Zusammensetzung des Humus von einem Profil zu dem anderen und in den verschiedenen Horizonten desselben Profils sehr wenig.

Bei der Degradierung des Tschernozioms sowie auch bei denjenigen der Pseudorendzinaböden geht die Wanderung des Humus in dem Profil mit einer gleichzeitigen Fraktionierung vor sich.

In den ersten Stadien der Degradierung kann der Prozentanteil des hydrolysierbaren Stickstoffs etwas vergrössert erscheinen. So wäre es zu erklären warum bei dem degradierten Tschernoziom von Fundulea 60% des Gesamtstickstoffs in einer hydrolysierbaren Form vorhanden sind, während bei den fortgeschrittenen Stufen der Degradierung (Vetrea und Corneanca Drăgănești) dieser Prozentsatz bis 45% herabgesetzt erscheint.

Bei den Waldböden liegt der hydrolysierbare Prozentanteil des Gesamtstickstoffs, vor allem in den fortgeschrittenen Stadien der Podsolierung, ziemlich hoch (etwa 65% hydrolysierbar). In der Tiefe nimmt dieser Prozentanteil zu, während das Verhältnis $(C:N)_T$ enger wird.

Wie schon erwähnt wurde, geht bei den Waldböden die Umbildung der organischen Substanz sehr intensiv vor sich,



im Gegensatz zu den degradierten Tschernozimen, bei welchen eine Tendenz der Anreicherung des Humus im oberen Horizont zu bemerken ist.

Diese Unterschiede bestimmen sicher die erwähnten Regelmässigkeiten bezüglich der Änderung des C: N-Verhältnisses und des Zusammenhangs mit dem prozentuellen Gehalt an nichthydrolysierbarem Stickstoff.

So oft der Humus eine Hydrolyse, gefolgt von einem Auswaschungsprozess, durchmacht, wächst im Rückstandsprodukt der Anteil an nichthydrolysierbarem Stickstoff. Das Verhältnis C : N wächst ebenfalls. Wo der Humus als Produkt einer fortgesetzten Neubildung erscheint, ist der Prozentsatz an hydrolysierbarem Stickstoff grösser¹⁾.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es wäre sicherlich lehrreich, die eigenen Ergebnisse mit jener, die von verschiedenen Forschern für andere Gegenden erhalten wurden, zu vergleichen. Auf diesen Vergleich verzichten wir aus dem Grunde, weil die angewendeten Methoden für die Stickstoff- und Kohlenstoffbestimmung nicht dieselben sind (und oftmals gar nicht angegeben werden); infolgedessen sind die erhaltenen Resultate höchstens untereinander vergleichbar. Zum Beispiel findet N. P. REMEZOW (10) in dem europäischen Teil der U.R.S.S. für das Verhältnis C:N Werte die kleiner als die von uns erhaltenen sind. Für die Tschernozime der Ukraine gibt er den Mittelwert 7,6; für

¹⁾ Nach N. P. REMEZOW (12) sind etwa 7—42% des Gesamtstickstoffs nicht hydrolysierbar. Diese Werte stehen in keinem Zusammenhang mit dem Bodentypus, was dadurch erklärt werden kann, dass der nichthydrolysierbare Stickstoff nicht so sehr mit dem gegenwärtigen Bodentypus in Verbindung steht, als vielmehr mit der Vorgeschichte des entsprechenden Typus. Unsere Untersuchungen führen zu dem Ergebnis, dass der Prozentsatz an nichthydrolysierbarem Stickstoff durch die Art des genetischen Prozesses, der über das Schicksal des Humus im Boden entscheidet, bestimmt wird.



den ganzen europäischen Teil der U.R.S.S. 11,4. Mit der von uns angewendeten Methode konnten wir keine Werte unter 12 erhalten, selbst nicht für die Tschernozime aus der der Ukraine benachbarten Provinz Bessarabien. Ebenso fehlen in der wissenschaftlichen Literatur genauere Angaben über Bodentypus, Vegetation und klimatische Verhältnisse.

Deshalb werden wir im folgenden bloss die allgemeinen Schlussfolgerungen bringen, die sich aus der kritischen Be- trachtung unserer eigenen Ergebnisse ableiten lassen:

1. Es gibt keine *Korrelation zwischen dem Verhältnis C : N und den allgemeinen klimatischen Bedingungen* der zonalen Bodentypen. Die Werte des Verhältnisses C:N für die verschiedenen Bodentypen schwanken zwischen Grenzen die sich überdecken. Zum Beispiel erhalten wir für den oberen Horizont:

Tschernozime	12,5—13,3
Degradierte Tschernozime	14 —15
Degradierte Pseudorendzinaböden	14 —15
Rötliche Braunerden	12,5—14
Sekundäre Podsole	10 —15,5
Alpine Böden	13 —15,5

2. Die Bemerkung J. S. HOSKING's (6) wird bestätigt. *Das Verhältnis C : N zeigt für die Grasländer eine viel engere Staf- felung der Werte als diejenige, welche für mit Waldvegetation bedeckte Böden erhalten wurde* (Steppenböden 12,5—13,3; Waldsteppenböden 14—15; schwarze Wiesenböden 14—15; Waldböden 10—15,5 oder sogar 10—20, wenn der A₀-Horizont mitberücksichtigt wird).

