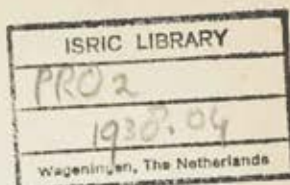


TRANSACTIONS OF THE SECOND COMMISSION
AND ALKALI-SUBCOMMISSION OF THE INTER-
NATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE



COMPTES RENDUS DE LA DEUXIÈME COMMISS-
SION ET DE LA SOUS-COMMISSION POUR LES
SOLS ALCALINS DE L'ASSOCIATION INTER-
NATIONALE DE LA SCIENCE DU SOL

VERHANDLUNGEN DER ZWEITEN KOMMISSION
UND DER ALKALI-SUBKOMMISSION DER INTER-
NATIONALEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

HELSINKI 26.-30. VII. 1938

EDITED BY - RÉDIGÉS PAR - REDIGIERT VON:

B. AARNIO
E. KIVINEN

VOLUME TEIL	<i>A</i>
----------------	----------

HELSINKI 1938

15N 28105 A

**DEUXIÈME COMMISSION
DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE
DE LA SCIENCE DU SOL
POUR L'ETUDE DE LA CHIMIE DU SOL**

PRÉSIDENT HONORAIRE:

A. A. J. DE 'SIGMOND, BUDAPEST, HONGRIE

PRESIDENT:

JAMES HENDRICK, ABERDEEN, ANGLETERRE

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL:

FR. ZUCKER, BUDAPEST, HONGRIE

★

PREFACE.

The place where Commission II is to meet in 1938 gave rise to some little discussion. A meeting in Egypt was proposed during the Third International Congress at Oxford and many were in favour of this, but there were found to be serious difficulties. Not the least of these was that, for climatic reasons, any meeting in Egypt could not be held later than March. Only a limited number were able to attend at that time of year. Through the good offices of Professor Aarnio an invitation was received to meet in Finland, so we turned our attention to the north. The Government of Finland not only extended a hearty invitation to us to visit their country, but with great generosity and kindness have offered such financial assistance as will enable our transactions to be published. It has always been the endeavour of our Commission to publish a volume of the papers to be read at the Conference in advance, as that saves time and greatly facilitates discussion. In the present times of financial stringency it is difficult to obtain funds for such a purpose and we are greatly indebted to the Government of Finland for the valuable help they are giving. They have set an example of appreciation of the work which our Society is doing and it could be wished that some of the more powerful and wealthy Governments would follow.

I owe my personal thanks to those who have given me their assistance in arranging for the meeting in Finland. I am conscious of my own inexperience and helplessness in undertaking for the first time the presidency of such a meeting. I have not been very closely in contact with the conduct of previous meetings and my position in the North of Scotland renders it difficult for me to have close contact with the main body of my colleagues. I am also following one, our honoured and beloved Honorary President, Professor de Sigmond, who has been at the head of Commission II since its start, who was one of its founders as well as one of the founders of our Society, and who has always led our Commission with great ability and distinction. But for his kind help and support I could not have ventured to fill this position, and I am grateful to him for all the kindness he has shown me. There is another, closely associated with

Professor de 'Sigmond to whom I am specially indebted. Dr Zucker has had great experience in the conduct of the affairs of Commission II and I have had constantly to lean on him and to seek his help and advice. He has spared himself no trouble to assist and I am very grateful to him for all the help he has given me. We are all indebted to him also for undertaking the heavy task of editing our Volume of Proceedings.

I would like to voice our thanks also to Professor Aarnio and Dr Kivinen of Helsinki, who have acted as Chairman and Secretary of the local Committee which has made all the arrangements for our meeting. In this capacity they have had a great deal of work to do and the success of our meeting largely depends on what they have done for us. We are particularly indebted to them for arranging such excellent Excursions to enable us to see their interesting country and its soils.

There is one whose absence from our meeting we have to mourn, our former Vice President, the late Professor Wiegner. He was with us at Oxford and, when it was decided that there was to be a change in the presidency of the Commission, I, and I am sure others, hoped that he would be the next President, an office which he could have filled with so much ability. He refused the presidency when I proposed his name. It was almost as though he knew he was not to be with us long.

We will all, I am sure, desire to thank those who have undertaken the somewhat thankless task of Reporters on the different branches of the subject which are to be discussed at Helsinki. We are also grateful to all those who have sent in papers, or who have in any way assisted in making our Conference a success.

Along with us in Helsinki will meet the Alkali Sub-Commission and Commission V. Their presence with us will add to the interest and value of our meetings and of the Excursions which they are to share with us.

Finally, I hope you will not judge harshly the imperfections of a President who is fully aware of his lack of the necessary qualities and who knows the difficulty of following Professor de 'Sigmond.

Aberdeen, May, 1938.

James Hendrick.

SELENIUM AS A SOIL COMPONENT.

HORACE G. BYERS and LYLE T. ALEXANDER.

U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C.

The definite establishment of a causal relation between the forage grown on certain soils in South Dakota (U. S. A.) and the incidence of alkali disease by the late Dr. Kurt Franke of the South Dakota Agricultural Experiment Station, was followed by the equally definite assignment of selenium as the toxic agent producing this disease and related diseases. This latter achievement is the result of the combined efforts of scientists of the United States Department of Agriculture and of the experiment stations of South Dakota and Wyoming.

Work is now being pursued in at least eleven universities or state colleges and two Departments of the United States Government. These studies have extended the period during which animal or human poisoning has been observed as resulting from ingestion of seleniferous food to cases observed at Fort Randall in South Dakota in 1856, in Mexico about 1700, and to probable cases observed in Turkestan by Marco Polo about 1275.

These observations and studies have indicated the probable distribution of selenium in the soils of all the continents and in many, if not all of, the geological formations making up the earth's crust. It has been shown that selenium is present in the sea bottom and in volcanic emanations. Selenium has been traced from geological formations to its presence in the soil, its transfer to plants, its distribution in plants and its effects and distribution in the animal organism.

Natural forms of selenium in soils.

The forms of selenium known to be present in the soil are at least four in number. When plants containing selenium remain on the ground the selenium they contain is returned to the soil through decay. A part of this selenium appears to be present in a water soluble form and a part is present in water insoluble proteins or protein-like compounds. How rapidly either water soluble or insoluble

organic selenium compounds decay is not known nor is it known for certain what selenium compounds are produced. The presence of selenium in soils as selenates has been demonstrated. It seems probable that when so present it is usually in the form of calcium selenate. Apparently the usual form in which selenium accumulates in the soil is that of basic ferric selenite. While this compound is very insoluble in water it is not wholly certain whether the selenium loving plants, later mentioned, are capable of absorbing it from the compound or whether hydrolysis must precede the absorption. It is certain that the selenites in soluble form are available to plants both as a toxic agent and as a means of building up selenium compounds in the plant.

Distribution of selenium.

When selenium is present in a soil it is apparently always present to some extent in any vegetation grown upon that soil. From knowledge at present available, it appears that more or less selenium is present in all soils. At least it has been found, although frequently in very minute traces, in all soils in which it has been adequately searched for. These include samples from several different countries and nearly all the States of the United States. Selenium in quantities ranging from traces to several parts per million was found to be present in all wheat samples examined, and these included wheat from many different parts of the globe. Apparently when selenium is absorbed by plants it may be found in all parts of the plants. It is not to be inferred that all human and animal food is injurious nor that all soils are injured by the presence of selenium. The foregoing statements show that the investigation of selenium in soils is a problem of worldwide interest and that its importance in any given area depends upon the relationships established.

Soils have been examined which contain as little as one one-hundredth of one part per million to as high as 80 parts per million. It is impossible to give any limits for a toxic soil since soils have been found that contain as high as 25 parts per million which do not produce any vegetation that can be pronounced toxic. On the other hand, soils containing as little as 0.2 parts per million in the surface horizon have been found to produce toxic vegetation. The reasons for such variations have been ascertained in part. Table 1 shows the selenium content of a number of soils.

Table 1. — *Distribution of selenium in soils.*¹⁾

A. Non-toxic				B. Toxic				
Soil	Depth	Location	Selenium in soil	Soil	Depth	Location	Selenium in soil	Selenium in vegetation ²⁾
			P.p.m.				P.p.m.	P.p.m.
Houston black clay ..	0—20"	Temple, Tex.	0.01	Yellowish brown loam	0—8"	Teton Co., Mont.	0.2	(20)
Cecil sandy clay	0—6"	Statesville, N. C.	0.5	Brown silt loam	0—8"	Teton Co., Mont.	0.5	(920)
Kirvin fine sandy loam ..	12—24"	Tyler, Tex. ...	2.5	Orman clay ..	0—6"	Val Marie, Can.	0.5	(4410)
Clay	—	New Zealand	0.2	Shale	2—3"	Teton Co., Mont.	0.2	(520)
Clay	0—10"	Yucatan, Mex	0.2	Pierre clay loam	0—6"	Wallace Co., Kans.	0.3	(170)
Clay	—	South Africa	0.5	Niobrara clay loam	0—6"	Logan Co., Kans.	10.0	(170)
Clay	—	Sumatra	0.8	Niobrara shaly clay loam	0—6"	Logan Co., Kans.	82.0	(1590)
Silty clay loam	7—15"	Hawaii	26.0	Niobrara silt loam	0—8"	Otero Co., Col.	2.5	(2270)
Yunes clay loam	0—12"	Puerto Rico .	10.0					

It has been shown that soils which contain much free iron oxide almost wholly inhibit the absorption of selenium by millet, even when the selenium is added in the form of sodium selenite to amounts as large as 16 parts per million. Quantities much smaller than this effectively kill millet in soils of other types. No such large effect is shown by different soil types where selenium is added in the form of sodium selenate. It seems clear, therefore, that the quantity of selenium capable of being absorbed by plants depends not along upon the quantity present in the soil but also upon the character of the soil and the form of selenium present.

Sources of selenium.

Two circumstances, apparently, are chiefly responsible for determining the location of toxic seleniferous soils. One is the geological formation primarily responsible for the soil parent material; the other

¹⁾ Data selected from files.

²⁾ Numbers in parentheses are the quantities in parts per million in two-groove poisonvetch (*Astragalus bisulcatus*) growing on soil.

is the relationship of water to the soil profile. It has been established that highly toxic areas exist where the soils are derived from Niobrara, Greenhorn, and Morrison shales. These are all geological deposits of the Cretaceous period. These shales consist of a large number of alternating layers of clay shales, bentonite shales, cherts, limestones, and sandstones. The distribution of selenium in them is by no means uniform. Table 2 shows the selenium distribution in a typical section of these formations.

Table 2. — *Variation in Pierre shale layers, Boyd County, Nebraska.*¹⁾

Material	Thickness	Selenium
		Parts per million
Shale	4 ft. 0 in.	21
Bentonite and gypsum	0 * 1 *	22
Gypsum streak	—	5
Shale	6 * 8 *	28
Limestone and chalk	10 * 1 *	1.5
Bentonite	0 * 1—2	9
Shale	2 * 0 *	8
Shale	3 * 0 *	5
Bentonite	0 * 1/4 *	76
Shale	2 * 0 *	103
Limestone	1 * 0 *	12
Limestone	1 * 3 *	46
Shale	0 * 9 *	10
Bentonite	0 * 1 *	26
Shale	1 * 0 *	50
Shale	3 * 5 *	29
Limestone	3 * 4 *	18
Shale	3 * 3 *	24
Mudstone and shale	2 * 8 *	28
Shale	2 * 8 *	18
Mudstone	1 * 3 *	20
Shale	1 * 0 *	3

If the soil is developed under a mean annual rainfall exceeding 20 inches there appears to be no considerable concentration of available selenium and hence no production of toxic vegetation. This may be taken to mean that where percolation of water through the soil occurs, the selenium, or at least that available to plants, is removed to such an extent that toxic plants are not produced.

The primary sources of selenium cannot be asserted positively. All igneous rocks contain selenium and all emanations of volcanic

¹⁾ Taken from "Selenium occurrence in certain soils in the United States with a discussion of related topics" — H. G. Byers, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 482, 1935.

activity also have a variable selenium content. A study of Hawaiian soils indicates that in these the selenium has its origin in the absorption of selenium from volcanic gases by rain and its retention by the highly ferruginous soils. The fact that the shales highest in selenium are associated with bentonite, a product of volcanic ash, would seem to indicate a volcanic source for selenium in shale formation. However, places are known where leachings from soils or rocks containing selenium result in its concentration in soils.

Absorption of selenium by plants and animals.

Perhaps the most important feature of the agricultural relations of the selenium question is the variability of absorption shown by different plants. In the field there has been observed a series of twelve different plants growing on an area 100 feet square, of uniform character, which showed a selenium content ranging from 1 part per million to 4,000 parts per million. Table 3 shows the selenium content of these plants.

Table 3. — *Variations in plants collected on 100-ft. square area.*¹⁾

Gritty clay loam (selenium content 2 p. p. m.), Kiowa County,
Colorado.

Type of vegetation	Selenium
	P. p. m.
<i>Aplopappus fremontii</i> (Golden weed)	320
<i>Astragalus pectinatus</i> (Narrow leaf milk vetch)	4 000
<i>Bouteloua gracilis</i> (Blue grama)	2
<i>Zea mays</i> (Corn)	10
<i>Euphorbia</i> (sp) (Spurge)	10
<i>Gutierrezia sarothrae</i> (Turpentine weed)	70
<i>Helianthus annuus</i> (Sunflower)	2
<i>Malvastrum coccineum</i> (Scarlet mallow)	1
<i>Muroa squarrosa</i> (False buffalo grass)	4
<i>Salsola pestifer</i> (Russian-thistle)	5
<i>Stanleya pinnata</i> (Stanleya)	330
<i>Xanthium</i> (sp) (Cocklebur)	6

Among the plants which have been found uniformly high in selenium are a few species of the genus *Astragalus* (milk vetch), notably *A. pectinatus*, *A. bisulcatus* and *A. racemosus*. In certain species of this genus even growing on the same soil little or no selenium is absorbed. For example, one species of *Astragalus* growing in soil

¹⁾ Taken from "Selenium and its relation to soil, plants, and animals." — K. T. Williams, *Tabulae Biologicae* 14, Pt. 2: 200. 1937.

containing 0.5 parts per million of selenium in the surface soil, had 280 parts per million of selenium, while another species with roots intertwined with the first had but 2 parts per million. Other plants capable of growing in semi-arid to arid conditions and of absorbing selenium readily are woody aster (*Aster parryi*), goldenweed (*Aplopappus fremontii*), stanleya, and at least two species of wild aster. Among the plants that tolerate sufficient quantities of selenium to become toxic to animals are wheat, millet, barley, alfalfa, corn, western wheat grass (*Agropyron smithii*), and a number of common vegetables. Among those that do not grow well on moderately seleniferous soils or absorb but little selenium are buffalo grass (*Buchloe* sp.), and the grama grasses (*Bouteloua* sp.).

When food containing selenium is ingested by animals the selenium is distributed throughout the body, though not all of it is absorbed, since the feces in such cases normally contain selenium. The minimum fatal dose for selenium in the form of inorganic selenates and selenites is about 1.5 milligrams per animal pound. What it is for the organic selenium compounds is unknown.

When quantities of selenium less than the lethal dose are ingested the toxic symptoms develop less rapidly and in many cases chronic disease develops.

X-RAY INVESTIGATION OF COLLOID FRACTIONS OF SOME AMERICAN SOILS.

LYLE T. ALEXANDER and STERLING B. HENDRICKS.

*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Chemistry and Soils,
Washington, D. C., U. S. A.*

A comprehensive survey of the mineralogical composition of the fine or colloidal fraction of the principal soils of the United States has been undertaken. Improvement in X-ray technic and increased knowledge of possible mineral constituents, since the initial work of Hendricks and Fry (1) in 1930 made it probable that components of the fine fraction could be identified with certainty. During this period some chemical methods have been developed which make it possible to remove certain constituents without seriously altering the residue (2).

A group of seven soil colloids were selected for testing the effectiveness of the X-ray and chemical methods. The colloids were extracted from the B₂ horizon in each case except the Cecil where it was taken from the C horizon. The location of the soils and a brief description are given below.

1. Hagerstown silty clay loam from State College, Pennsylvania.
This is a gray brown podzolic soil having a reddish brown B horizon. The parent rock is a rather pure massive limestone.
2. Hagerstown silt loam from Hagerstown, Maryland.
Same as no. 1 except a little more red in the B horizon. The parent limestone contains more potash.
3. Frederick silt loam from Fairfield, Virginia.
Also a gray brown podzolic soil with reddish-yellow B₂ horizon. Derived from massive limestone containing less potash than 2.
4. Dewey silt loam from Russellville, Alabama.
This is a red soil derived from limestone.
5. Decatur clay loam from Russellville, Alabama.
This soil is very similar to but is somewhat redder than no. 4.
6. Greenville sandy loam from Pretoria, Georgia.
This is a red soil derived from coastal plain material interbedded with soft limestone.
7. Cecil sandy clay loam from Statesville, North Carolina.
This is a red soil whose parent material is residual from decomposition of granite and gneiss.

These soils were selected because of their relatively high content of iron oxide and, with the exception of the last two, their common origin. Much of the iron oxide was thought to be present as such.

The fine material was extracted with a centrifuge in such manner that the maximum sized particle present was 0.3 micron in diameter. This fraction is called the colloid. A portion of the extracted material was analyzed without further treatment. A second portion was treated according to the method of Truog (2) for removal of free iron oxide and silica. This method consists of treating the soil with sodium sulphide and oxalic acid. Truog considers that the free iron oxide and silica are removed. The results of the analysis for the principal components before and after the treatment are shown in the table.

The principal point of interest to be noted in the table is the removal from the colloid of most of the iron oxide. It will be shown later that the X-ray pattern of limonite [$\alpha\text{FeO}(\text{OH})$], which is present in all the untreated colloids, is absent in all the treated ones indicating the complete removal of this constituent. The remaining iron is presumably combined in the silicate complex. The other changes in composition will be discussed later. The samples of colloid, all of which were red or reddish yellow before treatment, were either white or light gray after treatment, with no visible red or yellow color.

In discussing possible mineral constituents of soil colloids from an X-ray standpoint it is desirable to indicate their ideal compositions, although it must be recognized that isomorphous replacements produce great variations. Chemical analysis shows that the principal constituents are water and the oxides of silicon, aluminum, and iron. While a small portion of the silica is shown by X-ray methods to be sometimes present as quartz, it is generally combined as kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), which includes kaolinite and halloysite (3), montmorillonite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), or often as hydrous mica. The last mineral is a hydrous aluminum silicate containing about 5 to 6 percent K_2O , 7 percent H_2O , and less Al_2O_3 than kaolin. It has been variously called hydromica, sericite, greensand, glauconite, etc. in the older literature. More recently it has been recognized as "potassiumbearing clay mineral" (ordovician bentonite) (4), glimmeron (5), and illite (6). X-ray evidence and typical analyses which are to be found in references (4), (5), and (6), show that these minerals all have almost the same composition.

Other aluminum silicates, such as feldspars, tale, pyrophyllite, true micas, vermiculites, etc. have not yet been definitely found in colloid fractions of soils. Oxides of iron and aluminum might be present; some expected forms are $\alpha\text{FeO}(\text{OH})$, variously known as limonite,

goethite, nadeleisenerz, etc.; Fe_2O_3 , hematite; $\text{AlO}(\text{OH})$, diaspore; $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, bauxite; and $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, hydrargillite. There is some possibility of amorphous silica and allophane, which is an amorphous hydrous aluminum silicate, sometimes containing phosphoric oxide. Although none of the soil colloids described here contain carbon dioxide, calcium carbonate is surely present in some colloids, as are also certain sulphate minerals.

All of the minerals mentioned above except allophane and amorphous silica, give recognizably different X-ray powder diffraction patterns. The kaolins, micas, hydrous micas, and montmorillonite are best identified by the reflections from their basal pinicoids which are their cleavage directions parallel to the hydrous aluminum silica sheets of their frameworks. It has been noted by a number of workers (1, 3) that these minerals settle from water suspensions with their cleavage directions parallel to the surface on which they separate. Such aggregates, photographed according to the usual rotating crystal technic, show several orders of reflections from the basal pinicoids (7).

Since the untreated colloids contained large amounts of $\alpha\text{FeO}(\text{HO})$, photographs were made with chromium and iron K radiation in order to avoid strong secondary scattering from iron. The cameras used would have permitted identification of spacings up to 20 Å. Settled aggregates obtained by slow evaporation of water suspensions at about 80° C. and ordinary powder samples mounted on a hair were prepared and photographed for each colloid before and after chemical treatment.

X-ray photographs of mixtures of several different minerals are of poor quality since the lines of each must appear against the scattered background to which all contribute. Removal of a constituent such as $\alpha\text{FeO}(\text{OH})$ not only simplifies in identification of remaining minerals, but it also improves the photographs greatly, since iron gives strongly secondary scattering even when its characteristic K radiation is not excited. Moreover, it would permit use of copper K radiation, which is much more convenient in some laboratories.

Kaolinite and halloysite are closely similar in structure and while the pure minerals can readily be differentiated, they might be confused in mixtures or in samples having considerable isomorphous replacement. Small amounts of montmorillonite might have escaped detection since the higher orders from the base are either weak or might be confused with those of other layer minerals and the first order might be overlooked because of faulty alignment or obscured by the strong scattering at small angles. It is probable that montmorillonite could be identified better by its heating curve or by its change in spacing with water content.

Results of chemical and X-ray de-

Component or constituent ¹⁾	Hagerstown silty clay loam (from Pa.)		Hagerstown silt loam (from Md.)		Frederick silt loam	
	Untreated	Treated ²⁾	Untreated	Treated ²⁾	Untreated	Treated ²⁾
	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent
SiO ₂	41.41	49.32	43.16	50.04	40.29	47.21
Al ₂ O ₃	32.51	33.45	30.01	30.35	32.59	34.73
Fe ₂ O ₃	10.40	1.83	9.62	2.26	11.49	1.20
TiO ₂	0.59	0.79	0.64	1.12	0.80	0.73
MgO	1.34	1.48	2.18	2.26	1.23	1.08
CaO	0.27	0.0	0.33	0.0	0.10	0.10
K ₂ O	1.45	²⁾	2.30	²⁾	1.22	²⁾
H ₂ O+	11.96	11.81	11.46	10.85	12.09	12.09
Estimated mineral						
FeO(OH)	5-10	0	5-10	0	10-15	0
Kaolinite	60-70	70-80	40-50	40-50	60-70	70-80
Hydrous mica	20-25	20-25	40-50	40-50	15-20	15-20
Quartz	2	2	2	2	2	2

Some rough estimate can be made of amounts of the various minerals from the relative intensities of their lines, especially compared with mixtures of known composition. It was found that less than 1 percent of quartz could safely be identified and 2 percent of some other expected constituent would not be overlooked.

Minerals found in the soil colloids examined were kaolinite, limonite, hydrous mica, and quartz. Their estimated amounts in each colloid are listed in the table. The estimates for quartz are based entirely on the X-ray photographs, and that for α FeO(OH) on the chemical analysis only roughly checked by the diffraction pattern which would indicate about 10 percent in each untreated sample. Independent estimates were made in both manners for the hydrous mica and gave good agreement. The chemical estimate being made upon the assumption that all potassium present in the colloid is a part of a compound having the composition of a hydrous mica, these minerals appear to constitute at least 95 percent of the total.

The sulphide treatment appears to remove all the iron oxide present as FeO(OH) but has no action on finely divided silica present as quartz. Even less than 1 percent of quartz, as shown by X-ray patterns in the Decatur and Greenville colloids was unaffected. This

¹⁾ Minor constituents were determined in the untreated colloids but are not reported here.

²⁾ Potash not determined on treated samples.

³⁾ Treated by Truog method for removal of iron oxide.

terminations on soil colloids from —

Dewey silt loam		Decatur clay loam		Greenville sandy loam		Cecil silty clay loam	
Untreated	Treated ²⁾	Untreated	Treated ²⁾	Untreated	Treated ²⁾	Untreated	Treated ²⁾
Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent	Percent
40.41	49.21	39.05	46.38	38.77	44.96	35.13	42.91
31.27	33.89	31.29	34.92	34.61	37.39	30.52	37.14
13.78	1.36	14.81	1.79	12.03	1.82	17.54	2.53
0.90	0.78	0.78	0.76	1.04	1.20	1.65	1.72
1.00	1.15	1.03	0.86	0.35	0.28	0.22	0.36
0.29	0.0	0.39	0.14	0.15	0.0	0.11	0.0
0.84	²⁾	0.88	²⁾	0.07	²⁾	0.04	²⁾
11.54	12.25	11.97	12.98	12.89	13.70	12.85	14.64
composition							
10—15	0	10—15	0	10—15	0	15—20	0
70—80	80—90	70—80	80—90	80—90	90—100	80—90	90—100
10—15	10—15	10—15	10—15	0	0	0	0
2	2	1	1	1	1	0	0

would not preclude the possibility of solution of amorphous silica which appears to be absent in these samples. It is to be noted that the silica-to-alumina ratio increased upon sulphide treatment in all cases save the Cecil colloid, where it remained essentially constant. One of several possible explanations for this is that some hydrous oxide of alumina, too small in amount to be detected by the diffraction method, might be present in the untreated sample, diaspore $\text{AlO}(\text{OH})$ for example. However, it is also possible that some of the aluminum silicates are partially decomposed by the treatment, and this is being studied further. The total loss in weight upon treatment varied between 10 and 40 percent; this includes mechanical loss, which might be considerable, as well as dissolved material such as the α $\text{FeO}(\text{OH})$.

The presence of the hydrous mica is most interesting, particularly in such soils as are these, and it accounts entirely for the potassium content of these soil colloids. This mineral has a higher silica content and a lower amount of alumina and water than does kaolin. The change in water content closely follows the relative amount of kaolinite and hydrous mica. Moreover, the presence of hydrous mica accounts for the relatively low percentage of aluminum oxide in the Hagerstown, Maryland, colloid and less strikingly so for some of the others.

Treated Cecil colloid appears to be pure kaolinite. The composition, taking isomorphous replacements into consideration, is that of a typical kaolin. This is also true for the Greenville colloid except for about one percent of quartz. Absence of hydrous mica, as shown by

the X-ray diffraction pattern, is in complete harmony with the negligible potassium content.

Summary.

Colloids separated from a group of American soils derived chiefly from limestone were examined by analytical and X-ray diffraction methods. The principal constituent of each was kaolinite and quartz was usually found in small amounts. A hydrous mica was present in quantities varying from 10 to 50 percent in five of the seven colloids examined and paralleled the potassium content. Iron oxide was present principally as $\text{FeO}(\text{OH})$ which could be removed by sodium sulphide-oxalic acid treatment with but little action on other minerals. Two of the chemically treated soil colloids were essentially pure kaolinite.

REFERENCES.

1. HENDRIKS, S. B., AND FRY, W. H. *Soil Science* 29: 457 (1930).
2. TRUOG, E., TAYLOR, J. R. JR., PEARSON, R. W., WEEKS, M. E., AND SIMONSON, R. W. *Soil Science Society of America Proceedings*, Vol. 1: 101-112 (1936).
3. ROSS, C. S., AND KERR, P. F. Professional Paper 165—E., U. S. Geol. Survey (1930).
4. ROSS, C. S. AND SHANNON, E. V. *Jour. Am. Ceramic Soc.* 9: 77 (1926).
5. ENDELL, K., HOFFMANN, U., MAEGDEPRAU, E. *Zement* 24: 625 (1935) MAEGDEPRAU, E., HOFFMANN, U. *Zeit. f. Krist.* 98: 31 (1937).
6. GRIM, R. E., BRAY, R. H., AND BRADLEY, W. F. *American Mineralogist* 22: 813 (1937).
7. Note for instance, CLARK, G. L., GRIM, R. E., BRADLEY, W. F. *Zeit. f. Krist.*, 96: 322 (1937).

WHAT IS ACTIVE SOIL ORGANIC MATTER? ¹⁾

SELMAN A. WAKSMAN.

Agricultural Experiment Station. New Brunswick, N. J.

Methods of studying soil humus.

No phase of soil science has been more confused, in conception, in nomenclature and in methodology, than that of soil humus or soil organic matter. This confusion is due largely to the fact that humus does not represent a single chemical compound or even a group of closely related compounds. Humus is highly complex in composition, comprising many well known chemical compounds and many substances the chemical nature of which is still a matter of dispute. Humus is not constant in composition, since it undergoes continuous change in the soil, as a result of the activities of the numerous soil-inhabiting microorganisms. There is no sharp line of demarkation between fresh plant and animal residues, which are in themselves of varied and complex chemical composition, and soil humus which is a product resulting from their decomposition; the bodies of the microorganisms and their degradation products also form a part of the humus complex. The rate and nature of the decomposition processes are influenced by the nature of the residues, soil conditions and soil treatment, and by the nature of the microbiological population. As a result of these factors, humus is found in the soil in various states of composition and decomposition. This can be easily demonstrated by determining the presence and abundance in humus of certain well defined chemical compounds, such as cellulose, hemicelluloses, polyuronides, proteins and their hydrolytic products.

Aside from the intrinsic difficulty of establishing the exact chemical nature of a substance so complex and so varying in composition as humus, other phenomena have contributed to the existing confusion. Most important of these is the highly complicated terminology applied to humus and the numerous attempts made to isolate

¹⁾ Journal Series Paper of the New Jersey Agricultural Experiment Station, Department of Soil Chemistry and Microbiology, New Brunswick, N. J., U. S. A.

by various procedures certain humus fractions, which would characterize humus as a whole. Beginning with the early part of the 19th century, humus was believed to be made up of a few simple chemical compounds which could be readily separated by certain procedures. Berzelius and other early chemists suggested a terminology which would account for the preparations thus obtained. When different soil types and other sources of humus were examined, it was found that these preparations varied considerably in nature. New names were then added to account for these. In time, the nomenclature for humus and its derivatives became so complicated that, by the middle of the last century, many names have found their way into soil science literature, without a corresponding advance of our knowledge of the nature of the fundamental humus complex from which the preparations were obtained. This type of investigation has been continued almost uninterruptedly almost to our own day. To the older list of papers dealing with the physical and chemical behavior of "humic acids", "ulmic acids", "humin" and "ulmin", one may add many ones, dealing with "fulvic acid", "humal acid", "pure humus", etc.²⁾

Towards the latter part of the last century, it became recognized that humus formation in soils and in composts is a result of the activities of microorganisms. It was further learned that these organisms do not attack plant residues as a whole, but that some constituents are disintegrated more rapidly than others. The nature of the organisms bringing about the decomposition was found to influence the nature of the processes involved. This information tended to give a totally new aspect to our knowledge of humus chemistry.

The quantitative determination of soil humus, especially the various attempts at obtaining a certain fraction, which was supposed to play the particular function in soil processes formed a third approach to the study of humus.³⁾ Whereas some workers were satisfied to measure the total humus content of the soil, either by determining the loss on ignition, by calculating its abundance from the amount of organic carbon and nitrogen, or by using strong oxidizing agents, other investigators were primarily interested in determining a certain

2) For a detailed discussion of this subject, see the book on HUMUS, published by the author (7).

3) In this paper the term *humus* will be applied to soil organic matter as a whole, while "humus" will be used to designate only certain humus preparations obtained from soil, peats or composts.

specific constituent of humus by means of chemical reagents. That portion of the soil organic matter, determined by these specific procedures, was frequently designated as "humus". Since these procedures varied considerably, the amount of "humus" found in the soil was also found to vary. In most of these methods, the soil was treated with an alkali solution and the resulting extract either evaporated and ashed, or neutralized with an acid and the precipitate weighed, or examined colorimetrically; the results thus obtained were found to vary so greatly that most of these methods have now been abandoned. Among the other procedures for determining "humus", it is sufficient to mention those based upon the treatment of the soil with neutral salts or with various weak oxidizing agents. The claims put forth concerning the rôle of the "humus" obtained by these methods in soil processes are also questionable.

More recently, certain methods were introduced for the analysis of humus as a whole. These methods are based upon the presence in humus of chemical compounds commonly found in plant materials (12). In this case, the soil is usually treated first with fat solvents, followed by treatment with dilute and concentrated acids; the specific chemical constituents are then determined in the extracts.

One may thus observe in the study of soil humus three distinct tendencies, namely, (1) the chemical nature of humus and of humus constituents, (2) the origin of humus in soils and in composts, and (3) methods of determination of humus as a whole, as well as of specific "humus" fractions which possess certain characteristic properties distinct from the rest of the humus complex. One may add to these, a fourth group of problems involving the study of the decomposition of humus. In these investigations as well, one notes several methods of approach, depending on the interpretation given to the chemical nature of the humus: in some cases, humus was believed to decompose as a whole, without regard to its specific nature, whereas in other cases, only certain constituents of humus were believed to undergo rapid decomposition.

Functions of humus.

It has been well established, since the middle of last century, that soil organic matter is not used directly by plants as a nutrient. However, it was well recognized that humus plays in the soil an essential rôle as a source of plant nutrients. In addition to this,

humus was shown to exert certain physical and chemical effects upon the soil itself, which make it of the greatest importance in plant growth and in soil conservation. It is sufficient to mention its water holding capacity, its effect on soil aeration, its buffering and base-exchange capacities, its chemical action upon the inorganic soil constituents, its binding effect upon soil particles, its serving as a storehouse for minor plant elements, and finally its improvement of the soil as a medium for the growth of higher plants and of the numerous soil-inhabiting microorganisms.

On the basis of these varying effects of humus upon soils and plants, attempts have been made to differentiate it into "active humus" and "inactive" or "stable humus". Shorey (2) recognized, for example, two distinct properties or functions of humus: 1. physical and physico-chemical, from the point of view of its effect upon the soil, and 2. biochemical or nutritional, from the point of view of supplying nutrients to higher plants. These two properties were believed to be associated largely with two constituent groups of humus, namely an inert group and a group providing readily available energy for the activities of microorganisms. These facts, which have been in general principle recognized long ago, served as a basis for the separation of humus into separate chemical groups. Some of the methods mentioned above have been utilized for this purpose.

The alkali extraction methods used by numerous investigators, from Grandeau to Oden, came first. These methods failed to establish, however, sharp distinctions between different humus fractions, which could be associated with their functions in the soil. It is of special interest to record here that although the less readily decomposable fractions of humus were extracted by means of these procedures, they were frequently considered, by a curious twist of interpretation, to be the more "active" fractions.

The oxidation methods, based upon the destruction of different portions of the soil organic matter by means of a variety of oxidizing agents, such as dilute H_2O_2 , permanganate or acetyl bromide, were also utilized for this purpose. Springer (3), for example, assumed that the "stable part" of the humus is the more significant of the two, from the point of view of soil fertility. On the basis of this assumption, he concluded that the acetyl bromide method, which leaves this fraction unoxidized, yields important information concerning soil humus; the ratio of the carbon in the insoluble fraction to the total carbon was designated as the "degree of decomposition" or "humification".

The acid hydrolysis of the soil humus was also utilized in order to differentiate between the two constituent groups. This method (12), based upon an earlier procedure of peat hydrolysis developed by Keppeler (1), consists in the separation of humus into acid hydrolyzable and non-hydrolyzable fractions. Since the latter increases with the advance of decomposition, the ratio of the carbon in that fraction to the total carbon (or the oxygen required for oxidation as proposed by Tiurin (5) may be taken as a measure of the "degree of decomposition".

One may now approach the question as to what is "active soil organic matter?". The available information justifies the consideration of the organic matter as existing both in an "active" and in an "inactive" state. The question is then in order as to "what sort of activity?". Only the readily decomposable fraction may be considered as active in a true sense. Coal can be taken as an extreme illustration of an "inactive" form of organic matter and fresh plant material, especially in a green state, as active organic matter. Nature presents, however, in the soil humus numerous gradations between these two, so that one could hardly draw a sharp line to indicate where active organic matter ends and where the inactive form begins. One is, therefore, more justified in speaking of the "state of activity" of the soil organic matter or of the rate of its decomposition, under a definite set of conditions, rather than of "active" and "inactive" forms.

The claim to the existence of sharply defined forms of humus frequently disregards the continuity of change which is so characteristic of this complex. This "state of activity" or the rate of decomposition of the soil organic matter can be measured by several well defined methods. The most important of these are the following: 1. the rate of evolution of CO_2 from the soil; 2. the rate of liberation of nitrogen as ammonia and its transformation to nitrate; 3. the change in the chemical composition of the soil organic matter as a whole or of some of its characteristic constituents; 4. the evolution of heat in the process of decomposition of the organic matter. These methods are all based upon important chemical changes produced by the action of microorganisms upon the organic matter as a whole or upon some of its constituent complexes.

In order to demonstrate the non-existence of sharply defined humus fractions, which would be designated as "active" and "inactive", it is sufficient to place a quantity of soil under a bell-jar and measure, for a certain period of time, the amount of CO_2 given off and the nitrate accumulated (Fig. 1). After an initial rapid rise in the products of decomposition, the curves become smooth and continuous.

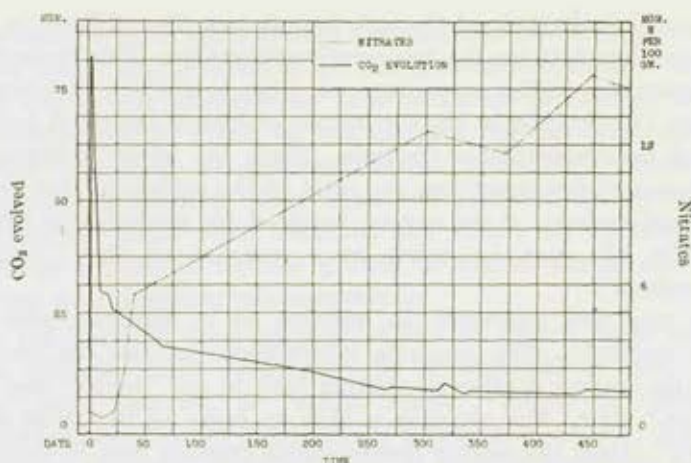


Fig. 1. Course of Biological Activities in Undisturbed Soil (Waksman and Starkey).

The initial rise in the CO_2 curve is followed by a rapid drop, and then by a gradual slope downward. The nitrate curve, representing accumulation products, slopes in a parallel manner upward. There is

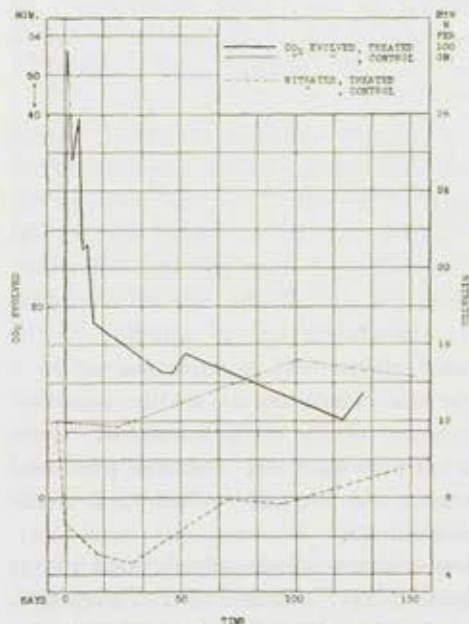


Fig. 2. Influence of Toluene and Reinoculation on Biological Activities in Soil (Waksman and Starkey).

no sharp break in the continuity of either curve. When this continuity of the decomposition process is interrupted, as by drying the soil, heating it, or by treating it with some volatile antiseptic, there is again a sharp rise in the rate of decomposition, as shown by a change in the curve of CO_2 evolution; this is again followed by a drop, namely a complete repetition of the previous curve (Fig. 2). This rapid rise in decomposition is due to the stimulation of bacterial activities in the soil, and the process is designated as partial sterilization.

These results hardly speak for the existence of a sharp

div
mat
org
deg
diff
diff
bee
act

stud
be
reac
tion
plan
mai
teri
bloc
som
slow
mat
The
tain
con
rap
tein
less
cert
som
ver
resi
poly
plan
com
deg
mea
tion
met
this

dividing line between "active" and "inactive" forms of organic matter; they can be interpreted only in terms of the existence of soil organic matter in a certain state. On comparing soils of different degrees of fertility (Fig. 3), similar results were obtained concerning differences in the state of the soil organic matter, as expressed by differences in the rate of its decomposition. A marked parallelism has been found to exist between the results obtained by these methods, actual crop yields, and the bacterial population of the soil (6).

Formation and nature of humus.

The mechanism of humus formation can be best illustrated by studying the decomposition of different plant materials. These can be so selected that some are readily subject to decomposition, as in the case of green plants (young cereal plants, maize, alfalfa, clover) or materials high in nitrogen (dried blood, cottonseed meal), and some that decompose only slowly, such as cereal straw, mature leaves and needles. These materials contain certain well-defined chemical constituents which decompose rapidly (sugar, starches, proteins), some which decompose less rapidly (cellulose and certain hemicelluloses), and some which decompose only very slowly (lignins, gums, resins, fats and waxes, certain polyuronides). When these plant materials are placed in composts or in soil and the degree of their decomposition measured, using CO_2 evolution as the most convenient method, a rapid rise is first observed in the rate of decomposition; this gradually slows down, until a definite equilibrium is obtained.

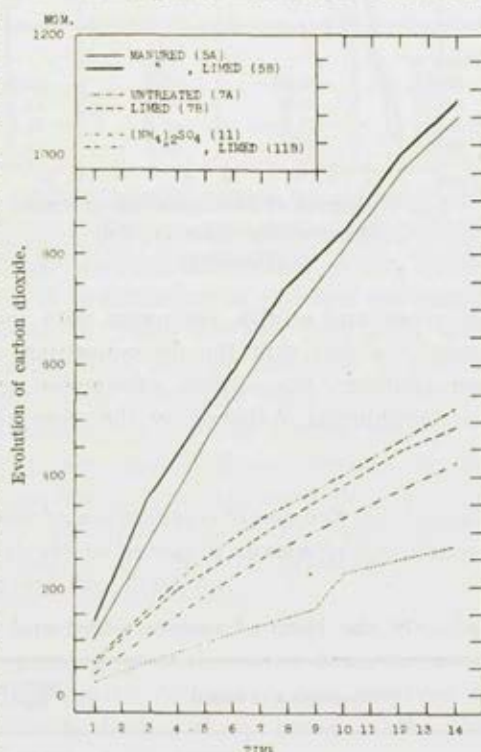


Fig. 3. Evolution of Carbon Dioxide from Fresh Soils of Different Fertility (Waksman and Starkey).

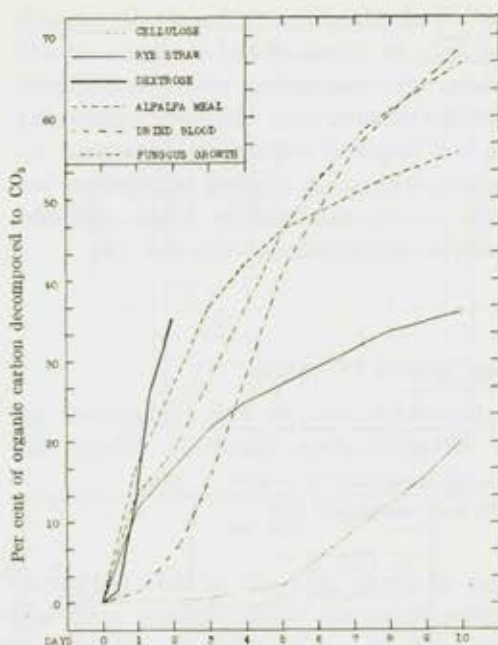


Fig. 4. Courses of Decomposition of Some Organic Materials In Soil (Starkey).

the straw and alfalfa, compared with those for dextrose and cellulose, reveal the fact that the decomposition of the two substances follows one another: the soluble substances are first attacked by the soil microorganisms, followed by the more resistant carbohydrates.

Table 1. — *Proximate composition of natural forest humus (hardwood forest) and of humus prepared in the laboratory by the decomposition of fresh oak leaves (13).*

On the basis of moisture-free and ash-free organic matter.