3. *Nach der Art wie die Werte des C : N-Verhältnisses sich in den verschiedenen Horizonten des Profils mit der Tiefe ändern, lassen sich die verschiedenen Böden in drei Typen einteilen :*

a) Bei den *Tschernozimen* (vor allem bei dem kastanienfarbigen Tschernoziom) überwiegt die Humusanreicherung in dem oberen Horizont; in die Tiefe wird der Humus bloss mechanisch transportiert. Das Verhältnis C:N ändert sich



sehr wenig in den humusreicherem Horizonten und zeigt keine bemerkenswerte Regelmässigkeit.

b) Bei den *Waldböden* (braune oder podsolige Waldböden) reichert sich als Folge der intensiven Umbildung der organischen Substanz sehr wenig Humus in dem oberen Horizont des Bodens an. Das Sickerwasser wird besonders die Produkte dieser fortgeschrittenen Umbildung in die Tiefe verfrachten, das Verhältnis C : N wird in der Tiefe des Profils enger, während es in dem A-Horizont eine bestimmte Konstanz zu erreichen sucht.

c) Bei den Böden die eine Tendenz für Humusanreicherung in dem A-Horizont zeigen (*degradierte Tschernozime, schwarze Wiesenböden*) verursacht das Mitschleppen des dispergierten Humus in die Tiefe durch das Sickerwasser ein breiteres Verhältnis C : N in dem A-Horizont, das beim Übergang in den B-Horizont noch breiter wird.

Beim Übergang vom B- zum C-Horizont wird das Verhältnis C : N wieder enger.

Das Breiterwerden des C : N-Verhältnisses erfolgt parallel mit der Zunahme des unhydrolysierbaren Prozentanteiles des Gesamtstickstoffs. Das Verhältnis C : N des nichthydrolysierbaren Anteiles des Humus wird in dem A-Horizont im Vergleich mit dem für die Tschernozime erhaltenen grösser; mit zunehmender Tiefe wird es ständig breiter.

Dieselbe Regelmässigkeit in der Veränderung des C : N-Verhältnisses (wie unter c) ist auch bei den durch eine intensive Wanderung des Humus gekennzeichneten *alpinen Podsole* zu beobachten.

Wir haben bei den alpinen Podsolen vorläufig auf die Bestimmung des hydrolysierbaren Stickstoffes nach der S. 42 beschriebenen Methode verzichtet. Bei den Podsole befindet sich die organische Substanz in einem so fortgeschrittenen Dispersionsgrad, dass beim Waschen mit Wasser welches der Behandlung mit Säure folgt, fast $\frac{2}{3}$ des Ligningehaltes ins Waschwasser übergehen (S. WAKSMAN, 17). Im B₁-Horizont der alpinen Podsole konnte A. SCHMUZIGER als Summe der ver-



schiedenen Kohlenstoffverbindungen (Protein, Lignin, etc.), nur 55% des Gesamtkohlenstoffs bei einem Eisenpodsol und nur 66% bei einem Humuspodsol nachweisen.

Unter solchen Bedingungen wird die Bestimmung des nichthydrolysierbaren Stickstoffes, der zusammen mit dem nichthydrolysierbaren Kohlenstoff im Humuslignin zurückbleibt, vollkommen unsicher.

Nach A. SCHMUZIGER (15) geht die fraktionierte Migration des Humus bei den alpinen Podsolen so vor sich, dass der Humusligninkomplex im oberen Horizont eine relative Anreicherung erfährt. (C-Humuslignin 63—70%). Im B₁-Horizont erscheint der Humus viel ärmer an Humusligninkomplex (27—40%). Die kleinen Werte, die SCHMUZIGER für den B-Horizont der alpinen Podsole erhielt, sind der oben erwähnten Ursache zuzuschreiben (ein Teil des dispergierten Lignins wird mit dem Waschwasser fortgeführt). Es kann angenommen werden, dass wenigstens qualitativ die Fraktionierung des Humus, während der Solwanderung im Profil des alpinen Podsolos, dieselbe Regelmässigkeit aufweist wie bei der Degradierung des Tschernozioms. Zur Klärung dieser Frage hoffen wir bald neues analytisches Material bringen zu können.