Composition of humus	Surface humus layer of hardwood forest soil	Oak leaves decomposed for 6 months, under aerobic conditions
	Per cent	Per cent
Water-soluble fraction	7.00	13.84
Hemicelluloses	18.52	8.71
Cellulose	11.44	8.00
Lignin	47.64	54.21
Protein	10.06	12.33
Ether-soluble fraction	5.34	3.04
pH	5.60	4.93

The latter depends on the nature of the material and conditions of decomposition. Only a very detailed study will reveal the existence of certain breaks in the decomposition process, namely at a point when the soluble carbohydrates are consumed and when most of the cellulose is decomposed. These breaks are influenced by so many factors, notably nitrogen supply, presence of specific organisms and nature of soil, that they can easily be overlooked, especially since they frequently overlap. As a result of this, a continuous decomposition curve may be obtained (Fig. 4). The curves for

The differences in the rate of decomposition of the straw and alfalfa are due entirely to differences in their chemical nature. Gradually, the chemistry of the residual material begins to approach that of soil humus. This is brought out in Table 1, where a comparison is given between forest humus, or the surface layer of a hardwood forest soil, and humus resulting from the aerobic decomposition of oak leaves for 6 months in the laboratory. No marked chemical difference, except for minor quantitative variations, can be seen between these two forms of humus.

Table 2. — *Hemicellulose and uronic acid content in soil organic matter (9).*

Soil treatment	Total organic matter in soil, %	Pentosan in soil organic matter, %	Hemicelluloses in soil organic matter, %	Uronic acid anhydride in soil organic matter, %
Manured	2.49	8.35	10.40	19.23
Untreated	1.31	4.58	5.80	31.65
Manured and limed	3.01	5.25	7.71	12.87
Limed only	1.82	4.06	5.33	19.98

On examining the nature of the organic matter in manured and unmanured soils, only quantitative differences between the various chemical constituents rather than absolute differences in the nature of the humus are again found. It is sufficient to examine the results of another experiment presented in Table 2. The four soils were treated alike for 25 years; some were heavily manured and some received no manure at all, some were limed and some not; although the differences in the total amounts of organic matter present in these soils are marked, only minor quantitative variations in the various chemical constituents are found. There is no doubt that these constituents influence the rate of decomposition of the organic matter as a whole, but they do not point to any distinct difference between "active" and "inactive" forms of organic matter.

Finally, a detailed analysis of the organic matter in a podzol profile is given (Table 3), beginning with the litter down to the C horizon. Although marked quantitative differences are observed in the different horizons, one fails to find a sharp break in the continuity of the chemical composition of the humus.

Summary.

Soil organic matter or humus undergoes as a whole only very slow decomposition. Some of the chemical constituents are more readily

Table 3. — *Chemical composition of humus in a raw-humus forest podzol (8).*

Per cent of humus.

Horizon	Litter	F-layer	H-layer	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂ -C
Ether-soluble portion	6.38	4.86	4.25	3.21	3.12	1.54	1.00
Alcohol-soluble portion	2.57	4.16	3.54	2.25	2.42	1.08	0.98
Cold- and hot-water-soluble portions	4.06	6.73	3.31	1.88	4.10	2.38	1.03
Hemicelluloses	18.23	11.94	9.49	8.00	10.30	8.70	6.22
Cellulose	15.72	8.24	4.75	—	—	—	—
Lignin	38.38	44.24	50.13	—	—	—	—
Protein	5.44	14.00	13.12	14.25	21.50	19.43	15.81
Total accounted for	91.65	90.17	85.22	—	—	—	—

decomposable and others less readily. There is no sharp dividing line among these constituents, as regards the ability of the soil microbiological population to attack them. The less readily decomposable constituents are believed to play a primary function in improving the physical and physico-chemical soil conditions; the more readily decomposable substances seem to be more important from the point of view of soil fertility, supplying the nutrients for crop growth. This knowledge was the basis for a number of methods for distinguishing the two groups of humus constituents. Some of the methods are primarily chemical and others are biological. The chemical methods fall into several categories:

1. The extraction of some of the organic constituents by means of alkalis or neutral salt solutions. Whether the extracted fraction is determined gravimetrically or colorimetrically, no new substantial evidence has been submitted recently that these methods give more specific information than the older procedures for determining "humus" or "humic acid", a complex of unknown composition and of unknown concentration. These methods have been long abandoned after careful study.

2. The oxidation of some of the organic constituents of the soil humus. These methods range from the use of dilute permanganate and H₂O₂ solutions to that of acetyl bromide. By means of these methods, it is possible to determine either the organic matter as a whole or only certain humus constituents, designated variously as "humus", "true humus", or "humic acid". Although these methods give a certain insight into the make up of the humus complex, it is

as ye
the d
3.
meth
large
lignin
comp
obtai
espec
in th
relati
humu
T
criter
soil.
based
libera
of th

1. K

2. S

3. S

4. S

5. T

6. W

7. W

8. W

9. W

10. W

11. W

as yet difficult to evaluate them, especially those that are based upon the determination of only a certain fraction of the organic matter.

3. Hydrolysis of the soil organic matter with mineral acids. These methods result in the separation of the carbohydrates, which belong largely to the readily decomposable humus constituents, from the lignins and a part of the proteins, as well as from the other chemical compounds, which are decomposed only more slowly. The results obtained by these methods are more clearly defined chemically, especially in the case of composts, forest soils and peats. However, in the case of mineral soils, it still remains to be determined what relation these constituents bear to the rate of decomposition of soil humus.

The biological methods offer, so far, the only definite reliable criteria for evaluating the availability of the organic matter in the soil. Among these methods, the most convenient are those that are based upon the study of the evolution of the carbon as CO_2 and the liberation of the nitrogen as ammonia, followed by the transformation of the latter to nitrate.

LITERATURE CITED.

1. KEPPELER, G. Bestimmung des Verrotfungsgrades von Moor und Torfproben. *Jour. Landw.* 68, p. 43—70. 1920.
2. SHOREY, E. Report on the determination of organic matter from the laboratories of soil fertility investigations. *Trans. Second Comm. Intern. Soc. Soil Sci. B*, p. 87—92. 1929.
3. SPRINGER, U. Zur Kenntnis einiger bekannter Handelshumusdüngemittel, ein Beitrag zu ihrer Beurteilung und Bewertung. *Bodenk. Pflanzenernähr.* 3 (48), p. 139—188. 1937.
4. STARKEY, R. L. Some observations on the decomposition of organic matter in soils. *Soil Sci.* 17, p. 293—314. 1924.
5. TIUBIN, I. V. On the biochemical methods of determination of organic matter in soil. *Trans. Dokuchaiev Inst. Acad. Sci. U. S. S. R.* 10: 27—37. 1933.
6. WAKSMAN, S. A. Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility. VII. Nitrification. *Soil Sci.* 16, p. 55—67. 1923.
7. WAKSMAN, S. A. Humus, origin, chemical composition and importance in nature. Williams and Wilkins Co. Baltimore, Md. 1936.
8. WAKSMAN, S. A. AND HUTCHINGS, I. J. Chemical nature of organic matter in different soil types. *Soil Sci.* 40, p. 347—364. 1935.
9. WAKSMAN, S. A. AND REUSZER, H. W. On the origin of the uronic acids in the humus of soil, peat and composts. *Soil Sci.* 33, p. 135—151. 1932.
10. WAKSMAN, S. A. AND STARKEY, R. L. Partial sterilization of soil, microbiological activities and soil fertility. *Soil Sci.* 16, p. 247—268. 1923.
11. WAKSMAN, S. A. AND STARKEY, R. L. Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility. VII. Carbon dioxide evolution. *Soil Sci.* 17, p. 141—161. 1924.

12. WAKSMAN, S. A. AND STEVENS, K. R. A critical study of the methods for determining the nature and abundance of soil organic matter. *Soil Sci.* 30, p. 97—116. 1930.
 13. WAKSMAN, S. A., TENNEY, F. G. AND STEVENS, K. R. The role of micro-organisms in the transformation of organic matter in forest soils. *Ecology*, 9, p. 126—144. 1928.
-

GESETZMÄSSIGKEITEN BEI DER ADSORPTION DER PHOSPHORSÄURE UND DES KALIS IM BODEN.

STEFAN MAUTNER, *Parkan, Tschechoslowakei* und ELISABETH ROBOZ,
Kaposvár, Ungarn.

Es ist eine der Hauptfragen der Bodenchemie, wie man die Düngedürftigkeit des Bodens im vorhinein bestimmen kann. Ein grosser Teil der Forscher nimmt an, dass aus den Pflanzenwurzeln schwach saure Wurzelsäfte austreten, welche Flüssigkeiten die aufnehmbaren Bodenbestandteile auflösen, worauf die gelösten Stoffe durch die Kapillarwurzeln aufgesaugt werden.

Diese Annahme ist angesichts der physikalisch-chemischen Gesetze nicht stichhaltig. Es ist bekannt, dass die Pflanzen sehr viel Wasser verdunsten und aus diesem Grunde die Pflanzensäfte immer konzentrierter sind als die Bodenlösungen. Es ist aber aus der physikalischen Chemie bekannt, dass die konzentrierten Lösungen viel schwerer diffundieren, als die verdünnten; so, dass schon aus diesem Grunde nicht zu erklären wäre, dass die Wurzelsäfte in die Bodenlösung hineindiffundieren würden. Nehmen wir hinzu, dass die Kapillarwurzeln den Gesetzen der Kapillarität folgen und die Kapillarkräfte immer Saugkräfte und nie Stosskräfte sind. Es ist weiter bekannt, dass die Blätter der Pflanzen, wie eine Saugpumpe wirken. Es ist daher nicht wahrscheinlich, dass solange keine Mangelercheinungen bei den Pflanzen auftreten, Flüssigkeiten aus den Wurzeln in den Boden treten würden.

Es würde gegen die geltenden physikalischen Gesetze verstossen, wenn Pflanzensäuren aus den Wurzeln austreten, sich im Boden mit löslichen Bodenbestandteilen sättigen und dann in die Wurzeln zurückkehren würden.

Man kann die Nährstoffaufnahme der Pflanzen nur so erklären, dass die Nährstoffe zuerst in gelöstem Zustande sein müssen um von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden zu können. Auf die löslichen Bodenbestandteile wirken 2 Kräfte: Die Saugkraft der Wurzeln und die Adsorption des Bodens. Die Saugkraft der Wurzeln muss die Adsorptionskraft des Bodens überwinden um die Pflanzennährstoffe aufnehmen zu können. Die Phosphorsäure ist speziell in

sehr verschiedenem Masse leichtlöslich. Es gibt Böden mit dem gleichen Gesamtphosphorsäuregehalt, bei denen beim 1. Boden 6 % der Phosphorsäure, hingegen beim 2. Boden 35 % der Phosphorsäure leichtlöslich waren. Wir können seine Aufnahme durch die Pflanzen nur dann verstehen, wenn wir zuerst die Gesetze der Phosphorsäureadsorption kennen lernen.

Die Bestimmung der Phosphorsäureadsorption.

Die Versuchsmethodik war folgende: Es wurden 20 g lufttrockener Boden in eine Stohmannflasche von 500 ccm Inhalt eingewogen. Dann wurden 100 ccm phosphorsäurefreies, an der Luft 10 Minuten lang stehen gelassenes Sodawasser zugesetzt. Das Gemisch wurde im Schüttelapparat 8 Stunden lang geschüttelt. Nach erfolgtem Absitzenlassen wurden 25 ccm abpipettiert und die phosphorsäure kolorimetrisch bestimmt. Die Bestimmung geschah so, dass zur Bodenlösung zuerst 2 ccm Molybdänreagenz zugesetzt und die Lösung gut durchgeschüttelt wurde. Dann wurden 2 ccm Hydrochinonlösung und 10 ccm Natriumsulfitlösung zugesetzt. Zum Vergleiche dienten Natriumbiphosphatlösungen mit bestimmtem Phosphatgehalt. Nach 4-stündigem Stehen wurden die Resultate abgelesen.

Die Zusammensetzung der Reagenzien:

- a) Molybdänlösung.
 50 g Ammonmolybdat
 800 g H_2O
 200 g H_2SO_4 66 Bé.
- b) Hydrochinonlösung. 10 g Hydrochinon gelöst in 1 Liter 1 %-ger H_2SO_4 -Lösung.
- c) eine 20 %-ige Natriumsulfitlösung.

I. Versuchsreihe. In der I. Versuchsreihe wurden einmal 10, einmal 20 g Boden eingewogen und in den 3. Proben je 2 ccm einer Superphosphatlösung zugesetzt, die 1 gr. Phosphorsäure pro 1 Liter Lösung enthält. Bei 20 g Einwage entspricht es 100 mg P_2O_5 pro 1 Kg. Boden. Die Resultate sind in der I. Tabelle zu finden.

Es zeigt sich aus der I. Tabelle, dass der grösste Teil des zugesetzten wasserlöslichen Phosphatdüngers in Wasser unlöslich, besser gesagt, schwerlöslich wird. Dass von einer absoluten Unlöslichkeit keine Rede sein kann, ist auch davon ersichtlich, dass bei steigender Verdünnung die Löslichkeit steigt.

Wie wir sehen, verhindert die Natur die zu rasche Auslaugung der wasserlöslichen Phosphate. Bei Répássy I. wurde 99 %, bei Répássy II. 95 %, bei Szt. István XIII. 99 %, bei Garten I. 66 % und bei Garten II. 75 % der gedüngten Phosphorsäure vom Boden zunächst zurückgehalten. Der Einwand einiger Autoren gegen die Verwendung des Superphosphates, dass es aus dem Boden leicht ausgewaschen

Tabelle I.

Bodenprobe	Ein- wage in g	Zugesetzte P_2O_5 in mg/l Kg. Boden	Gefundene P_2O_5 in mg/l Kg. Boden
Répásky I	10	0.0	8.0
„	20	0.0	6.5
„	20	100.0	7.5
Répásky II	10	0.0	2.0
„	20	0.0	1.0
„	20	100.0	6.0
Szent István XIII	10	0.0	2.0
„	20	0.0	1.0
„	20	100.0	2.0
Garten I	10	0.0	80.0
„	20	0.0	46.0
„	20	100.0	80.0
Garten II	10	0.0	14.0
„	20	0.0	7.0
„	20	100.0	32.0

wird, ist nicht stichhaltig. Thomasmehl bietet in dieser Hinsicht gegenüber dem Superphosphat keinen Vorteil.

Es fragt sich, ob das Unlöslichwerden der zugesetzten Phosphorsäure auf Präzipitation oder Adsorption beruht und welchen Gesetzen es unterworfen ist.

Es wurde zuerst die Wirkung des $CaCO_3$ auf die Löslichkeit des Superphosphates untersucht. Die Resultate befinden sich in der II. Tabelle.

Tabelle II.

Einwage: 20 g Boden von der Probe Szt. István XIII. und 100 ccm Sodawasser		
zugesetztes $CaCO_3$ in g	zugesetzte P_2O_5 in Super- phosphatform in mg/l Kg. Boden	gefundene P_2O_5 in mg/l Kg. Boden
0.1	0.0	1.0
0.1	100.0	8.0
0.02	0.0	1.0
0.02	100.0	10.0

Bei Szt. István XIII. ist zu bemerken, dass er kein $CaCO_3$ enthält. Es zeigt sich, dass ein $CaCO_3$ -Gehalt die Phosphorsäure löslicher macht. Es ist aber bemerkenswert, dass mit steigendem $CaCO_3$ -Gehalt die Löslichkeit der Phosphorsäure — wie es auch Roboz (1) gefunden hat — wieder abnimmt.

Dieser Umstand zeigt, dass beim Unlöslichwerden der Phosphorsäure chemische Einflüsse eine recht grosse Rolle mitspielen. Es ist bekannt, dass die Anwesenheit der Fe und Al Ionen die Bildung der unlöslichen dreibasischen Fe und Al-Phosphate begünstigt. Bei gleichzeitiger Gegenwart von Ca-Ionen tritt zwischen den Ca und Me_3 -Phosphaten ein Gleichgewichtszustand ein, der bei steigender Konzentration der Ca-Ionen die Bildung der löslichen Kalkphosphate begünstigt. Es zeigt sich aber, dass bei weiterem Ansteigen des CaCO_3 Gehaltes die Löslichkeit der Phosphorsäure wieder abnimmt. Diese Erscheinung können wir mit der Präzipitation der zweibasischen Kalkphosphate erklären.

Es wurden weitere Untersuchungen angestellt, wie sich die Löslichkeit des Superphosphates mit zunehmender P_2O_5 -Zugabe entwickelt. Die Versuche wurden mit dem Boden Libád VI A ausgeführt. Einwage war 20 g. Die Resultate sind in der III. Tabelle enthalten.

Tabelle III.

Lösungsmittel	Zugesetzte P_2O_5 in mg/1 Kg. Boden	Gefundene P_2O_5 in mg/1 Kg. Boden	% Löslichkeit der P_2O_5 Zugabe
100 cem Sodawasser.....	0.0	1.0	—
„	100.0	2.0	1 %
„	200.0	9.0	4 „
„	300.0	27.0	8.7 „
„	400.0	44.0	10.8 „
„	500.0	75.0	14.8 „
„	600.0	99.0	16.3 „
„	700.0	130.0	18.4 „
„	800.0	166.0	20.6 „
100 cem 1 % KCl Lsg.	800.0	128.0	15.9 „

Was die Methodik anbelangt, so muss bemerkt werden, dass bei den höheren Phosphorsäurezugaben kleinere Lösungsmengen zwecks Phosphorsäurebestimmung abpipettiert wurden.

Wir sehen, dass mit steigender Phosphorsäurezugabe die relative Löslichkeit der Phosphorsäure grösser wird.

Zur Erklärung der erhöhten Löslichkeit mit steigender Phosphorsäurezugabe können wir 2 Hypothesen heranziehen. Nach der ersten Hypothese ist an dem Unlöslichwerden der P_2O_5 die physikalische Adsorption schuld. Es wird die Phosphorsäure an die Bodenteilehen gerissen und von ihnen festgehalten. Zuerst ist die Adsorptionsfähigkeit des Bodens gross, es wird manchmal 99 % adsorbiert. Mit fortschreitender P_2O_5 -Zugabe wird der Boden mit P_2O_5 immer

gesättigter und seine Adsorptionsfähigkeit immer kleiner. Auf diese Weise wird die Löslichkeit der Phosphorsäure immer grösser.

Nach der 2. Hypothese wird die Phosphorsäure durch die Ca und Me_3 Ionen präzipitiert, also in sekundäre Ca-Phosphate, sowie in tertiäre Me_3 Phosphate umgesetzt. Diese Phosphate wurden jedoch durch die Kohlensäure teilweise gelöst und es tritt ein Gleichgewichtszustand ein. Das Gleichgewicht hängt von den Konzentrationsverhältnissen ab. Zuerst sind genügende Fe, Al oder basisch reagierende Ca Ionen vorhanden um das zugesetzte Superphosphat beinahe vollständig zu präzipitieren. Je mehr Superphosphat noch zugegeben wird, desto weniger Me_3 - und basische Ca-Ionen stehen zur Umsetzung bereit, aus welchem Grunde die Löslichkeit der Phosphorsäure immer grösser wird. Die Resultate, die in der 2. Tabelle enthalten sind, zeigen uns, dass chemische Reaktionen bestimmt eine Rolle spielen. Ob dabei auch eine weitgehende physikalische Adsorption vonstatten geht, ist an der Hand der bisherigen Resultate vorläufig noch nicht zu bestimmen.

Wir sahen aus den bisherigen Versuchen, dass das zugesetzte Superphosphat z. T. in Präzipitatphosphat übergeht und dennoch seine Löslichkeit mit der Verdünnung zunimmt. Es ist daher zu erwarten, dass das Präzipitatphosphat auch nicht vollständig unlöslich ist, sondern durch CO_2 teilweise abgebaut wird.

In der jetzt folgenden IV. Versuchsreihe wurde die Löslichkeit der Thomasschlacke untersucht, und zwar sowohl in destilliertem Wasser wie auch in Sodawasser. Tabelle IV. enthält die Resultate.

Tabelle IV.

Einwäge von 20%-iger Thomasschlacke in g	Zugesetztes dest. Wasser in ccm	Zugesetztes Sodawasser in ccm	Gelöste P_2O_5 in mg	% Löslichkeit
0.05	—	100.0	2.0	20 %
0.1	—	100.0	3.4	17 "
0.1	100.0	—	0.56	2.8 "
0.2	100.0	—	0.52	1.3 "
1.0	100.0	—	0.56	0.28 "

Die Thomasschlacke ist in destilliertem Wasser schwer löslich. Ihre Löslichkeit trägt den Charakter eines Löslichkeitsproduktes. (Die Löslichkeit ist nämlich von der Menge der Thomasschlacke unabhängig.) In Sodawasser jedoch steigt die Löslichkeit mit steigender Thomasschlackenmenge. Hier handelt es sich offenbar um eine umkehrbare chemische Reaktion:



Bei der Verwendung von unausgekochten destillierten Wasser, in dem nur wenig CO_2 vorhanden ist, wird die Reaktion von der Erhöhung der CaHPO_4 -Konzentration nicht beeinflusst, weil die kleine CO_2 Menge wahrscheinlich rasch vergriffen wird und eine weitere Menge des Präzipitatphosphates nicht mehr in Lösung gebracht werden kann.

Sehen wir nun, wie die Verhältnisse liegen, wenn ein Boden mit Thomasschlacke gedüngt wird. Eingewogen wurden 20 g Boden aus der Probe Libád VI A, und der Einwage wurden in jedem Falle 100 ccm Sodawasser zugesetzt. Die Resultate sind in der V. Tabelle enthalten.

Tabelle V.

Zugesetzte Phosphorsäure in mg/l Kg. Boden	Gefundene Phosphorsäure in mg/l Kg. Boden	% Löslichkeit
0.0	1.0	—
100.0	1.0	0.0 %
200.0	3.0	1.0 %
300.0	5.5	1.5 %
400.0	7.5	1.6 %
500.0	10.0	1.8 %
600.0	16.0	2.5 %
700.0	18.5	2.5 %
800.0	22.0	2.6 %

Es ist aus der V. Tabelle ersichtlich, dass die Thomasschlacke im Boden weniger löslich ist als sonst. Der Grund des Löslichkeitsrückganges kann ebenso in der physikalischen Adsorption wie in chemischen Umsetzungen zu suchen sein.

Aus dem Verhalten der Thomasschlacke kann man auch das leicht erklären, warum das schon einmal adsorbierte Superphosphat wieder in Lösung geht. Das präzipitierte sekundäre Kalkphosphat wird nämlich wieder umgesetzt.

Mit den Adsorptionsvorgängen kann man den Umstand erklären, dass viele Böden, obwohl sie phosphorarm sind, doch mit Phosphatdünger keinen merklichen Erntezuwachs geben. Es kommt nämlich vor, dass trotz einer reichlichen Phosphatdüngung die momentan gelöste Phosphorsäuremenge kaum verändert wird (z. B. bei Szent István XIII, Libád VI A, usw.).

Von den Phosphatdüngern müssen wir immer diejenige Düngungsart wählen, durch welche der Gehalt an löslicher Phosphorsäure am meisten erhöht wird. Wir können im allgemeinen 3 Phosphat-

düngungsmethoden unterscheiden: 1) Düngung mit wasserlöslichen Phosphaten, 2) Düngung mit zitronensäurelöslichen Phosphaten, 3) Düngung mit wasserlöslichen Phosphaten kombiniert mit CaCO_3 .

Bestimmung der Kaliadsorption im Boden.

Bei der Kaliadsorption spielen chemische Umsetzungen so gut wie gar keine Rolle. Bei der Kaliadsorption sollen 2 Momente beachtet werden. 1) Die austauschbaren Elektrolyte können gegen Kaliumionen ausgetauscht werden, 2) die Kalisalze können vom Boden physikalisch adsorbiert werden. Die Messung der Kaliadsorption erfolgte mit der Aspergillusmethode.

Es wurden 10 g lufttrockener Boden in eine Stohmannflasche 500 ccm Inhalt eingewogen und wurden 100 ccm Sodawasser zugesetzt. Es wurden dann wachsende Mengen einer KCl Lösung zugesetzt. Es ist zu bemerken, dass die 1. und 2. Flasche keine KCl Lösung bekommen hat. Die Flaschen wurden dann 8 Stunden lang im Schüttelapparate geschüttelt. Nach Absitzenlassen des Bodens wurde $\frac{1}{4}$ Teil der Lösung abpipettiert, so dass es 2.5 g Bodeneinwaage entsprach. Von den 1. und 2. Flaschen wurden je 2 Proben gezogen. Von den erhaltenen 4 Proben wurden bei 2 Proben nichts zugesetzt, und bei den restlichen 2 Proben nachher 2.5 ccm KCl Lösung hinzugefügt. Der Kaliumgehalt der Lösung entsprach genau 0.25 Milligramm.

Dann wurde jeder Probe 25 ccm Aspergillusnährlösung zugesetzt und die ganze Lösung mit Aspergilluskultur geimpft. Die erhaltenen Aspergillusernten beziehen sich auf 2.5 g Boden. Die Resultate befinden sich in der 6. Tab.

Tabelle VI.

Einwaage: 10 g Boden von der Probe Garten I. Zugesetzt: 100 ccm Sodawasser	
zugesetzte K-Menge in mg/l Kg. Boden	Aspergillusernte in g
0.0	0.375
40.0	0.485
100.0	0.58
200.0	0.625
300.0	0.69
400.0	0.775
600.0	0.835
800.0	0.83
Kontrollversuch ohne KCl-Zugabe mit nachher zugesetzten 100 mg K/l Kg.Boden..	0.585

Man sieht aus diesen Ergebnissen, dass die Kaliadsorption im untersuchten Boden keine grosse Rolle spielt. Denn 100 mg K/l Kg Boden mit nachfolgender Adsorption gab fast gleiche Aspergillusernte, als 100 mg K ohne Bodenadsorption. Es ist durchaus möglich, dass

bei reicheren Kalizugaben die Adsorption eine grössere Rolle spielt. Diese Fälle sind aber praktisch nicht wichtig; sie wurden deshalb auch nicht untersucht. Es sind wohl auch solche Fälle möglich, wo die Kaliadsorption auch bei kleineren Kalizusätzen grössere Werte erreichen kann; speziell bei kalkarmen Böden, wo zwischen der aktuellen und der latenten Azidität eine grössere Spanne besteht.

Für die Mehrzahl der Fälle sind aber die Ergebnisse der VI. Tabelle charakteristisch.: Die Kaliadsorption ist bei ihnen unwesentlich. Dieser Tatbestand hat ebenso Vorteile, wie auch Nachteile. Der Vorteil besteht darin, dass die Pflanzen die zugesetzten Kalidünger wirklich leicht aufnehmen können. Der Nachteil wiederum besteht darin, dass das Kali durch die Niederschläge aus dem Boden zu rasch ausgewaschen wird.

Man kann aus den Ergebnissen der VI. Tabelle noch einen wichtigen Schluss ziehen. Es zeigt sich, dass im Falle, wenn die Bodenkolloide sich in koaguliertem Zustande befinden, die physikalische Adsorption im allgemeinen unwesentlich ist. So können wir auch bei der Phosphorsäureadsorption annehmen, dass das Unlöslichwerden der Phosphorsäure im Boden grösstenteils auf chemische Umsetzungen zurückzuführen ist.

Theoretische Auswertung der Adsorptionsmessungen in bezug auf die Bestimmung der Düngebedürftigkeit des Bodens.

Aus den Untersuchungen der Bodenadsorption können wir sehr weitgehende Schlüsse ziehen mit Rücksicht auf die Bestimmung der Düngebedürftigkeit der Böden.

Nach der Liebig'schen Theorie hängt der Ertrag des Bodens von der Menge der Nährstoffe ab; und zwar wird der Ertrag durch den im Minimum befindlichen Nährstoff am meisten beeinflusst. Später wurde die Theorie dahin umgeändert, dass nicht die absolute Menge der Nährstoffe massgebend ist, sondern nur jene Nährstoffmenge, die sich in für die Pflanzen aufnehmbarer Form befindet. Es tauchen da 3 Fragen auf und man hat sich bis heute vergeblich bemüht um sie zu beantworten. Diese Fragen sind: 1) Wie hoch ist die für die Pflanzen aufnehmbare Nährstoffmenge, 2) ist die gefundene Menge viel oder wenig, 3) in welchem Masse wird der zugesetzte Kunstdünger von den Pflanzen aufgenommen?

Um diese Fragen beantworten zu können, hat man verschiedene Bodenuntersuchungsmethoden ausgearbeitet. Die Methoden sind chemischer, biologischer und vegetativer Natur. Was die chemischen Methoden anbelangt, so hat man angenommen, dass die Pflanzenwurzeln schwach sauer reagierende Wurzelsäfte aussenden, welche die

aufnehmbaren Nährstoffe lösen. Dieser Gedankengang verstösst gegen die Gesetze der Osmose, der Kapillarität und der Saugkräfte, wie es bereits in der Einleitung dieser Arbeit bereits ausführlicher besprochen wurde.

Es wurde an dieser Hypothese jahrzehntelang festgehalten und es wurden zahlreiche chemische Methoden ausgearbeitet. Die Forscher haben die verschiedensten Säuren verwendet, von denen sie glaubten, dass deren lösende Kraft der Saugkraft der Wurzeln gleichkommt. Ausserdem war noch zu entscheiden, von welchem Grenzwerte anfangen, der Boden, als genügend nährstoffreich angesehen werden kann. So hat man recht verschiedene Lösungsmittel gefunden und recht verschiedene Grenzwerte aufgestellt.

Andere Forscher haben die Aufnahmefähigkeit der Böden mit biologischen und vegetativen Methoden untersucht. Hierher gehören: die Neubauer-methode, die Aspergillus-methode und die Mitscherlich-methode.

Was die Neubauer-methode anbelangt, hat Hock (1a) in seiner Arbeit über die Neubauer-methode gefunden, dass 1) sie dem Minimum-gesetz nicht Genüge leistet, und 2) dass sie die aufnehmbaren Pflanzennährstoffe nicht vollkommen erfasst.

Die Neubauer-methode, sowie auch die meisten anderen Methoden, weisen einige Mängel auf. Ihr grösster Mangel ist, dass sie die Düngedürftigkeit nicht direkt messen, sondern Grenzwerte aufstellen, welche Grenzwerte bis heute nicht sicher feststehen. Ein weiterer Mangel ist, dass ein gefundener Nährstoffmangel noch überhaupt keine Garantie bietet, dass der verwendete Kunstdünger auch nützen wird. Bei der Messung der Phosphorsäureadsorption durch den Boden hat sich gezeigt, dass viele Fälle vorkommen, wo der Phosphorsäuredünger 100 %-ig vom Boden adsorbiert wird und deshalb den Ertrag nicht erhöhen kann.

Angesichts dieser Schwierigkeiten hat Dworák (2) die These aufgestellt, dass nicht der Nährstoffgehalt des Bodens massgebend ist, sondern die infolge der Düngung auftretenden Nährstoffgehaltsänderungen. Er hat seine Auffassung auch mathematisch formuliert. Bezeichnen wir den Ertrag des Bodens mit y , seinen aufnehmbaren Nährstoffgehalt mit x , so erhalten wir nach Liebig: $y = f(x)$. Differenzieren wir diese Funktion, so erhalten wir $dy = f'(x) dx$. Laut dieser Gleichung ist die Ertragserhöhung einzig und allein von der Nährstoffänderung abhängig; vom ursprünglichen Nährstoffgehalt jedoch unabhängig. Die Dworák'sche Gleichung würde nur dann gelten, wenn die Funktion erster Ordnung wäre, wenn also die Funktion folgende Gestalt hätte: $y = ax + b$. Nach Mitscherlichs (3)

Untersuchungen wissen wir jedoch, dass die Funktion eine ganz andere Gestalt hat, u. z. $\log (A-y) = \log A - ex$. Aus diesem Grunde kann man Dworaks These nicht annehmen.

In gewisser Beziehung waren Dworaks Konstatierungen jedenfalls gut, zur Erkenntniss der Tatsache, dass die Aufnehmbarkeit des Kunstdüngers durch den Boden eine wesentliche Rolle spielen muss.

Analysieren wir, wie die Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus dem Boden erfolgt. Im Boden befinden sich Nährstoffe in Lösung, die durch die Kapillarwurzeln aufgesaugt werden. Durch neuere Kohlensäureentwicklung und neu auftretendes Bodenwasser lösen sich wieder Nährstoffe auf, die von den Kapillarwurzeln wieder aufgenommen werden usw. Bekommt nun der Boden eine Phosphatdüngung, so wird ein grosser Teil der Lösung, manchmal bis zu 100 %, festgehalten. In solchen extremen Fällen ist mit einer Ertragserhöhung nicht zu rechnen, weil ja den Pflanzen kein Plus an Nährstoffen verabreicht wird.

Wird jedoch festgestellt, dass der verwendete Kunstdünger die für die Pflanzen disponible Phosphorsäuremenge erheblich erhöht, so ist mit einer Ertragserhöhung zu rechnen. Wie gross die Ertragserhöhung wird, das will Dworak mit einem Umrechnungsfaktor, der allerdings noch nicht bekannt ist, berechnen.

So einfach liegen die Verhältnisse nicht. Nach unseren Versuchen stellen die Adsorptionswerte keine absoluten Grössen dar, weil mit wachsender Verdünnung die Löslichkeit grösser wird. Die von den Pflanzen aufgenommene P_2O_5 -Menge setzt sich aus zwei Grössen zusammen, 1) aus dem ursprünglichen P_2O_5 -Gehalt des Bodens und 2) aus dem zugesetzten Kunstdünger. Die Löslichkeit der beiden Phosphorsäurearten wächst mit der Verdünnung, aber nicht im gleichen Masse, so dass das Plus an aufnehmbarer Phosphorsäure nach kurzer Zeit zu sinken beginnt. Es kann auch vorkommen, dass der Dünger bei zu grosser Löslichkeit (Garten I) rasch vergriffen wird.

Die Messung der Nährstoffgehaltsänderung des Bodens nach der Düngung erlaubt uns festzustellen, in welchem Masse der Kunstdünger wirksam sein wird, aber zur Bestimmung der Düngebedürftigkeit reicht es allein nicht aus.

Lassen wir uns deshalb in unseren Betrachtungen weiter fortfahren.

Es gibt eine biologische Methode zur Bestimmung der Düngebedürftigkeit des Bodens u. z. die Aspergillusmethode. Die Methode misst direkt die Wirkung der Nährstoffe auf die Aspergillusernte. Várallyay (4) und Mautner (5) haben die Methode derart modifiziert, dass damit die Relativarbeit — d. h. die Wirkung des Düngemittels auf die Aspergillusernte — gemessen werden konnte. Es wäre die

Methode geeignet, die Düngebedürftigkeit des Bodens zu bestimmen, wenn die Aspergillusernte unter natürlichen Zuständen gemessen werden könnte. Leider ist dies nicht der Fall. Der Boden wird durch die Aspergillusnährlösung angesäuert. Die Aspergilluskulturen stellen selbsts aus den Sulfaten der Nährlösung Schwefelsäure her. So haben wir es bei der Aspergillusmethode mit saueren Bodenlösungen zu tun.

Wir trachteten diesen Mangel dadurch zu eliminieren, dass wir den Boden zuerst mit Sodawasser extrahierten und bloss den Extrakt nach der Aspergillusmethode untersuchten. Bei den Kaliversuchen geht die Methode gut, bei den P_2O_5 Versuchen aber waren die Aspergillusernten nicht messbar, weil die P_2O_5 des Bodens im Sodawasser kaum löslich war. Bei Kali bedeutete aber diese Modifikation auch keinen Vorteil, da das Kalium vom Boden sehr wenig adsorbiert wird und deshalb das zugesetzte Kali viel rascher verbraucht wird als der ursprüngliche Kaligehalt des Bodens. Die Kaliergebnisse ohne vorhergehende Bodenextraktion scheinen der Wirklichkeit besser zu entsprechen. Es ist nämlich nach Hocks (1a) Arbeiten bekannt, dass die Aufnahmefähigkeit der Petkuskornwurzeln für Kali viel grösser ist als die Löslichkeit des Bodenkalis in Zitronensäure.

Ein weiterer Mangel der Aspergillusmethode ist, dass die Wirkung der einfachen Düngung nicht bestimmt werden kann, nur die Wirkung der kombinierten Düngung: (z. B. die Kaliversuche enthalten in der Nährlösung P und N.)

Wollen wir jetzt die am meisten entsprechende Methode, die Mitscherlichmethode besprechen. Mitscherlich misst die Düngebedürftigkeit mit einer unfehlbaren Methode: mit der Ertragserhöhung infolge der Düngung in Vegetationsgefässen. Seine Methode ist aber zu kostspielig und langwierig, so dass sie für Massenuntersuchungen nicht in Betracht kommen kann.

Es ist nun die Frage, ob sich die Methode nicht irgendwie abkürzen liesse. Mitscherlich hat gezeigt, dass nährstoffarme Böden mit entsprechender Düngung grosse Ernteerhöhungen geben können. Es ist aber bekannt, dass die Saat in solchen Fällen von Anfang an besser aussieht. Würde man die Ernte nicht reifen lassen, sondern den oberirdischen Teil schon nach 15 — eventuell nach 30 — Tagen mit einer Schere abschneiden und die erhaltenen Erträge miteinander vergleichen, so können wir damit vielleicht eine brauchbare und einfache Methode schaffen. Wir müssen bloss viele Vegetationsversuche sowie viele Freilandversuche ausführen und ihre Ergebnisse miteinander vergleichen. Auf diese Weise können wir zu Umrechnungszahlen kommen, mit deren Hilfe man die Düngebedürftigkeit des Bodens im vorhinein bestimmen kann. Es ist nicht ausgeschlossen, dass verschiedene Bodentypen verschiedene Umrechnungszahlen ergeben werden.

Der Arbeitsgang kann nach Mitscherlichs Vorschrift erfolgen, nur die Aufstellung der Versuche weicht von seiner Methode etwas ab. Die Methode kann nach folgendem Schema ausgeführt werden.

Anzahl der Gefässe	Boden		Düngung
2	1 Kg. Boden + 5 Kg. Sand		— — — — —
2	— „ —	— „ —	Superphosphat
2	— „ —	— „ —	Superphosphat + CaCO_3
2	— „ —	— „ —	Thomasmehl
2	— „ —	— „ —	Kalisalz
2	— „ —	— „ —	Ammonsulfat

Ausserdem können selbstverständlich jede beliebige Düngung sowie beliebige Düngungskombinationen untersucht werden.

Zusammenfassung.

Es wurden die Phosphorsäure und die Kaliadsorptionen gemessen und die Gesetzmässigkeiten der Adsorption bestimmt. Es wurde untersucht, in welchem Masse die Adsorption physikalischer Natur ist und in welchem Masse sie auf chemischen Umsetzungen beruht. Es wurde untersucht, wie sich die Bodenadsorption mit der Verdünnung ändert. Es wurde weiter untersucht, wie die Phosphorsäureadsorption mit der Erhöhung der P_2O_5 -Zugabe verändert wird. Es wurden die Ergebnisse der Adsorption einer weitgehenden Analyse unterworfen und aus ihnen eine neue Auffassung über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen abgeleitet. Es wurden die bestehenden Bodenuntersuchungsmethoden aus dem Gesichtspunkte der Adsorptionsvorgänge beurteilt, und es kam darauf an, eine von diesen Methoden derart umzubilden, dass man den Erfordernissen einer Massenverwendung entsprechen kann.

LITERATURVERZEICHNIS.

- 1) ROBOZ: Die physiologische Bedeutung der Bodenreaktion für die Industriepflanzen und die Wirkung der Dünger auf ihre nützlichen Bestandteile. IV. Congr. Int. Techn. et Chimique des Industries Agricoles, Bruxelles 1935.
- 1a) HOCK: Untersuchungen über die grundlegenden Faktoren d. Keimpflanzenverfahrens nach Neubauer.
- 2) DWORÁK, A talajvizsgálatok kérdéseröl. Cukorrépa 1932. X.
- 3) MITSCHERLICH: Die Bestimmung des Düngebedürfnisses des Bodens (Verlag Paul Parey).
- 4) VÁRALLYAY: Z. f. Pflanzenern. und Düngung 1934 Heft 3/4 S. 218.
- 5) MAUTNER: Mezőgazdasági Kutatások 1937. X. 101.

fils
auf
ten
Ges
steh
best
bei
dies
nati
altr
in c
wor
jens
Sch
meh
bese
schi
gan
getr
alt,
:
übe
zu v
Die
in F
:
zum
sein
Bet

ÜBER DIE ZEITLICHE ENTWICKLUNG DES PODSOLPROFILS.

V. T. AALTONEN

Forstliche Forschungsanstalt in Finnland, Helsinki.

Bei dem Versuch, die chronologische Entwicklung des Podsolprofils zu erforschen, lassen sich zwei Wege benutzen. Zunächst kann auf Grund derjenigen Kenntnisse, die über die chemischen Eigenschaften des Bodens vorliegen, und gestützt auf allgemeine chemische Gesetze, ein mehr oder weniger hypothetisches Bild über die Entstehung des Bodentyps gewonnen werden. Ein anderes Verfahren besteht darin, dass man die Veränderungen verfolgt, die in der Natur bei zunehmendem Alter des Bodens in seinem Profil eintreten. Da diese Wandlungen im allgemeinen sehr langsam sind, lassen sie sich natürlich nur durch vergleichende Untersuchungen an ungleichaltrigen Boden verfolgen. Bei den Untersuchungen, um die es sich in diesem Zusammenhang handelt, ist der letztgenannte Weg benutzt worden. Dank der bekannten Landhebung ist in Finnland und jenseits des Bottnischen Meerbusens in den entsprechenden Teilen Schwedens Gelegenheit gegeben, von neuentstandenen Boden an durch mehrere Jahrtausende die Bodenbildung zu verfolgen. Bei den zu beschreibenden Untersuchungen sind nur zwei Altersstufen unterschieden worden: junger und alter Boden. Sie sind im grossen und ganzen durch das höchste Ufer der Litorinatransgression voneinander getrennt; der junge Boden ist daher weniger als 5000—6000 Jahre alt, und der übrige ist alter Boden.

Soweit es darauf ankommt, durch vergleichende Versuche Klarheit über den Einfluss der Zeit zu gewinnen, haben gewiss die miteinander zu vergleichenden Böden in anderen Beziehungen gleichwertig zu sein. Die konsequente Erfüllung dieser Forderung ist die Achillesferse der in Frage stehenden Untersuchungsmethode.

Als sonstige auf die Bodenpodsolierung einwirkende Faktoren sind zum mindesten Klima, Bodenart, Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens, seine mineralogische Zusammensetzung und seine Pflanzendecke in Betracht zu ziehen. Wenn die Untersuchungen auf ebenem Boden

ausgeführt werden, scheidet der Einfluss der Topographie und des Mikroreliefs aus. Die grösste Schwierigkeit besteht darin, die Vergleichsstellen in bezug auf die Feuchtigkeitsverhältnisse einander entsprechend zu erhalten. Da jedoch bei den Verhältnissen, auf welche die Untersuchungen sich beziehen, angenommen werden kann, dass die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens sich zum mindesten im grossen und ganzen in seiner natürlichen Vegetation widerspiegeln, haben diesen Untersuchungen die Pflanzenassoziationen bzw. die Waldtypen zugrunde gelegen. Die Untersuchungen gliedern sich demgemäss in vier Teile: trockene Heidewälder, frische Heidewälder, feuchte Heidewälder und Hainwälder.

In der beigelegten Tabelle sind Analysenergebnisse dargestellt, die sich auf die frischen Heidewälder von N- und S-Finnland beziehen. Jede Zahlenreihe stellt die Mittelwerte von 7—10 Profilen dar. Zur Bestimmung des anorganischen Kolloidkomplexes und des Basenmineralindex sind die von Tamm (4, 5) entwickelten Methoden benutzt, Ca ist mit 10 %igem HCl bestimmt worden. Der Basenmineralindex bedeutet den auf die Mineralien mit $> 2,68$ spez. Gew. entfallenden Anteil an der Kornfraktion 0,6—0,2 mm. (Über alle Proben sind ausserdem eine Dispersitätsanalyse, eine Bestimmung der Wasserhaltungsfähigkeit und der Phosphorsäure sowie eine pH-Bestimmung in KCl angestellt worden; die Basenbestimmungen mit Elektrodialyse sind im Gange).

Die Hauptergebnisse sind folgende:

1. Die anorganischen Kolloide flocken in jungem Boden tiefer als in älterem aus; der Unterschied ist am deutlichsten in bezug auf Eisen, am kleinsten hinsichtlich der Kieselsäure, und in grobem Boden ist er grösser als in feinem.
2. Eisen flockt zuoberst aus, Kieselsäure zuunterst, Aluminium zwischen ihnen.
3. Eisen gibt es im Vergleich zum Aluminium in jungem Boden reichlicher als in altem.
4. Grobkörniger Boden wird tiefer als feinkörniger ausgewaschen.
5. Der Basenmineralindex ist bei jungem Boden etwas kleiner als bei altem.
6. Junger Boden ist im allgemeinen saurer als alter.
7. Der Boden von N-Finnland ist stärker podsoliert als der von S-Finnland. In N-Finnland ist auch der Unterschied zwischen jungem und altem Boden sowie zwischen Sand- und Feinsandboden deutlicher als in S-Finnland, und in N-Finnland tritt ein Illuvialhorizont des Humus auf.