BIBLIOGRAFIE

1. ANDERSON, M. S. and BYERS., G. 1934. The Carbon-Nitrogen Ratio in relation to Soil classification. *Soil Science*, XXXVIII, pp. 121—138.
2. CERNESCU, C. N. 1935. Facteurs de climat et zones de sol en Roumanie. *Studii tehnice și economice, Inst. Geol. Rom.*, Seria C. 2.
3. — 1939. Die Austauschkapazität des Bodens im Verhältnis zum Ton und Humusgehalt. *Studii tehnice și economice, Inst. Geol. Rom.*, Seria C., Nr. 6.
4. ENCULESCU, P. 1923. Zonele de vegetație lemnoasă din România (Die Vegetationszonen Rumäniens). *Memoriile Institutului Geologic al României*, Vol. I, București.
5. — 1938. Harta zonelor de vegetație a României 1 : 1.500.000 (Die Vegetationskarte Rumäniens). *Institutul Geologic al României, Atlas fizic*, Foaia 3).
6. HOSKING, J. S. 1934. The Carbon-Nitrogen Ratios of Australian Soils. *Soil Research (Bodenkundliche Forschungen)*. Bd. IV, pp. 253—268.
7. JENNY H. 1930. Gesetzmässige Beziehungen zwischen Bodenhumus u. Klima. *Die Naturwissenschaften*. 18. Jahrg., pp. 860—864.
8. JOFFE, J. S. 1936. Pedology. New Brunswick.
9. POPOVĂȚ, M. 1937. Degradation des sols de steppe (Degradierung der Waldsteppenböden). *An. Inst. Geol. Rom.*, Vol. XVIII, pp. 281—311, București.
10. REMEZOW, N. P. 1933. Beiträge zur Charakteristik der organischen Substanz der Böden der U. d. S. S. R. I. Mitteilung. C: N Verhältnis. *Ztschr. für Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde A*, Bd. XXX, pp. 285—298.
11. REMEZOW, N. P. und Frau WLASSOWA, M. M. 1933. Id. II. Mitteilung. Annähernde qualitative Zusammensetzung der organischen Substanz der Hauptbodenarten der U. d. S. S. R. *Ztschr. für Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde, A*. Bd. 30, 299—311.
12. REMEZOW, N. P. und WERIGINA KIRA W. 1934. Id. III. Mitteilung. Über die Phasen des organischen Bodenstickstoffs. *Ztschr. für Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde, A*. Bd. 36, pp. 37—52.

13. SALTER, FR. J. 1931. The Carbon-Nitrogen Ratio in Relation to the accumulation of organic matter in Soils. *Soil Science*, XXXI, pp. 413—430.
14. SĂVULESCU T. 1940. Der biogeographische Raum Rumäniens. *Annales de la Faculté d'Agronomie de Bucarest* (Saidel's Festschrift), Vol. I (1939—1940), pp. 283—330.
15. SCHMUZIGER, A. 1935. Verteilung und Chemismus der Humusstoffe in den Profilen einiger schweizerischen Bodentypen. Promotionsarbeit. E. T. H. Zürich.
16. WAKSMAN, S. A. 1924. Influenze of microorganisms upon the carbon nitrogen ratio in Soils. *Journ. Agr. Sc.* 14: 555—562, citat după FR. J. SALTER.
17. — 1935. Chemical nature of organic matter in different Soil types. *Soil Science*, Vol. 40, pp. 347—363.
18. — 1936. Humus. London.



SUMAR — INHALT

	<u>Pag.</u> <u>Seite</u>
Introducere	3
Raportul C:N, expresiune a procesului de humificare	3
Raportul C:N, funcție climatică	4
Rezultate proprii	6
Soluri de stepă (Cernoziomuri)	7
Soluri de stepă cu pădure (Cernoziomuri degradate)	9
Pseudorendzine degradate (Soluri negre de fânețe)	16
Soluri brun — roșcate de pădure (Soluri brune mediteraneene)	16
Podzoluri secundare și soluri brune (Ramann)	17
Soluri alpine (Podzoluri primare)	21
Azotul și carbonul nehidrolizabil	24
Concluzii generale	32

Humus und C:N-Verhältnis in den Profilen der Zonalen Bodentypen Rumäniens

Eigene Ergebnisse	36
Steppen und Waldsteppenböden (Tschernoziome)	36
Degradierte Pseudorendzinaböden (Schwarze Wiesenböden auf Mergel)	38
Rötliche Braunerden unter Eichenwald	39
Sekundäre Podsole und podsolige Braunerden	39
Alpine Böden	40
Die Hydrolyserbarkeit der Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen in dem Humus	41
Schlussfolgerungen	45
Bibliografie	49



C. 69.713



Institutul Geologic al României