Tiefe cm	Anorgan. Kolloidkomplex			Org. C	Basen- extrakt	Fraktion 0-0,02 mm		pH (H ₂ O)	Anorgan. Kolloidkomplex			Org. C	Basen- extrakt	Fraktion 0-0,02 mm		pH (H ₂ O)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃			SiO ₂	Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃			Fe ₂ O ₃										
	%									%														
	Sandboden									Lehmboden														
N-Finnland, junger Boden																								
0—5	0.01	0.03	0.10	0.40	2.9	4.0	4.94	0.03	0.08	0.15	0.99	2.6	12.2	4.44										
5—10	0.02	0.09	0.28	0.30	3.2	2.5	5.12	0.04	0.13	0.24	0.57	3.7	12.5	4.49										
10—15	0.03	0.09	0.28	0.19	4.2	2.1	5.10	0.11	0.60	0.67	0.67	5.4	11.1	5.07										
15—20	0.04	0.11	0.34	0.21	4.5	1.6	5.34	0.17	0.74	0.62	0.58	5.2	12.5	5.40										
20—25	0.05	0.17	0.36	0.29	5.7	2.1	5.33	0.16	0.55	0.55	0.31	5.5	13.0	5.63										
25—30	0.08	0.36	0.52	0.25	5.3	3.9	5.66	0.12	0.32	0.49	0.17	5.2	13.7	5.65										
30—35	0.12	0.32	0.53	0.20	5.6	4.4	5.66	0.08	0.27	0.46	0.14	5.5	14.1	5.79										
40—45	0.11	0.29	0.43	0.15	5.8	6.3	5.96	0.07	0.21	0.53	0.11	5.2	16.4	5.80										
N-Finnland, alter Boden																								
0—5	0.01	0.02	0.05	0.40	1.2	6.6	5.00	0.02	0.05	0.10	0.73	4.2	18.2	4.73										
5—10	0.01	0.02	0.09	0.23	1.6	6.7	5.22	0.25	1.29	1.17	1.17	10.1	17.5	5.19										
10—15	0.13	0.56	0.78	0.58	4.8	6.1	5.23	0.59	2.20	1.61	1.60	12.0	14.1	5.42										
15—20	0.51	1.59	0.86	0.80	4.8	4.4	5.54	0.53	1.91	1.15	1.11	11.8	17.8	5.68										
20—25	0.66	1.91	0.89	0.77	5.9	3.9	6.03	0.41	1.38	0.86	0.70	12.7	16.3	5.88										
25—30	0.73	1.94	0.73	0.55	5.9	4.4	6.17	0.36	1.19	0.72	0.48	13.1	15.4	5.87										
30—35	0.47	1.17	0.50	0.35	6.0	4.1	6.23	0.28	0.93	0.56	0.34	12.6	16.7	6.06										
40—45	0.27	0.64	0.44	0.20	8.0	4.6	6.23	0.19	0.55	0.51	0.22	15.1	21.7	5.88										
S-Finnland, junger Boden																								
0—5	0.04	0.21	0.24	2.05	1.7	6.1	4.48	0.03	0.14	0.21	3.57	2.2	12.3	4.44										
5—10	0.04	0.24	0.36	0.91	3.1	4.7	5.06	0.06	0.30	0.39	1.22	2.3	13.6	4.92										
10—15	0.04	0.30	0.46	0.73	2.7	4.6	5.28	0.07	0.52	0.64	1.07	3.6	14.4	5.27										
15—20	0.05	0.36	0.58	0.72	2.5	5.4	5.36	0.11	0.67	0.70	1.04	3.2	15.7	5.41										
20—25	0.05	0.46	0.66	0.68	4.0	4.3	5.44	0.11	0.65	0.67	0.80	4.6	15.4	5.54										
25—30	0.06	0.44	0.57	0.42	3.3	4.1	5.59	0.13	0.61	0.57	0.58	4.0	14.1	5.51										
30—35	0.06	0.42	0.52	0.40	5.0	4.3	5.56	0.15	0.61	0.52	0.47	5.3	13.9	5.52										
40—45	0.04	0.29	0.42	0.27	5.6	(3.2)	5.61	0.11	0.44	0.45	0.29	6.3	11.3	5.60										
S-Finnland, alter Boden																								
0—5	0.04	0.32	0.37	2.00	4.0	7.2	4.57	0.06	0.56	0.67	3.51	6.2	16.1	4.42										
5—10	0.07	0.54	0.62	1.16	5.6	7.0	5.06	0.15	0.94	0.89	1.72	7.8	16.7	4.98										
10—15	0.13	0.75	0.70	0.85	5.6	5.9	5.37	0.29	1.31	0.96	1.43	7.3	15.7	5.30										
15—20	0.18	0.87	0.61	0.55	9.7	4.8	5.62	0.38	1.52	0.88	1.19	8.6	15.3	5.41										
20—25	0.24	0.92	0.49	0.46	8.3	4.4	5.71	0.47	1.63	0.76	1.05	7.2	14.6	5.42										
25—30	0.25	0.86	0.46	0.37	10.3	4.9	5.81	0.48	1.49	0.61	0.92	9.2	15.0	5.52										
30—35	0.26	0.85	0.42	0.24	9.1	5.2	5.78	0.48	1.38	0.55	0.76	10.5	15.4	5.45										
40—45	0.22	0.65	0.35	0.26	—	5.9	5.91	0.47	1.31	0.46	0.53	11.3	17.9	5.87										

Die unter 1—3 erwähnten Erscheinungen wurden schon bei trockenen Heidewäldern festgestellt (1).

In Anbetracht der Ergebnisse ist zu erwähnen, dass wenigstens im Gebiet des alten Bodens von N-Finnland das Klima feuchter als in S-Finnland und vermutlich auch feuchter als im Gebiet des jungen Bodens von N-Finnland ist. Ferner ist zu bemerken, dass zu den jungen

Böden nicht ganz junge gehören und dass ihr Alter im übrigen verhältnismässig stark wechselt, und es ist nicht gesagt, dass die jungen Böden von N-Finnland und die von S-Finnland gleichaltrig sind. Der alte Boden von S-Finnland ist jedenfalls etwas älter als der von N-Finnland.

Hinsichtlich der Chemie der Podsolierung ist bei diesen Ergebnissen vorwiegend diejenige Feststellung interessant, dass die Maxima der Sesquioxide und der Kieselsäure bei jungem Boden tiefer liegen als bei altem (im übrigen ist die relative Verteilung im ganzen Profil und nicht nur die Tiefe der Maximalstellen in Betracht zu ziehen). Mattsons und Gustafssons (3) Erklärung dafür ist, dass im Anfangsstadium der Podsolierung, wenn der Gelkomplex des A-Horizonts noch in reichlichem Masse Sesquioxide enthält, der isoelektrische Punkt des kationischen Solkomplexes hoch ist und er daher verhältnismässig tief sinkt. Nachdem später die Sesquioxide ausgewaschen sind, ist der isoelektrische Punkt des Solkomplexes niedriger, und das Ausflocken tritt somit weiter oben im Profil auf. Es ist schwer, diese Hypothese experimentell als falsch oder richtig nachzuweisen, doch bestände jedenfalls Anlass, die Verteilung der Azidität im Bodenprofil und ihre Wandlungen bei zunehmendem Alter des Bodens eingehend zu untersuchen. In anderem Zusammenhang habe ich berichtet, was sich in dieser Beziehung aus meinen eigenen Untersuchungen ergeben hat (2). Das Hauptergebnis ist, dass im Profil des alten Bodens der pH-Wert anfangs mit der Tiefe steigt, dann aber zwischen 35—45 cm fällt, um danach wieder auf den für den Untergrund eigenartigen Wert zu steigen. Auch schon bei ganz jungen Boden scheint in der Verteilung der Azidität dieselbe Richtung hervorzutreten. Wie oben schon hervortrat, hat sich der junge (durchschnittlich < 5000—6000 J. alt) Boden als saurer als der ältere erwiesen.

Die in Frage stehende Verteilung der Azidität ist anscheinend sehr kompliziert. Ich kann hier nur einige Beobachtungen über 80—100 jährige Sandböden erwähnen. In Ammoniumoxalat hat sich aus diesen Böden hauptsächlich nur Eisen aufgelöst, und zwar in folgenden Mengen:

Tiefe cm	1281 a	1281 b	1194	1195	1196
	Fe ₂ O ₃ %				
0—5	0.28	0.14	0.27	0.27	0.24
5—10	0.33	0.10	0.26	0.32	0.33
10—15	0.18	0.22	0.23	0.22	0.34
15—20	0.20	0.19	0.19	0.32	0.32
20—25	0.13	0.14	0.10	0.28	0.33
25—30	0.19	0.12	0.09	0.16	0.21
30—35	0.10	0.12	0.13	0.28	0.28
40—45	0.16	0.10	0.19	0.30	0.47

Diese Böden sind aus süßem Wasser aufgestiegen. Die festgestellten Eisenmengen sind im Vergleich zu den Analysenfehlern klein, aber abgesehen von der schwachen Auswaschung an der Oberfläche, hat es den Anschein, wie wenn die Eisenmenge beim Zwischenmaximum der pH-Werte am kleinsten wäre. Es kann jedoch auch so sein, dass das Eisen sich hauptsächlich aus den ursprünglichen Mineralien aufgelöst hätte. Zur weiteren Beleuchtung des Problems werden im Folgenden die pH-Werte zweier Profile sowie die Ergebnisse der über sie ausgeführten Leitfähigkeitsmessungen angegeben.

Tiefe cm	1181 a			1196		
	pH		$\approx 18^\circ$ $\times 10^6$	pH		$\approx 18^\circ$ $\times 10^6$
	H ₂ O	KCl		H ₂ O	KCl	
0—5.....	5.47	4.20	35.9	5.63	4.12	30.3
5—10.....	5.85	4.54	31.8	5.58	4.02	21.7
10—15.....	6.17	4.79	32.0	5.65	3.94	17.9
15—20.....	6.34	4.98	27.3	5.70	3.91	12.1
20—25.....	6.52	5.07	25.6	5.79	4.02	14.0
25—30.....	6.54	5.15	26.5	5.87	4.04	11.1
30—35.....	6.71	5.30	26.7	5.94	4.05	9.9
35—40.....	6.79	5.21	20.8	5.88	4.08	13.9
40—45.....	6.72	5.10	22.2	5.62	3.88	22.5
45—50.....	6.59	4.98	21.3	5.62	3.84	19.6
50—55.....	6.48	5.03	23.1	5.46	3.73	13.9
55—60.....	6.43	5.02	30.3	5.53	3.65	12.9

Nach diesen Ergebnissen verfolgen die pH-Werte den Elektrolytengehalt (auch die pH-Spanne zwischen H₂O und KCl ist bei dem Minimum des Elektrolytgehalts am grössten), so dass also bei jungem Boden die Verteilung der Salze diejenige der Azidität und ferner die der Kolloide bestimmt, soweit die Salze nicht unmittelbar als Koagulatoren wirken. Bei der Verteilung der Salze und der Azidität ist jedenfalls eine deutliche Differenzierung festzustellen, bevor analytisch eine bestimmte Richtung in der Verteilung der Sesquioxyde und der Kieselsäure ermittelt werden kann. In dieser Weise kommt man zu der Frage, wie sich die Salze im Podsolprofil überhaupt verteilen, doch konnte sie in diesem Zusammenhange nicht erörtert werden. Der zwischen jungem und altem Boden festgestellte Unterschied in der mineralogischen Zusammensetzung ist ebenfalls eine Erscheinung, die systematische Untersuchungen voraussetzte.

Was die Stelle der unteren Grenze des A-Horizontes bzw. der oberen Grenze des B-Horizontes angeht, so weise ich hier nur auf die von Mattson und Gustafsson (3) gegebene Erklärung hin,

nach welcher der A-Horizont sich wenigstens in Eisenpodsolboden später allmählich abwärtsverschiebe. Ich vermute, dass auch in dieser Beziehung durch Untersuchung der Verteilung der Azidität (und der Salze) im gewachsenen Boden weiterer Aufschluss zu gewinnen wäre. Meine Beobachtungen erweisen unter anderm, dass der A-Horizont bei ständiger Auswaschung an Azidität verliert, so dass seine Reaktion in vielen Fällen z. B. in N-Finnland fast neutral ist. Eine andere der Erklärung bedürftige Erscheinung ist die Anreicherung von Kieselsäure im unteren Teil des B-Horizonts. Auch viele andere Fragen bieten dem Forscher interessante Probleme. Der Hauptzweck meiner eigenen Untersuchungen ist es gewesen, den Einfluss der Podsolisation auf die Fruchtbarkeit des Waldbodens darzulegen.

Die Ergebnisse der in Frage stehenden Untersuchungen und ihr Analysenmaterial in seiner Gesamtheit werden in der von der Forstlichen Forschungsanstalt in Finnland herausgegebenen Veröffentlichungsreihe „*Communicationes instituti forestalis Fenniae*“, erscheinen.

LITERATUR

1. AALTONEN, V. T., 1935. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. I. Comm. inst. forest. Fenn., 20,6.
2. AALTONEN, V. T., 1937. Einige pH-Bestimmungen in Waldböden. Comm. inst. forest. Fenn., 25,2.
3. MATTSON, SANTE AND GUSTAFSSON, YNGWE, 1937. The electro-chemistry of soil formation: I. The gel and the sol complex. Annals of the Agricult. Coll. of Sweden, Vol. 4.
4. TAMM, OLOF, 1922. Eine Methode zur Bestimmung der anorganischen Komponenten des Gelkomplexes im Boden. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst., häfte 19, nr 4.
5. TAMM, OLOF, 1934. En snabbmetod för mineralogisk jordartsgranskning. (Referat: Eine Schnellmethode für mineralogische Bodenuntersuchung). Sv. skogsv. tidskr., häfte I—III, S. 231—50.

VORSCHLAG ZU EINER VERGLEICHSWEISEN PRÜFUNG
DER LABORATORIUMSMETHODEN ZUR BESTIMMUNG DER
UNGESÄTTIGTHEIT VON BÖDEN.

L. G. KOTZMANN.

*Aus dem bodenkundlichen Laboratorium der Palatin-Josef Universität
für Technische und Oekonomische Wissenschaften zu Budapest.*

Vorstand: PROF. DR. A. A. J. VON 'SIGMOND.

Es sind aus der Literatur zahlreiche Verfahren zur Bestimmung der adsorptiven Ungesättigtheit der Böden bekannt. Fast jedes Laboratorium bedient sich anderer Methoden, da jedoch dieselben niemals einer kritischen Gegenüberstellung unterworfen wurden, fehlt uns jegliche Grundlage zum Vergleich der Literaturangaben verschiedener Herkunft. Die auf diesem Gebiete herrschende Unsicherheit erschwert die Klarstellung der mit der Ungesättigtheit der Böden verbundenen Begriffe ausserordentlich. Der von Hissink eingeführte Begriff der Sättigung, bezw. deren Prozentzahl V schwankt, berechnet aus den, auf verschiedenen Wegen erhaltenen Zahlenwerten (T-S, 'ersetzbare Wasserstoff', Up, 'Saturation deficit' usw.) innerhalb so weiter Grenzen, dass ihre vergleichsweise Verwendung im internationalen Verkehr völlig illusorisch ist und nur zu Missverständnissen Anlass gibt. Eine internationale Übereinkunft in dieser Frage wäre schon aus dem Grunde sehr erwünscht, weil der Wert V , als Masstab der Auslaugung, bei der Beurteilung saurer Böden unersetzlich ist und derselbe, stets auf dieselbe Weise bestimmt, den Boden vorzüglich zu charakterisieren vermag.

Das bodenkundliche Laboratorium der Palatin-Josef Universität für Technische und Oekonomische Wissenschaften zu Budapest verwendet zur Bestimmung der fehlenden Basenmenge mit gutem Erfolg das Ammonadsorptionsverfahren, darüber schon mehrfach berichtet worden ist (1). Der mittels dieser Methode bestimmte Sättigungsgrad lässt selbst die feinsten Unterschiede zwischen den einzelnen Boden-

typen erkennen und liefert, den natürlichen Verhältnissen entsprechend, den in der Natur vorkommenden höchsten Sättigungsgraden angepasste Werte.

In der letzten Zeit unterzogen wir besagte Methode einer kritischen Betrachtung auch von anderer Seite. Um festzustellen, ob die ermittelten Zahlen tatsächlich absolute Werte darstellen, also von der Qualität der verwendeten Base unabhängig sind, führten wir vergleichende Untersuchungen mit einem Verfahren aus, welches die Ausschaltung der störenden apolaren Adsorption auch bei Verwendung anderer Basen zur Sättigung ermöglichte.

Wir verfahren in der Weise, dass wir, nach Zusatz der bekannten Menge einer beliebigen Base (KOH , NaOH , $\text{Ca}/\text{OH}_{1/2}$, $\text{Ba}/\text{OH}_{1/2}$) zum ungesättigten Boden, den der Gleichgewichtslage entsprechenden Basenüberschuss auf Grund der nach Zusatz von überschüssigem NH_4Cl abdestillierten Menge NH_3 bestimmten und auf diese Weise die polar gebundene Basenmenge ermittelten.

Die Bestimmung wird durch den Umstand kompliziert, dass das infolge von Hydrolyse des NH_4Cl abgespaltete NH_3 in einem Blindversuch bestimmt und in Rechnung gestellt werden muss. Betreffend die Einzelheiten verweise ich auf die Originalarbeit (2) und möchte hier nur betonen, dass die Maxima der mittels Ammonadsorption sowie mittels anderer Basen auf obige Weise ermittelten Adsorptionskurven sehr gut übereinstimmen, zum Beweise, dass die Höchstgrenze der polaren Sättigung des Bodens mit Basen unabhängig ist von der Natur der verwendeten Base, und Bestimmungen, ausgeführt mit NH_4OH , $\text{Ca}/\text{OH}_{1/2}$, NaOH usw. zum selben Ergebnis führen. In Fig. Nr. 1. zeigen wir die zweifach bestimmte Adsorptionskurve eines sauren Schwemmbodens; bei gleichen Maximalwerten ist das Gefälle der beiden Kurven verschieden, weil die Gleichgewichtslagen bei beiden Methoden bei verschiedenen Temperaturen bestimmt werden.

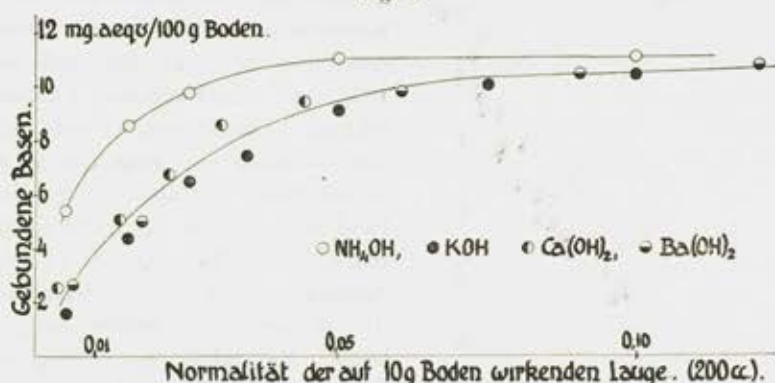
Der Umstand, dass, im Falle das Ammonadsorptionsverfahren zur Anwendung gelangt, der Maximalwert der Kurve bei geringerer Laugenkonzentration erreicht wird, spricht unbedingt zu Gunsten dieses Verfahrens, ebenso der Umstand, dass die durch den Boden tatsächlich gebundenen Basenmengen, und nicht die Überschüsse bestimmt werden; des weiteren ist die Bestimmung des Sättigungsgrades, bzw. der Ungesättigtheit auch in Gegenwart von CaCO_3 oder Dolomit möglich, während bei dem anderen Verfahren die Unsicherheit der Blindwerte in solchen Fällen die Bestimmung vereitelt. Mittels Ammonadsorption ist die Ungesättigtheit vieler

Bö
Ve
ve
Ur
we

de
A
B
st
die
da
Be
W
Lö
de
da
sch
Kt
an
er
zal
ge
Na

Ri
vor
vor

Fig. 1.

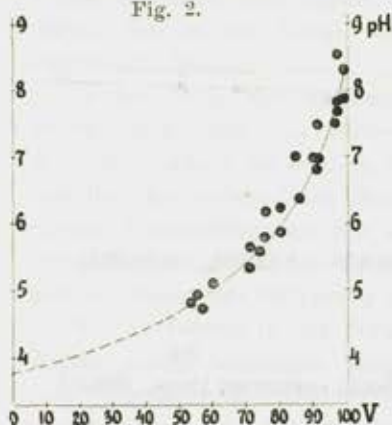


Böden nachweisbar, die wohl CaCO_3 enthalten, jedoch in grober Verteilung, oder in Form von Muschelkalk. Das Ammonadsorptionsverfahren erwies sich auch in solch extremen Fällen, z. B. bei der Untersuchung von ungarländischen Rendzina-Böden recht gut verwendbar (3).

Nach unseren Untersuchungsergebnissen zeigt der Sättigungswert V, berechnet aus dem mittels Ammonadsorption bestimmten Basenmangel, enge Beziehung zur im Boden herrschenden Wasserstoffionenkonzentration. Bei der Untersuchung degradierter ungarländischer Lössböden fanden wir den in Fig. Nr. 2. dargestellten Zusammenhang. Der Verlauf der Kurve ist nur im Bereich der Sättigungszahlen zwischen 50—100 % durch gefundene Werte bestimmt, weil unter den klimatischen Verhältnissen Ungarns Lössböden mit geringeren V-Werten nur vereinzelt vorkommen. Aus dem Krümmungsgrade der Kurve jedoch, ferner aus der Tatsache, dass Böden mit pH-Zahlen, geringer als 3.8, in der Natur nur ganz selten anzutreffen sind, lassen sich auch Schlüsse auf den fehlenden Kurventeil ziehen. Wenn sich die obige Gesetzmässigkeit auch für andere Bodenarten und für geringere Sättigungsgrade als richtig erweist, dann wird es möglich sein, aus dem pH-Wert des Bodens zahlenmässig Schlüsse auf seinen Sättigungsgrad zu ziehen, vorausgesetzt, dass die Bodenreaktion nicht durch Mineralsäuren oder Na_2CO_3 beeinträchtigt wird.

Hinsichtlich ungarischer Böden erscheint die Methode nach allen Richtungen geprüft und gerechtfertigt, doch sind wir nicht im Besitze von ausländischen Angaben. Unseres Wissens wurde das Verfahren von anderer Seite nicht überprüft, obwohl Di Gleria darüber schon

Fig. 2.



gelegentlich der Konferenz der II. Kommission zu Budapest Bericht erstattete und die Methode auch 1933 zu Kopenhagen publiziert wurde. Desgleichen wurde auch das ebenfalls in Kopenhagen veröffentlichte Verfahren von Bradfield und Allison (4) nicht ausprobiert, obwohl Hissink (5) in seiner damaligen Berichterstattung über die Frage der Bodenadsorption beide Methoden zur vergleichsweisen Prüfung empfohlen hatte.

Die Klärung der vorlie-

genden Frage kann nur von einer wohlorganisierten internationalen Gemeinschaftsarbeit erhofft werden. Es sollten die nächsten zwei Jahre, bis zum Berliner Kongress, zu solch gemeinschaftlicher Arbeit verwendet werden; andernfalls wäre die Bildung einer einheitlichen Ansicht wieder auf lange Sicht verschoben, was keinesfalls zu wünschen ist.

Im Interesse des obigen Zieles unterbreiten wir folgenden Vorschlag:

1. Die Verfahren zur Bestimmung der Ungesättigtheit von Böden mögen international einer vergleichsweisen Prüfung unterzogen werden. Wir empfehlen die Methoden von Hissink, Bradfield und Allison sowie von Di Gleria, mit der Bemerkung, dass auch andere Verfahren zur Ergänzung herangezogen werden können.

2. Die Autoren der zu prüfenden Verfahren sollten aufgefordert werden, allen mitwirkenden Laboratorien die genaue Beschreibung des Arbeitsganges zukommen zu lassen oder doch anzugeben, in welcher Abhandlung die betreffende Beschreibung vorzufinden ist.

3. Ausser einer allgemeinen Aufforderung sollten mehrere Laboratorien einzeln zur Mitwirkung eingeladen werden, damit die gemeinschaftliche Arbeit von mindestens 6—8 Teilnehmern gesichert ist.

4. Es wäre erwünscht, die Untersuchungen stets an denselben Bodenproben vorzunehmen. Nach einer vorherigen Übereinkunft sollten alle Teilnehmer einheitlich mit Bodenproben internationaler Herkunft versehen werden, wobei auf das Vorhandensein recht vieler, charakteristischer Bodentypen zu achten wäre.

5. Die Ergebnisse der gemeinschaftlichen Arbeit könnten gelegentlich des Berliner Kongresses besprochen werden, auf Grund der von den mitwirkenden Laboratorien eingegangenen Berichte. Der Kongress zu Berlin wäre berufen in dieser Frage irgend eine international annehmbare Vereinbarung zu treffen.

SCHRIFTTUM.

1. DI GLERIA, J.: Verh. II. Komm. Int. Bodk. Ges. Budapest. *A.* 58. 1929.
DI GLERIA, J. u. KOTZMANN, L.: Verh. Komm. Int. Bodk. Ges. København. *A.* 79. 1933.
 3. SIGMOND, E. u. KOTZMANN, L.: Math. Term. Tud. Ért. 53. 93. 1935.
 3. SIGMOND, E. u. KOTZMANN, L.: Math. Term. Tud. Ért. 53. 93. 1935.
 4. BRADFIELD, R. u. ALLISON, B. W.: Verh. II. Komm. Int. Bodk. Ges. København. *A.* 63. 1933.
 5. HISSINK, D. J.: Verh. II. Komm. Int. Bodk. Ges. København. *B.* 50. 1933.
-

ÜBER DEN BASENAUSTAUSCH IN FINNISCHEN TONBÖDEN.

ERKKI KIVINEN.

*Bodenkundliche Abteilung der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt,
Helsinki, Finnland.*

Die Tonböden werden in Finnland meist in vier Gruppen eingeteilt: 1. schwerer Tonboden, 2. Motonboden, 3. leichter Tonboden und 4. Bröckelton. Die zwei erstgenannten sind gewöhnlich Glazialbildungen, die zwei letztgenannten Litorina-Ablagerungen. Die Eigenschaften dieser verschiedenen Tonarten sind kurz folgende:

1. Der schwere Tonboden ist in feuchtem Zustande plastisch (Plastizitätszahl 20—40), die Schnittfläche ist stark glänzend und nicht mehlig. Die Hygroskopizität wechselt zwischen 9—15. Er kann bei Normalfeuchtigkeit zu dünnen (1 mm) Bändern gerollt werden. Die sehr schweren Tone zerfallen beim Trocknen zu kantigen Stücken, was auf der starken Schrumpfbarekeit beruht. Die Trockenrisse schliessen sich gewöhnlich wieder bei Anfeuchtung.

2. Der Motonboden ist in trockenem Zustande hart, in feuchtem normal plastisch und kann zu 2 mm starken Fäden ausgerollt werden. Die Schnittfläche ist bei trockenem Motonboden schwach glänzend und mehlig.

3. Der leichte Tonboden zerfällt beim Trocknen häufig in kleine Körner. Die Schnittfläche ist bei trockenem Material trübe oder mehlig, und bei feuchtem lassen sich in ihr kleine Glimmerstücke erkennen. Hygroskopizität und Plastizität sind wechselnd.

4. Der Bröckeltonboden ist gyttjaartig und zerfällt beim Trocknen in kleine kantige, oft rostbraun gefärbte Stücke. Diese Bodenart schrumpft beim Trocknen stark, wodurch in den oberhalb des Grundwassers gelegenen Schichten grosse Trockenrisse entstehen, die sich bei Wiederaufeuchtung meist nicht schliessen. Der Bröckelton enthält in reichlichen Mengen organischen Stoff und Salze; sie sind meist von sehr saurer Reaktion. Hygroskopizität und Plastizität sind wechselnd.

Die Eigenschaften der obengenannten Bodenarten sind verhältnismässig stark veränderlich. Im Folgenden wird dargestellt, wie sie sich zu dem Basenaustausch verhalten. Diese Untersuchungen sind unter Benutzung von $n/5 \text{ NH}_4\text{Cl}$ als Lösungsmittel nach dem Verfahren von Vageler-Alten (2) ausgeführt worden. Für die verschiedenen Tonarten sind die Gesamtmenge der austauschbaren Basen (S) sowie die Menge der Aluminium- und Wasserstoffionen in der untenstehenden Zusammenstellung angeführt. Ausserdem ist dort die berechnete Gesamtmenge aller austauschbaren Ionen (totale Sorp-

tion T) angegeben und desgleichen der Sättigungsgrad (V). Wegen der geringen Anzahl der Motonproben ist diese Tonart nicht in die Mittelwerte einbezogen. Die Einzelwerte sind früher publiziert worden (3).

	S	Al	H	T	V
Schwere Tonböden					
Ackerkrume	16.6	3.0	5.6	25.2	66
Pflugsohle	20.0	1.9	2.8	24.7	81
Untergrund	23.5	1.7	1.4	26.6	88
Leichte Tonböden					
Ackerkrume	12.7	7.1	6.6	26.4	48
Pflugsohle	9.0	6.0	4.1	19.1	47
Untergrund	4.4	4.4	8.9	17.7	25
Bröckeltonböden					
Ackerkrume	5.1	5.7	13.7	24.5	21
Pflugsohle	4.0	6.2	8.7	18.9	21
Untergrund	4.9	7.0	8.7	20.6	24

Zwischen den verschiedenen Tonbodenarten bestehen im Totalaustausch der Basen beträchtliche Unterschiede. Die S-Werte für den schweren Ton gehören zu den höchsten und schwanken zwischen 8 und 30. Verhältnismässig hohe Werte haben sich häufig auch für den Moton ergeben, von dem jedoch nur wenige Proben untersucht worden sind. Was den leichten Ton angeht, so schwanken die S-Werte sehr stark, bleiben aber wenigstens in den meisten Fällen geringer als beim schweren Ton. Die allerniedrigsten S-Werte sind für den Bröckelton erhalten worden. Im grossen und ganzen enthalten viele Bröckeltonproben überhaupt keine austauschbaren Basen.

Betrachtet man die S-Werte der Pflugsohlen- und Untergrundschichten der untersuchten Profile, bei denen der störende Einfluss des organischen Stoffes am wenigsten zu spüren ist, so lässt sich feststellen, dass der S-Wert des schweren Tones meist nach den tieferen Schichten zu steigt. Dagegen sind bei den leichten Tönen und den Bröckeltonen die Schwankungen des S-Wertes in dieser Beziehung viel geringer als bei den schweren Tönen, auch ist die Richtung der Schwankung nicht deutlich. Betrachtet man die ganzen Profile der beiden letztgenannten Bodenarten, so ist leicht ersichtlich, dass der S-Wert ihrer Ackerkrume meist höher als der der unteren Schichten ist. Bei der Ackerkrume der schweren Töne dagegen sind die austauschbaren Basen meist in geringeren Mengen als im Untergrund vorhanden.

Auch im Aluminiumgehalt der verschiedenen Tonbodenarten bestehen deutliche Unterschiede. Die leichten und Bröckeltonböden enthalten am meisten Aluminium und die schweren Töne am wenigsten.

Letztere umfassten viele Proben, die überhaupt kein austauschfähiges Aluminium enthielten, und soweit es bei ihnen am reichlichsten war, machte es nur etwas mehr als 2 Milliäqu. aus. Dasselbe ist auch beim Moton der Fall. Beim leichten und beim Bröckelton dagegen sind Aluminiumionen in sehr reichlichen Mengen angetroffen worden, die meist zwischen 5—20 Milliäqu./100 g schwankten.

Auch die H-Menge ist beim schweren Ton unverkennbar niedriger als beim leichten und beim Bröckelton. Doch ist zu beachten, dass bei der ersteren Bodenart die H-Menge meistens ziemlich viel grösser als die Al-Menge ist, d.h. ihre saure Reaktion hauptsächlich auf den Wasserstoffionen beruht. Was wiederum die Litorina-Bodenarten angeht, so ist ihre H-Menge oft auch etwas höher als die Al-Menge, doch sind also beide reichlich, und die Azidität dieser Bodenarten beruht sowohl auf den Wasserstoff- als auch auf den Aluminiumionen.

In der totalen Sorption (T), die also zeigt, welche Mengen an austauschbaren Basen nebst Aluminium- und Wasserstoffionen im Boden enthalten sind, lassen sich bei den untersuchten Bodenarten keine grösseren Unterschiede feststellen, wenngleich die zwischen den Proben bestehenden Unterschiede beträchtlich sind.

Der Sättigungsgrad (V), der das Verhältnis zwischen den austauschbaren Basen und der totalen Sorption zum Ausdruck bringt, weist dagegen je nach den Bodenarten ziemlich erhebliche Unterschiede auf. Im allgemeinen kann man feststellen, dass der V-Wert der schweren Tonböden deutlich höher als der der leichten Tonböden und des Bröckeltons ist. Der Sättigungsgrad der ersteren Bodenart ist in den untersuchten Fällen meist über 70, in gewissen Fällen über 90 gewesen. Ausserdem kann man beobachten, dass bei den schweren Tonböden der V-Wert von der Oberfläche nach den unteren Schichten zu steigt.

Der Sättigungsgrad der leichten Tonböden schwankt in sehr hohem Mass, indem er meist über 30 % ausmacht. Die V-Werte der Bröckeltonböden sind gewöhnlich sehr niedrig. Betrachtet man die Veränderung der V-Werte dieser beiden Bodenarten je nach Profilen, ist bei ihnen ziemlich regelmässig die entgegengesetzte Erscheinung wie bei den schweren Tonböden festzustellen. Ihre V-Werte vermindern sich nämlich oft von der Oberfläche an abwärts, oder, mit anderen Worten, aus ihren unteren Schichten werden also hauptsächlich Aluminium- und Wasserstoffionen ausgetauscht, während dagegen aus den entsprechenden Schichten der schweren Tone hauptsächlich Basen zum Austausch gelangen.

Der ungleiche Basenaustausch der verschiedenen Tonarten ist bei einem Profil eines Versuchsfeldes der Pflanzenzüchtungsanstalt

Ta
Er

Th
0
25
60
100

vor
auc
ein
här
Do
tor
liel
we
wä

Re
gr
ge
P
h c

bes
sti
hä
sie
Te
nic
(3
ist
Lä
NI
Ta
ta
ler
de
A
re

Tammisto, unweit Helsinki, deutlich zu erkennen. Es hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

Tiefe cm	S	Al	H	T	V	pH
0—22	12.83	1.90	7.78	22.51	57	5.29
25—45	23.80	0.73	3.49	28.02	84	6.04
60—80	24.08	2.63	0.31	27.02	89	6.24
100—135	6.29	3.61	9.60	19.56	32	4.21

Der S-Wert der untersten Schicht unterscheidet sich sehr scharf von dem entsprechenden Wert der oberen Schichten. Gleichzeitig ist auch eine Zunahme der Aluminium- und der Wasserstoffionen sowie eine deutliche Abnahme des V-Wertes festzustellen. Diese Erscheinung hängt unmittelbar mit den dortigen Bodenartschichten zusammen. Dort überlagert nämlich 80—100 cm starker schwerer Ton eine Gytjtjatschicht. Auch in den Reaktionsverhältnissen kann ein sehr deutlicher Unterschied zwischen diesen verschiedenen Schichten festgestellt werden. Der schwere Ton ist nur verhältnismässig leicht sauer, während dagegen der unterste Gytjtaton sehr sauer ist.

Stellt man die Gesamtmenge der austauschbaren Basen neben die Reaktion der Proben, so scheint in der Pflugsohlen- und in der Untergrundschieht, wo die störende Wirkung des organischen Stoffes am geringsten ist, eine ziemlich feste Korrelation zu bestehen. Die Proben mit hohem pH-Wert haben meistens auch einen hohen S-Wert und umgekehrt (Fig. 1).

Für einige aus schwerem Ton bestehende Proben ist ebenfalls bestimmt worden, in welchem Verhältnis die verschiedenen Kationen sich aus dem Boden austauschen. Ein Teil der Bestimmungen ist von Aarnio (1), ein anderer von Verfasser (3) veröffentlicht. Zu den ersteren ist als Lösungsmittel $n/1$ NH_4Cl -Lösung und zu den letzteren $n/5$ NH_4Cl -Lösung verwandt worden. In Tabelle 1 sind die Menge der austauschbaren Kationen in Milliäquivalenten und die relative Reichlichkeit der verschiedenen Kationen angegeben. Am reichlichsten wird aus dem schweren Ton auch in Finnland Kalzium



Fig. 1. Die Einteilung der S- und pH-Werte der Pflugsohlen- und Untergrundschiehten der Tonböden in Finnland.

und Magnesium ausgetauscht. Der Anteil von Kalium und Natrium ist dagegen bedeutend geringer.

Tabelle I. Die Menge der austauschbaren Basen in einigen schweren Tonböden.

Ort	Tiefe cm	Na	K	Mg/2	Ca/2	S	Lösungs- mittel
Mülläquiv./100 g							
*Pöytyä (L. I. 23).....	0—22	0.34	0.14	1.40	4.20	6.08	n/1NH ₄ Cl
*Pöytyä (L. III. 5)	0—22	0.98	0.70	5.55	7.70	14.93	° °
*Aura (L. III. 10)	0—22	0.53	0.27	2.92	10.31	14.03	° °
°	22—34	0.48	0.17	5.37	5.96	11.98	° °
°	35—45	0.15	0.21	11.33	9.31	21.30	° °
**Tammisto	0—22	0.53	1.49	3.83	7.32	13.17	n/5 °
°	25—44	0.92	0.77	10.25	12.82	24.76	° °
%							
Pöytyä	0—22	5.6	2.3	23.0	69.1		
°	0—22	6.6	4.7	37.3	51.4		
Aura	0—22	3.8	1.9	20.8	73.5		
°	22—34	4.0	1.4	44.8	49.8		
°	35—45	2.1	1.0	53.2	43.7		
Tammisto	0—22	4.0	11.3	29.1	55.6		
°	25—44	3.7	3.1	41.4	51.8		

* Nach Aarnio (1). ** Nach Kivinen (3).

LITERATUR.

1. AARNIO, B. Loimaa. Maatalouskoelaitoksen Maatutkimusosasto, Agreol. karttoja 7, 1933, Helsinki.
2. ALTEN, F. Die Bestimmung von Wasserhaushalt, Nährstoffzustand und Düngungsbedürfnis der Mineralböden nach den Methoden der Versuchsstation Lichterfelde. Landw. Versuchsstat. 1933, 115, p. 305.
3. KIVINEN, ERKKI. Über die austauschbaren Basen in finnischen Tonböden. Maatalouskoelaitoksen Maatutkimusosasto, Agreol. julk. 44, 1938 und Maataloustieteellinen Aikakauskirja 9, 1937, p. 247.

TITANIUM AND IODINE IN CZECHOSLOVAKIAN SOILS.

LADISLAV SMOLIK.

Agricultural Experiment Institute at Brno, Czechoslovakia.

Occasionally, during the special research of our soil types and varieties, I also was considering such elements which commonly are not determined as Cu, Zn, Li, Rb, Cs, Ti, Zr, V, As and I. Mostly these analyses have been carried out in cases of such soils upon which plant diseases appeared (chlorosis), or ones occurring in the nearest neighbouring of mountain resorts, spas a. s. o.

In a great measure I devoted my time to the titanium and iodine content and therefore I am going to report here on these two rare elements.

A) *The titanium content* has been determined by the colorimetric Weller's—Walker's¹⁾ titanium method²⁾.

I was trying to ascertain not only the total TiO_2 but even the soluble in hot hydrochloric acid (20 %). In full I possess 103 results which are means at least of two parallel analyses.

Because of limited space I minutely present here data of three soil profiles (see the tab. 1.)

From the preceding data and other ones not yet published, we may conclude as follows:

1) The total TiO_2 content of our soils varies between 0.0—1.3 %, the titanium soluble in hot hydrochloric acid amounts up to 0.09 %.

2) The total titanium in soil profiles:

a) in cernozioms and similar soils the vertical course of this rare element does not change in such a great measure as in podzols and podsolie soils does.

b) In humus-carbonate soils the profile vertical variability does not follow any rule. The same can be said about other soils having profiles not climatogenetically developed.

1) Harvey W. Wiley, Principles and practice of Agricultural analysis, Easton, 1906.

2) I have also compared the Baskerville's and Dittrich's method as dealt with in: К. К. Гедройц, Химический анализ почвы, Москва, 1929.

Tab. 1. *Titanium content in some Czechoslovakian soils.*

Soil type. Place		TiO ₂ %	
		total	soluble in HCl
Podsol, Bystřice n. O.....	A ₀	0.82	0.04
	A ₁	0.83	0.04
	A ₂	0.16	0.01
	B ₁	0.73	0.02
	B ₂	0.72	0.03
	C ₁	0.63	0.04
	C ₂	0.60	0.04
Czernoziem, Znojmo.....	A ₁	0.52	0.04
	A ₂	0.63	0.03
	A ₃	0.53	0.03
	A ₄	0.58	0.05
	C	0.63	0.08
Humus-Carbonate soil, Jičíněves	0—5 cm	0.53	0.05
	5—30 "	0.36	0.08
	30—70 "	0.42	0.07
	70—120 "	0.66	0.07
	120—	0.23	0.07

c) In podsolie group, although not always, but very often, the minimum of as the total so the soluble titanium appears in the A₂-horizon and increases in both directions up- and downwards.

B) The content of the second rare element *iodine* has been ascertained by the method of Th. v. Fellenberg and later on also per directions of J. S. Mc Hargue, D. W. Young and W. R. Roy (Determination of Iodine in Soils, A New Method, Ind. a. Engineer. Chem. Anal. Edit. 1932, V/4.).

The results are expressed as usually in micrograms pro/1 Kg soil. The great deal of mentioned results has been published by the author in the Bull. of the Czechoslovak Academy of Agriculture 1935, X: 36—44.

Since that time I possess further new results. As an example I present data gained on some of our soil types in the tab. 2.

If we consider all the results as a whole we come to the following conclusions:

1) The iodine content in 116 soil samples was varying from 6,800—112 γ /kg. Arithmetical mean = 3,350 γ /kg soil.

The soluble iodine is given by 4,450—90 γ /kg.

2) In soil profiles the maximum iodine content appears in the most superficial layer.

Tab. 2. *Iodine content in some Czechoslovakian soils.*

Soil type. Place		Iodine γ / kg soil	
		total	soluble in HCl
Podsol, Doudleby n/0	A ₁	306	250
	A ₂	203	165
	B ₁	112	90
	B ₂	190	120
	C ₁	206	170
Czernoziom near to Znojmo	A ₁	5,200	3,100
	A ₂	4,900	2,200
	A ₃	3,700	1,800
	A ₄	4,200	2,000
	C	3,900	1,980
Humus-Carbonate soil, Jičíněves.....	0—5 cm	4,100	2,200
	5—30 „	3,600	1,600
	30—70 „	3,800	1,700
	70—120 „	3,000	1,600
	120—	3,000	1,400

3) It can not be anything said about a correlation between the climatogenetical soil types and iodine content.

4) It is impossible to prove analytically any correlation between the mother rock and soil type developed upon.

5) The amount of soluble iodine expressed in percentage to the total amount varies in a very great measure.

THE COMPOSITION OF THE SUSPENDED MATTER IN THE DRAINAGE OF THE CRAIBSTONE LYSIMETERS.

JAMES HENDRICK, *University of Aberdeen* and HUGH D. WELSH,
Macaulay Institute for Soil Research.

The Craibstone Lysimeters were not filled with soil, but were built round blocks of unbroken soil in its natural condition. This soil is formed from glacial detritus derived from granites and metamorphic rocks, and mineralogical examination (1) has shown that it contains much of the original mineral material of the rocks from which it has been derived in an unweathered or only slightly weathered condition. The lysimeters are three in number, each one-thousandth of an acre (0.001 ha.) in area and 40 inches (102 cm.) deep. They are all cropped in the ordinary rotation of the district and No. 1 is unmanured, No. 2 is manured with both dung and artificials, while No. 3 receives the same manures as No. 2 but is limed in addition.

The drainage water from these lysimeters is collected, measured and analysed. Full accounts of this work have been published elsewhere (2, 3, 4, and 5). Some years after the experiments with these lysimeters began, it was noticed that the drainage water sometimes came through very turbid, and the turbidity was caused by very fine suspended matter which could not readily be removed by filtration. It was determined to investigate the nature of the material which caused the turbidity. A preliminary note on this subject was presented at the Third Congress of the Society at Oxford in 1935 (6). Since then the work has been continued and some of the results obtained are given in this paper.

The suspended matter is given off irregularly and varies greatly in amount from month to month. Sometimes the drainage is almost clear and free from suspended matter, at other times opalescent, and at other times quite turbid. At first sight these results seemed quite irregular as the amount of turbidity did not appear to depend on the amount of rainfall or of drainage. Sometimes when the drainage was pouring out, and we expected it to be turbid, it was almost clear, while at times when it was flowing comparatively slowly it was very turbid. On plotting the amount of suspended

matter month by month against the rainfall and drainage certain regularities began to be found. Little drainage is obtained during the summer months when evaporation is high, even though there may be considerable rainfall. As the autumn advances and evaporation and utilisation of water by crops becomes less, the drainage water increases. It is at this time of year when drainage is increasing that most suspended matter is found in it. The maximum is reached about November though it may be in October, December or even January. The fact seems to be that the suspended matter is washed away mainly when the first considerable flow of drainage takes place after the summer. Later in the winter though there may be heavy flows of drainage water they generally contain little suspended matter and may become almost clear again.

The explanation we venture to put forward tentatively is, that when the soil is comparatively warm in summer the surface of the feldspars and other unweathered minerals of this soil undergoes chemical weathering and, as there is little or no drainage at this time, the very fine insoluble material formed by such weathering is not washed away, but as soon as drainage begins to flow freely again part of this material is removed in suspension in the drainage water. If this theory is correct we have in this suspended matter the insoluble product of the weathering of feldspars and other compound silicates. We proceeded to examine its composition which may throw some light on the chemical changes taking place in the weathering of granitic soil minerals.

The suspended matter is not all equally fine. Part of it does not settle even if left standing for a month, on the other hand a considerable part gradually settles down. We have called these two portions the colloid matter and the coarsely dispersed material respectively. It was found that no ordinary filter would remove all the suspended matter from the drainage but that it could be coagulated and made to settle by the use of a little hydrochloric acid. In our earlier experiments this method was adopted for obtaining the suspended matter. The amount of acid used was 0.25 ml. of strong hydrochloric acid per litre of drainage (= 0.0915 gm HCl per litre). The original pH of the drainage water is 6.5, the addition of the acid alters it to 2.6. By the use of such a quantity of acid the suspended matter could be completely removed by an ordinary filter and the water left quite clear and free from any trace of opalescence.

The average composition of suspended matter obtained in this way during the ten years 1924—1933 is given in Table 1.

Table 1. *Suspended Matter in Drainage Water coagulated with dilute HCl.*

Average percentage composition 1924—1933.

	Dried at 105° C			Ignited		
	I	II	III	I	II	III
Loss on Ignition	11.29	14.68	14.41	—	—	—
Silica (SiO ₂)	41.81	40.27	40.56	47.13	47.20	47.41
Alumina (Al ₂ O ₃)	24.55	21.96	22.48	27.68	25.74	26.30
Ferrie Oxide (Fe ₂ O ₃)	16.42	14.63	14.42	18.52	17.15	16.86
Phosphoric Acid (P ₂ O ₅)	2.56	3.00	2.85	2.89	3.52	3.34
Lime (CaO)	0.42	0.65	0.65	0.48	0.80	0.80
Magnesia (MgO)	1.81	2.15	2.00	2.04	2.53	2.37
Potash (K ₂ O)	0.94	2.33	2.17	1.06	2.76	2.55
Undetermined (by difference) ..	0.20	0.33	0.46	0.20	0.30	0.37
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

It was objected that the use of hydrochloric acid would probably alter the composition of the suspended matter by dissolving part of it, and that in particular the basic ions, calcium, magnesium and potassium would be largely replaced by hydrogen ions. Experiments were made with a Zsigmondy membrane filter and it was found that the suspended matter could be completely separated by the use of such a filter. During the years 1934 to 1937 inclusive a Zsigmondy medium filter was used for the separation. The average composition of the suspended matter obtained from the three lysimeters is shown in Table 2.

Table 2. *Average Composition of Suspended Matter from Lysimeter Drainage 1934—1937.*

Filtered through Membrane Filter.

	Dried at 105° C			Ignited		
	I	II	III	I	II	III
Loss on Ignition	12.39	13.44	16.58	—	—	—
Silica (SiO ₂)	41.37	40.87	39.75	47.22	47.22	47.65
Alumina (Al ₂ O ₃)	23.27	22.28	21.97	26.96	25.75	26.34
Ferrie Oxide (Fe ₂ O ₃)	15.72	15.05	13.79	17.95	17.39	16.53
Phosphoric Acid (P ₂ O ₅)	2.62	2.61	2.66	2.99	3.03	3.18
Lime (CaO)	0.44	0.69	0.73	0.50	0.80	0.88
Magnesia (MgO)	1.84	2.14	2.03	2.11	2.47	2.44
Potash (K ₂ O)	0.87	2.27	2.15	0.99	2.62	2.58
Undetermined (by difference) ..	1.48	0.65	0.34	1.28	0.72	0.40
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

The tables show that the material separated by the membrane filter during the four years 1934 to 1937 is very similar in

composition to that separated by coagulation by hydrochloric acid during the previous ten years.

It has always been found that far more suspended matter is obtained from the unmanured lysimeter, No. 1, than from the manured lysimeters Nos. 2 and 3. In certain cases the quantity obtained from No. 1 was so large that it was possible to obtain samples large enough for analysis by both methods. This was done in four cases in 1935 and 1937 and comparative analyses were made in separates obtained by the two methods. The average results of the four sets of analysis by the two methods are given in Table 3.

Table 3. *Composition of Suspended Matter Separated by Ultra Filter and Coagulated by Acid.*

Average of 4 Samples.

	Dried at 105° C		Ignited	
	Filtered	Coagulated	Filtered	Coagulated
Loss on Ignition	11.17	11.20	—	—
Silica (SiO ₂)	41.53	41.51	46.76	46.74
Alumina (Al ₂ O ₃)	23.89	23.89	26.89	26.89
Ferrie Oxide (Fe ₂ O ₃)	16.70	16.77	18.80	18.89
Phosphoric Acid (P ₂ O ₅)	3.31	3.28	3.73	3.69
Lime (CaO)	0.51	0.50	0.57	0.57
Magnesia (MgO)	1.59	1.57	1.79	1.77
Potash (K ₂ O)	1.10	1.04	1.14	1.18
Undetermined (by difference)	0.20	0.24	0.32	0.27
	100.00	100.00	100.00	100.00

In all cases suspended matter was first dried at 105° C and weighed. It was then ignited and the loss determined. This loss, which was mainly combined water, was found to be somewhat variable. This was probably caused (1) by the presence of a small but variable amount of organic matter, and (2) because it is difficult to dry it at 105° C to a constant weight. It will be found therefore that for purposes of comparison it is better to take the ignited samples.

After ignition the material was prepared for analysis by the fusion method with sodium carbonate.

The analyses show remarkable agreement whether we compare the average composition of the samples collected during 10 years by flocculation with acid, Table 1, with that of samples collected during four years by the membrane filter, Table 2, or the average analyses of four samples of the same material separated in two different ways, Table 3. To our surprise it was found that the bases obtained

in the samples prepared by coagulation by acid were practically identical in amount with those prepared by membrane filtration.

Our confidence in the results is increased if we compare in Tables 1 and 2 the composition of the samples from the different lysimeters. It will be seen that in every case the bases in the samples from the manured lysimeters exceed in percentage those from the unmanured, No. 1. This result is quite consistent all through in the samples collected in different years and is the same whether the samples are separated by acid or by a membrane filter. The addition of soluble manures containing lime and potash to Nos. 2 and 3 is no doubt the cause of this. The potash especially is greatly increased in the material from Nos. 2 and 3.

On the other hand there is the still more interesting fact that the bases are present in quite as large a percentage where the insoluble matter is collected with the aid of hydrochloric acid as when it is collected with a membrane filter. It seems as if these bases were not merely exchangeable bases adsorbed on the surface of the alumina-iron silicic complex, but as though they were held with some degree of firmness in the crystal lattice of the complex silicate.

We had hoped to be able to have an X ray examination made of samples of the suspended matter from these lysimeters in order to find the nature of the lattice and how the bases are held, but so far we have not been able to get this done.

It is interesting to notice that magnesia is invariably present in much greater proportion than lime. Even in the case of No. 3, which is systematically limed, there is not a significantly greater proportion of lime than in No. 2 which is not limed. On the other hand a much greater amount of lime than magnesia is removed in solution in the drainage water in the case of all the lysimeters.

Phosphoric acid is always found in appreciable amount in the suspended matter from all the lysimeters. Though a slightly greater percentage is found in the material obtained from Nos 2 and 3, which are manured with superphosphate and other manures, than from No. 1 which is continuously unmanured, the percentage difference is not very striking. On the other hand a far greater absolute amount of phosphoric acid is removed from No. 1 than from Nos 2 and 3, since a far larger amount of suspended matter is washed away from No. 1 than from Nos 2 and 3. (See Table 5.)

We have not information as to the form in which the phosphoric acid is removed, or whether it is attached to the alumino silicic

com)
the
light

I
dete
Pho:
trac:
time
form
in s
they
hand
in t
awa:
silic:
first
coag
the
in T

SiO₂:
SiO₂:
SiO₂:

7
of s
are
mat:
obta
the
espe
susp
whic
7
for
year

complex, or is present as a separate phosphatic compound. Possibly the X ray examination which we hope to have made, will cast some light on this problem.

Regular monthly analyses are made of the drainage water to determine what is washed away in solution from the lysimeters. Phosphoric acid is never found in solution in more than the minutest traces, even in the case of lysimeters 2 and 3 which from time to time receive considerable dressings of soluble phosphoric acid in the form of superphosphate. Iron and alumina also are never found in solution in the drainage water in any appreciable quantity, though they form so large a part of the suspended matter. On the other hand silica is found in considerable quantities in solution as well as in the suspended matter. Details of the quantities of materials washed away in solution have been given in other papers (2, 3, 4, 5). The silica sesquioxide ratios of the suspended matter for the two periods, first, 1924 to 1933, when the suspended matter was obtained by coagulation with hydrochloric acid, and second, 1934 to 1937, when the suspended matter was filtered through an ultra filter are given in Table 4.

Table 4. *Silica Sesquioxide Ratio of Suspended Matter.*

	Average for 10 years 1924—1933			Average for 4 years 1934—1937		
	I	II	III	I	II	III
SiO ₂ : Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	2.93	2.19	2.17	2.69	2.18	2.20
SiO ₂ : Al ₂ O ₃	2.90	3.12	3.06	3.00	3.12	3.07
SiO ₂ : Fe ₂ O ₃	6.77	7.35	7.52	7.02	7.24	7.69

The agreement between the two periods when different methods of separation were employed, is sufficiently close to show that we are dealing with the same type of substance in both cases. The material obtained from 2 and 3 gives slightly higher ratios than that obtained from No. 1, but the differences are not great. Generally the ratio of silica to the combined sesquioxides approximates to 1 to 2, especially in the case of lysimeter 1. It seems probable that this suspended matter consists mainly of clayey material of the type which has a silica sesquioxide ratio of 1: 2.

The actual weight of suspended matter obtained varied greatly for the different lysimeters and for all the lysimeters during different years. This is illustrated in Table 5.

Table 5. *Weight of Suspended Matter.*

Stated in Pounds per Acre.

Lysimeter	Dried at 105° C			Ignited		
	I	II	III	I	II	III
Ten Years, 1924—1933	2,910.4	752.7	848.5	2,583.3	665.1	754.9
1934	14.0	5.8	4.2	9.8	3.6	2.3
1935	236.2	30.2	22.2	210.3	25.9	18.8
1936	48.5	15.2	10.9	42.5	13.0	9.2
1937	59.2	2.2	1.1	51.7	1.9	1.0
Total 1934—1937	357.9	53.4	38.4	314.4	44.3	31.2

In the table the material removed in suspension is calculated into pounds per acre. (100 pounds per acre correspond approximately to 112 Kg. per ha.) The table gives the total suspended matter removed during the ten years 1924 to 1933, and the amounts for the individual years 1934 to 1937, as well as the total for these years.

A comparison of the years 1934 and 1935 shows how greatly the amount of suspended matter varies in individual years. The figures also illustrate how the relative proportions obtained from the different lysimeters vary from year to year. The total amount washed away during the ten year period, 1924 to 1933, is very large. During this period there were a number of years when the drainage was very turbid and great quantities of suspended matter were obtained. Thus in 1927 about 570 pounds per acre were obtained from No. 1 and over 140 lb per acre from No. 3. 1930 and 1932 were also years in which large amounts of suspended matter were obtained. In all three years the amounts obtained were much greater than in any year since.

If such amounts of material as were washed away in suspension during the ten year period 1924—1933 continue to be removed over long periods of time they will mount up to very great magnitudes. It is to be remembered too that our analyses show that equally large weights of material in solution, sulphates, chlorides, and silicates of bases, lime, magnesia, soda and potash, are also being removed. A very long period has elapsed since the ice of the last glacial epoch melted and left behind the granitic detritus from which this soil has been formed. If similar loss of materials in suspension and solution has been taking place during all this long period it seems remarkable that there is still so much unweathered felspar, mica and other original minerals which were components of the granites and other rocks which were ground down mechanically by the ice to form the

raw
simi
cons
it co
mate
7
No.
No.
quite
is th
these
these
of n
susp
reter
is w
whic
wher
stop
thou
and
flocc

1. H
2. H
3. H
4. H
5. H
6. H

raw material of this soil. If weathering has been going on at a similar rate for thousands of years we would expect the soil to consist of the mature end products of weathering, instead of which it consists to a large extent of unweathered and slightly weathered materials.

Table 5 shows that the amount of suspended matter obtained from No. 1 is many times as great in amount as that obtained from either No. 2 or No. 3. There is no reason why weathering should not be quite as active in Nos 2 and 3 as in No. 1. Indeed the probability is that the introduction of manures, such as sulphate of ammonia, into these lysimeters would increase its activity. The ions produced by these manures in solution in the soil water probably cause flocculation of much of the fine suspended matter which is thus removed from suspension and retained by the soil. It is probable that there is much retention of such material in the case of No. 1 also, and that what is washed away in suspension is not the whole of the fine material which is being produced by weathering in the soil. It was found that when the turbid drainage was kept for a long period in an ordinary stoppered bottle, it gradually became flocculated and settled down, though even when retained for two or three years, the flocculation and settling were never quite complete. Once the material had flocculated it was difficult to get it dispersed again.

REFERENCES.

1. HENDRICK, J. AND NEWLAND, G. The Mineralogical Composition of Some Scottish Soils. *Journ. Agric. Science*, XV (1925) 257—271.
2. HENDRICK, J. The Measurement of Soil Drainage with an account of the Craibstone Draingauges. *Trans. High. & Agric. Soc.*, 33 (1921) 56—79.
3. HENDRICK, J. Drainage Investigations at Aberdeen. *Scottish Journ. Agric.*, 7 (1924) 8—18.
4. HENDRICK, J. AND WELSH, H. D. The Substances removed by the Drainage from a Scottish Soil. *Proceedings and Papers of the First International Congress of Soil Science*. II (1927) 163—171.
5. HENDRICK, J. A Soil Balance Sheet for a Rotation. *Trans. High. & Agric. Soc.*, 42 (1930) 1—27.
6. HENDRICK, J. AND WELSH, H. D. A Note on the Nature of the Suspended Matter in the Drainage Waters from the Craibstone Lysimeters, Aberdeen. *Transactions of the Third International Congress on Soil Science*. Vol. I pp. 293—295.

THE VARIOUS TYPES OF ALKALI SOILS IN HUNGARY.

S. A. ARANY.

From the Department of Chemistry and Soils of the Royal Hungarian Agricultural Academy. Debrecen, Hungary.

In his "Soil Science" d'Sigmond differentiates five chief types of alkali soils: 1) Alkali salty-soils, 2) salty, 3) leached, 4) degraded and 5) regraded. These groups were based on theoretical considerations. In spite of this fact, each has a great significance in the reclamation as well as in classification of the alkali soils. The first group is very probably not represented in Hungary. The other four types, however, may be found in the Hungarian Great Plain.

The alkali salty-soils contain sodium ions only in their soil solution and not in the absorbing-complex of the soil. The improvement of such soil may be done by leaching-out the excess of water soluble salts.

The other four groups occur in the Great Plain either separate or mixed. The salty and regraded alkali soils may be found in larger extensions between the Danube and Tisza rivers and in the "Jászság" district of Hungary. The leached and degraded types of alkali soils extend chiefly along the Tisza river and its water-system occupying the places of formerly inundation territories.



Alkali territories of Hungary.

From the point of view of alkali-soil reclamation the above mentioned four types may be divided into two chiefs groups:

1) One group includes the salty and regraded alkali soils. These can be put under the common name of *alkali soils containing carbonates of lime and soda*. — The soils of this group are characterised by the high level of the subsoil-water, which is in this way a permanent source of the harmful salts and alkalinity of the soil. The subsoil-water influences the distribution in the soil-profile and the surface layer of the alkali soil. The greater part of the harmful salts lies either near to the surface, or on the surface of the soil. Chief among these salts is usually the sodium-carbonate. The quantity of the salts diminishes downwards. As the name of this group implies the whole section of the soil is rich in water-soluble and non-soluble carbonates. The leaching-out process fails entirely on these soils. The surface are even enriched not only in water-soluble salts but also in the CaCO_3 that originate from the subsoil-water. The $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ of the latter immigrate with other salts toward the surface, and on the evaporation of the solution, the bicarbonate of lime converts into carbonate. Thus, in these soils there predominates a process which enriches the upper layers not only in water-soluble harmful salts but also in carbonate of lime. These carbonates are the source of danger for alkali soil.

Beside the described symptoms, the salty alkali-soils are characterised by their absorbing-complex which contains also a variable amount of Na-ions. The concentration of the Na-ions in the soil-solution and in the absorbing-complex limits the usefulness and the possibilities of reclamation of this kind of alkali soil. The soil profile — known as solonchak — is an "A-C" profile. That is, the mouse-gray surface layer (A) having a variable thickness has a compact structure. This layer goes over into a light-colored (yellowish-gray, grayish-blue) in most cases sandy, calcereous subsoil (C). The latter is mostly iron-spotted and traces of water-level may be recognised on it.

As opposed to the described type the regraded alkali soils have in most cases a definite structure. Owing to the fact that the regrading process on different kinds of structural alkali soils can transform, various kinds of these soils may be found in the Hungarian Great Plain. In most cases the top layers of these soils do not contain any larger amount of water-soluble salts, and the greater quantity of these lies at variable depths beneath the surface, but always near to it.

These types of alkali soils are according to our knowledge today the most difficult to reclaim. These unite the bad physical properties of leached alkali soils with the unfavourable properties of salty alkali-

soils. In their profiles, these differ from the solonch or soloti type in that the "B" horizon breaks into nut-like pieces and the sulphates (Na_2SO_4 , gypsum etc.) lie above the layer of the carbonates. This observation seems to confirm the capillary elevation of the salts in these soils. It is to be noted that this phenomenon, under the Hungarian soil condition, is not decisive.

2) To the second group belong the leached and degraded types of alkali soils which may also named commonly lime-less types of alkali soils. Both of these members are characterised by the low level of subsoil-water. The surfaces of the soil do not contain either a large amount of water-soluble salts or any lime. The accumulation of the harmful salts lies at variable depths beneath the surface, which is either weak alkaline, or neutral, or weak acidic. The sublayer, however, are in all cases alkaline and usually contain not a higher amount of water-soluble salts, but also are rich in carbonates of lime and soda. The amount of water-soluble salts decreases with the depth. As the amount of alkali ions diminishes in the soil solution, a part of the soil colloids liberate themselves and try to immigrate either through the soil profile or are washed away from the surface of the soil. In both of two cases they leave a characteristic mark on the soil profile.

The fact that the subsoils of the Hungarian Great Plain in most cases are rich in lime-carbonate and very often also in other lime-compounds, does not confirm the origin of these compounds in the leaching-down process. This theory breaks down in face of the fact that the soils of the Hungarian Great Plain are built up from two separate geological layers. The lower layer is the older and consists of a loess or clay rich in lime-carbonate. This layer contains the lime-concretions. The top layers are usually alluvial sediments very poor in lime and very probably originate from Na-plagioclases. On these newer sediments the leaching-out processes took place more or less perfectly, but these could not remove much or any significant amount of lime-compounds from the lime-less sediment that forms the surface of today.

Regarding only the leaching-out order of the salts, it is obvious that but a small part if any of the lime-carbonate content of the subsoil could originate from the surface of the soils. The order in immigration of salts is: 1) The alkalis (nitrates, chlorides, sulphates); 2) the magnesium (almost simultaneously with the alkalis); 3) gypsum; 4) the carbonate of lime; 5) the bases of the absorbing-complex: oxides of iron and aluminium, silica etc. It is obvious, that the CaCO_3 moves only after the watersoluble salts.

T
Hung
thus
the s
The
confi
with
anoth
Plain
horiz
the r
T
chara
"A"
leach
soil
colum
crum
farly
of al
T
velop
also
In
chan
ferer
by t
whie
veins
or et
the
("B"
colur
soils.
and
is in
"C"
or so
C
also
seem

The greater amount of water-soluble salts in the soils of the Hungarian Great Plain lie in most cases above the layer of carbonates, thus these soils can be regarded as regraded ones. The distribution of the salts finds its interpretation in the geological origin of these soils. The profile-tests on the spot and the laboratory tests equilaterally confirm that in most cases the leached or sour type is the alkali soil with the mentioned characteristics of soil profile. This fact gives another picture of the regraded alkali soils in the Hungarian Great Plain. Because of the above mentioned two layers, the sulphate horizon lying above the horizon of carbonates is not a criterion of the regraded type of alkali soils in Hungary.

The soils of this group are usually structural. The common characteristics of these two kinds of soil profiles is: a mouse-gray "A" horizon of a variable thickness, which lies in the case of the leached type of alkali soils on darker, and in the case of sour alkali soil on mouse-gray colored columns ("B"). The lower part of the columns usually has a compact nutty, cloddy and till lower down a crumby structure which almost unnoticeably goes over into a yellow, farly or clay calcereous subsoil ("C"). Thus both of these two types of alkali soils have an A-B-C profile.

The described soil profile may usually be found in a well developed form in the leached type of alkali soils, which may be called also by the Russian term solonec.

In the degraded or sour type of alkali soils the solonec profile changes as follows. The horizon "A" is divided. It may be differentiated by a very thin horizon "A₁", which is woven through by the roots of grass-vegetation. Beneath this lies horizon "A₂" which has a very light gray color and in most cases also has iron-veins or iron-spots. These layers never contain any water-soluble salts or carbonate of lime. Their reaction is usually sour. As a result of the leaching process, the horizon "B" divides too. The columns ("B₁") loosen to a more or less degree, and the lower part of the columns ("B₂") becomes more compact than in the case of solonec soils. The appearance of little iron-spots in horizons "A", "B", and (not always) "C" is very characteristic. The reaction of the soil is in horizon "B" usually weak sour or even neutral, and in horizon "C" always alkaline or very alkaline. These are the so-called soloti or solodi soils according to the Russian nomenclature (fig. 1).

Of course transit-soils between the solonec and soloti types occur also in the Great Plain. A large part of the Hortobágy and vicinity seems to be of such a nature.

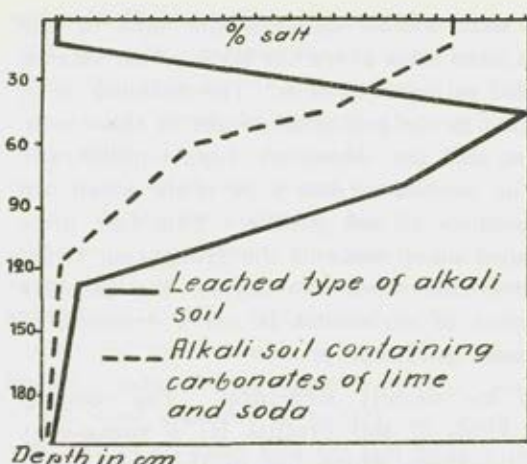


Fig. 1. Diagram of the distribution of water-soluble salts.

within the corresponding groups are not to be reclaimed with the same method or with the same treatment of soil with the same material. The possibilities of reclamation are limited by different factors. Therefore the field test of the soil profile and the laboratory test must confirm each other.

The morphological field test has the chief importance regarding the qualification of the alkali soils. The endeavours in this line of research-work is to find a method by which the alkali soil could be classified only by profile tests. Thus it seems to be necessary to find the connection between the salt-content, distribution of salt and the morphological marks of the profiles of alkali soils. We have already several data regarding this question. The chief guide in the research-work on this line is the experience that the predominant amount of the harmful salts in a structural alkali soil is usually in horizon "B₂" or near it. The amount of these salts diminishes in two directions towards the surface and towards the underground.

In the structural alkali soils two mutual processes stand in and equilibrium. The leaching-out process directed to the depth, and the capillary rising of soil solution which comes toward the surface of the alkali soil. Where these two processes meet, the accumulating layer of the salts is to be found. The intensity of these mutual processes of movement is greatly influenced by the weather and more — or less by the moist — condition of the surface of the soil. If the evaporation from the surface is of a higher degree than the immigration of salts towards the surface, the salt-accumulation comes nearer

The soloti and solotised solonec soils can in almost cases be reclaimed by the liming method.

These four types of alkali soils occur also mixed together. Therefore the alkali soils before reclamation must be carefully tested. The improvement of alkali soils is nothing else than the arrangement of the lime-balance of the alkali soil, and this can be attained in several ways. It is also true that alkali soils

to th
leach
the
the
and
alkal
the
"A₁
In a
suffi
the
struc
the
soils

T
of
dang
of th

I
on b
effec
dryi
The
the s
Alon
down
less

A
deca
unev
this
rem
beco
first
is o
orig
with
seco

I
rece
than
the

to the top of the soil. On the other hand in colder west weather the leaching-out processes predominate, and the salts immigrate towards the underground. Of course the deeper the accumulating layer of the salt lies, the more suitable the alkali soil is for agricultural uses, and the higher the salt-containing "B₂" lies to the surface of the alkali soil, the less is its agricultural value. Thus it is evident that the good alkali soils suitable for agricultural use, have a deep horizon "A₁", and the thinner the "A₃", the weaker the alkali soil in quality. In alkali soils of good quality the leaching-out processes of the soil is sufficient and this fact depends on the quality of the subsoil. When the leaching-out processes cannot proceed favourably or cease, the structure of the soil deteriorates, and in extreme cases the layer of the harmful salts lies near, or on the surface of the alkali soil. Such soils are the worst kind in quality.

The accuracy of this leaching theory is confirmed by the formation of banks in certain alkali soils. The bank-formation is always dangerous for the structural alkali soils of heavy type. The cause of the phenomenon is in the soil itself.

It is known that the bad peculiarities of alkali soils appear at once on being effected by water. In a wet condition they are sticky. When effected by much water they perish and become liquified. After drying, the soil colloids shrink, and consequently the heavy soil cracks. The destruction of the alkali soil begins along these cracks in case the subsoil-conditions are not favourable for the leaching-out processes. Along the cracks the freed part of the soil colloids is leached either down into the cracks or away from the surface. Thus this vegetation-less part yields an active surface for the destroying factors.

As a result of these processes years later there appears a very heavy decay of the soil of alkali pasture. The surface of the soil becomes uneven. The old surface is still covered with grass vegetation, and this part is called the top of the bank. The horizon "A" is removed by the transferring power of the water, and horizon "B" becomes the new, so-called secondary surface. This is, in the first years at least, vegetation-less, and remains so if the alkali soil is of a bad quality. This secondary surface is connected with the original surface through the slope. The slope may be covered also with a weak kind of vegetation but in most cases is as barren as the secondary surface itself.

In more favourable cases the secondary surface, as it was mentioned receives a new vegetation-cover the quality of which usually is weaker than that of the original surface-vegetation. In the later processes the secondary surface, whether covered by vegetation or not, is

attacked by the transporting factors. The weak new vegetation cannot protect the surface of the soil, and even in the case of barren surface the destroying work goes on. In such cases the tops of the columns are attacked and destroyed and leached away. The remainder of columns is cemented by the soil-colloids and forms a newer surface which is usually as smooth as glass and is entirely vegetation-less. The accumulating layer of the soil lies near to the surface. On the other hand the soil receives extremely bad physical properties. These two facts prevent the growth of any kind of vegetation.

In dry weather in the summer, on this hard, even, vegetation-less soil surface there appears a white, powdery, salt-like formation which is quite visible as a salt-efflorescence. This is not a salt, at least not a water-soluble salt, but it is a dehydrated silica arising from the decomposition of the absorbing-complex of the alkali soil. The hydrolising process takes away the Na-ions of the absorbing-complex and destroys also the complex into iron, aluminium and silica. The Na-ions have a positive charge, and these coagulate the silica which has a negative charge. The oxides of the iron and aluminium are leached away from the surface. The hydrated silica loses its water in summer and appears as a salt-efflorescence.

The described destroying process proceeds from year to year, and the original surface disappears permanently. Thus the quality of the alkali pastures become gradually worse. The secondary surface is covered in the best case by vegetation suitable for pasture. The stopping of the process and protection of pastures against it is a most important problem.

THE

From

H
chief
visibl
the s
alkal
on w
very
probl
ques
A
diffe
the a
simil
quali
of th
conn
kind
proc
alkal
sense
the
poin
or p
I
lime-
remc
comp
activ
tran

THE VARIOUS METHODS OF ALKALI SOIL RECLAMATION IN THE HUNGARIAN GREAT PLAIN.

S. A. ARANY.

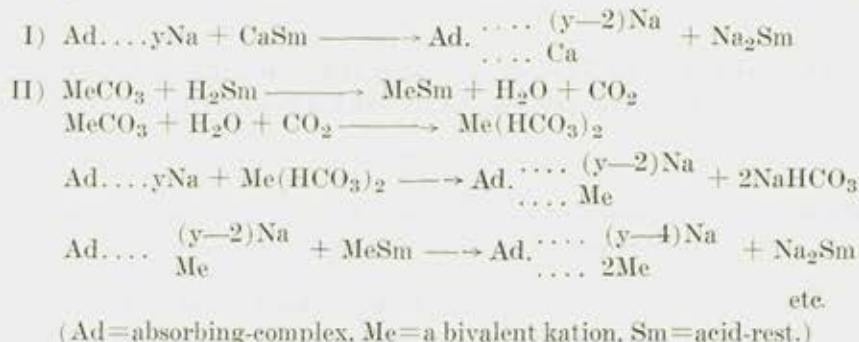
*From the Department of Chemistry and Soils of the Royal Hungarian
Agricultural Academy. Debrecen, Hungary.*

Hungary of today embodies a large alkali territory, which lies chiefly in the eastern part of the country. The extension of the visible alkali areas is estimated at about 750,000 acres not including the so-called 'productive' alkali lands, only the subsoil of which is alkali. The total areas of alkali lands may be about 1,400,000 acres, on which the production of agricultural crops without reclamation is very limited or entirely impossible. Thus the solution of the alkali problem of Hungary is one of the most important agricultural questions.

As the chemical and physical properties of alkali soils are usually different from those of the productive normal soils, it seems that the aim in all cases of reclamation should be to make their properties similar to those of non-alkali soils. Since the differences between the qualities of alkali and non-alkali soils is first of all in the function of the absorbed bases, the reclamation of an alkali soil is mostly in connection with the removal of absorbed sodium-ions. Thus every kind of soil reclamation or fertilisation is the more or less saturating process of absorbing-complex with Ca-ions. The reclamation of an alkali soil means the converting of Na-soil into Ca-soil. In this sense the reclamation of each kind of alkali soil is nothing else than the arrangement of the lime-balance of the alkali soil. From this point of view, there are two possibilities: the lime is either absent or present in the alkali soil.

If the soil does not contain lime-compounds in its upper layers, lime-containing material is to be added to it, the Ca-ions of which remove the Na-ions from the absorbing-complex. If the soil has lime-compounds (carbonate, sulphate or other salts) in its top-layers, the activating of these Ca-ions will replace the harmful Na-ions. The transfer of non-active Ca-ions into an active form may be caused by

different agents as water, acids, different materials rendering acids. These acidie materials attack the unsoluble Ca-compounds and transform them into a soluble form. The raw reactions that probably take place are:



The first reaction refers to the lime-less, the second ones to the lime and sodium-carbonate containing alkali soils. The more the amount of the mobilized Ca-ions in the soil-solution is, the stronger the removing effect.

In the Hungarian Great Plain both of these two chief types of alkali soils may be found and are the centre of research-works. The type containing carbonates of lime and soda lies chiefly between the Danube and Tisza rivers. The lime-less type of alkali soils lies mainly in eastern part of Hungary, in the so-called "Tiszántul" (= Trans-Tisza).

The type of alkali soils containing carbonates of lime and soda is very similar to that which is known as the "solonchak" type. The level of subsoil-water lies in this type at various depths, but always quite near to the surface of the soil. This subsoil-water as a source of alkali salts and alkalisation always influences the surface of the alkali soil. The largest amount of the water-soluble salts lies near to the surface or on the surface of the soil. Among these harmful salts, the sodium-carbonate and other alkaline hydrolizing salts have a predominant role. The whole profile is usually rich in lime-carbonate and has a very alkaline reaction. The layers of this type of alkali soil which are united in a profile might have a structure which is usually similar to that known as "solonce" or "soloti", but could also occur without any definite structure.

Before beginning any kind of reclamation work, it is necessary to sink the subsoil-water until a certain depth. Without the arrangement of the water-question the success of reclamation is very doubtful.

The other type of alkali soil in Hungary has neither lime nor higher amount of water-soluble salts in the top layers. This is called the leached, or lime-less type of alkali soils. The carbonate of lime and the larger amount of water-soluble harmful salt lie at various depths beneath the surface of the soil. The reaction at this depth is usually very alkaline. The amount of water-soluble salts decreases towards the surface as well as towards the depth. The level of subsoil-water usually lies so deep in the soil, that it could not influence the surface with alkalizing-processes to such a degree as in the above described type of alkali soil. The reaction of the top layer usually varies from neutral to weak alkaline or weak sour. The layering of the profile in almost all cases is very characteristic and because of the structur of layers these soils may be called also structural soils.

In reclaiming either of these two types of alkali soils, the following ought to be taken into consideration.

- 1) the arrangement of the water-question on the surface as well as in the depth of the soil;
- 2) the ploughing and the following harrowing of the soil must be as perfect as possible;
- 3) the materials used for reclamation of the indentified alkali soil should not be ploughed down into the soil. The right way is to mix them with the surface-soil by using the harrow or disk-harrow;
- 4) it is advisable to manure the soil before reclamation.
- 5) All circumstances that could influence the result of reclamation should be taken into consideration.

In Hungary the so-called dry methods are in use. That means that the materials applied for reclamation, effect without irrigating the soil under reclamation. The natural precipitates are usually about enough to leach-out the harmful byproducts of the exchange reactions. Yet the reclamation of an alkali soil is doubtlessly more perfect and the results appear more rapidly when irrigation is also applied.

a) Reclamation of leached type of alkali soils.

The reclamation of these soils is mostly done with lime-containing materials: Ground lime-stone, sugar-beet lime, marl, marly-calcerous subsoil, lime-containing industrial hyproducts etc. Regarding of effect and price of reclamation these methods may be treated in two groups: the reclamation of alkali soils with lime-carbonate and similar materials and the reclamation with marly subsoil. This latter is a peculiar Hungarian method for reclaiming alkali soils.

1) Liming.

This method is used with success only on the so-called degraded or sour and on the transit (between the leached and degraded) types of alkali soils. The failures that occur in the liming experiments find their explanation in this fact.

Lime as a remedy for alkali soil was proposed first about the time of the French revolution (1792) by J. Nagyváti. From that time till the last decade of the XIX. century, no traces are to be found of the use of lime in the reclamation of alkali soils. The first practical reclamation on a larger scale was done by J. Nagy at Kisujszállás (County Jásznagykúnszabolcs) in 1890—92. He used burned lime which has been converted on the air into carbonate. The areas on his own farm improved by himself are still good today. At that time the sugar-factories used on their farms the sugar-beet lime to a great extent already with good success. In the first years of this century, several places of the Great Plain alkali soils were reclaimed with lime. These territories are still faultless. Till the second decade the reclamations were made without knowing the theoretical side of the reclaiming processes. The first experiments which had a theoretical base and which were controlled by laboratory tests were made at Karcag in the year of 1922. These experiments made clear the mechanism of soil reclamation and the connection between the properties and the possibilities of reclamation of alkali soils. On this basis more than 12,000 acres of alkali land in the Hungarian Great Plain have been reclaimed within a few years.

It has been experienced that alkali soils which have but a small amount of CaCO_3 could be not reclaimed with liming. On the other hand, the improvement even of the leached type of alkali soils is possible only in cases in which the total amount of water-soluble salts is not higher than 0.25 % and the sodiumcarbonate content is less than 0.02 %. The pH-value of such soils is usually above 7.0 and very often reaches 8.0—8.5. It is known that in such alkaline medium the lime could not dissolve. Thus the reclaiming effect fails. It cannot be determined in every case with field-tests whether the solonchaks are suitable for reclamation with lime. On the other hand the solonchak type of alkali soils in almost every case is suitable for reclamation with CaCO_3 . Thus it is evident that the liming method is adapted for improving solonchaked-solonchak or pure solonchak type of alkali soils.

The greater the amount of lime added to the alkali soil, the stronger and rapider is the result of reclamation. In the soil

reclai
tons
the s
into
shall
T
lime-
The
crista
other
also
its li
of p
show
solub
prop
solub
T
cent
L
into

T
marl
Hung
large
recla
of th
rema
T
high
lime-
also
digo-
lime-
prae
O
whic
infl
the
bene

reclamations, an average of 11.25 tons of ground lime-stone or 22.5 tons of sugar-beet lime have been added per acre. Before liming, the soil was given a heavy coat of stable manure that was ploughed into the soil. The limespread on the surface of the soil is only shallowly mixed with the top layer by the harrow or disk-harrow.

The effect of sugar-beet lime in comparison with the ground lime-stone is always most striking. This is very easy to understand. The ground lime-stone, even in the finest dispersion, possesses its crystalline structure and peculiarities. The sugar-beet lime, on the other hand, is a chemically fresh and not only crystalline but partially also amorph and colloidal precipitate of CaCO_3 . This material, besides its lime content has organical compounds and also a variable amount of phosphoric-acid, potassium, and nitrogen. The laboratory tests show that it contains usually also a higher concentration of water-soluble salts. As to the differences between the chemical and chemical properties of these materials, there is no doubt regarding the easier solubility and higher effect of the sugar-beet lime.

The yield of an improved alkali soil may be 100 or more per cent over that of the original soil.

Lime may be spread also on pastures and lucerns and harrowed into the soil.

2) 'Dígózás'.

The reclamation of the leached type of the alkali soils by using marly subsoil has a past of about 150—160 years. This is an original Hungarian method with which the farmers have improved a very large part of the Hungarian Great Plain. The lands that were first reclaimed with this method are still good and almost no sign remains of the formerly alkali soil. The changes caused by this method have remained permanent in the soil as well as in the yields.

The method is a peculiar case of liming. Its effect is more rapid, higher and in almost every alkali soil is surer than that of the pure lime-stone or sugar-beet lime. The chief agent of this material is also lime. It is evident that the higher the lime-content of the mined digo-earth the lower are the expenses of reclamation of the soil. The lime-content of the marly digo-soil varies within wide limits. In practice, marly subsoil with 2—30 per cent of CaCO_3 is used.

Of course this method is limited to those districts of Hungary which contain a calcereous subsoil. Among the other factors which influence the usefulness of the digo-soil, is the amount of CaCO_3 and the water-soluble harmful salts which occur at various depths beneath the surface in almost all kind of soils of the Hungarian

Great Plain. Owing to this fact, the digo-soils used in practice contain more or less water-soluble salts. What the limit of these salts may be, in the digo-soil good for alkali soil reclamation, is very hard to state, and it depends not least of all also on the soil to be reclaimed. The more leached the soil is, the higher concentration of watersoluble salts it can bear, and the richer the soil is in bases, the poorer must the digo-soil be in water-soluble salts. Thus, in a soil which shows a high degree of unsaturation in bases, a digo-earth containing a little higher amount of water-soluble salts and among them sodium-carbonate could produce a beneficial effect.

It is to be borne in mind that every cm cover of digo-soil represents a certain amount of water-soluble salts. Thus a marly subsoil containing 0.01 per cent water-soluble salts means in each coat of 1 cm about 4.4 kg per acre, and another subsoil containing 0.5 per cent water-soluble salts means about 218 kg-s of salts, with the same thickness. Of course the quality of the soluble salts is of the highest importance. In the case of soluble salts of Ca and to a certain degree that of Mg, high concentrations are desirable. On the other hand, the high concentration of the Na hinders or even stops the reclaiming processes. So it is easily understood that to find a standard for digo-soil is a hard task. It is true however, that the claims for digo-soil in the case of an alkali soil must be more limited than in the case of a sour soil.

Experts can now recognise on the spot whether a certain digo-soil is apt for improving work. Good marly subsoil may be found only under soils of good quality. This experience is the guide in looking for digo-earth.

The suitable digo-soil is crummy, and in a dry condition it is very easily pulverised. Water penetrates through it. The digo-soil of inferior quality is lumpy, and in a wet condition has a peculiar greasy feel.

The mining of marly subsoil is done from ditches or from trenches. The surface soil is not suitable alone for reclamation of alkali soil. It is used only for filling up the smaller depressions of the soil surface. The levelled soil is covered with the digo-earth. Each new cover is ploughed with the underlying layer, and after the last cover of digo-soil, the soil is manured, and is ready for the seed.

The effect of such marling is more striking than that of the liming. This is intelligible since with the smallest cover a large amount of lime and other calcereous materials is added to the soil. These materials include the soluble Ca-salt that are very often present in larger amounts in the subsoil, and the absorbing-complex saturated

with Ca. These compounds together with the CaCO_3 act on and remove the Na-ions from the absorbing-complex of the original alkali soil, thus converting into Ca-containing absorbing-complex. The Ca-complex, that is added with marl to the soil changes the ratio between the sodium-and lime-containing complex, the amount of latter also increases permanently during the exchange reactions.

Taking only the lime-content of the marly subsoil into consideration and supposing that on an average we work with a subsoil with 10 per cent of lime-carbonate, it is obvious that the digo-soil must have a stronger effect than the amount of pure lime-carbonate corresponding with the amount of lime of the digo-soil. Supposing that the weight of one m^3 digo-soil is about 2,000 kg-s and this contains with the above percentage of lime-carbonate 200 kg-s of CaCO_3 . In this case each cm cover contains $86.32 \text{ q} = 8,632 \text{ kg-s}$ of lime-carbonate per acre. The farmers use on an average a 7 cm cover, which means $604.24 \text{ q} = 60,424 \text{ kg-s}$ of lime-carbonate added to the alkali soil. Thus the amount of lime-carbonate is about 5.5-times greater in this case than it is in the liming method. It is also to be remembered that beside this enormous amount of CaCO_3 , other lime-containing materials and chiefly the Ca-containing absorbing-complex also act. Without doubt, the result with this method will be always sure and permanent, as is found in practical experiences. The digozás, i.e. the marling method, is suited for soloti as well as solotised-solonec or pure solonec types of alkali soils.

Experiences show that in most cases the endurance of reclamation is permanent if the factors that influence the results of reclamation are kept in an order.

Viewed from the economical side, calculations show, that with this method under Hungarian conditions, the cost of 100 kg-s of lime-cover is only $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ of that of ground lime-stone or sugar-beet lime spread on the same amount on the alkali soil to be reclaimed.

The yields of reclaimed areas in comparison with the non-treated soil varies between wide limits and very often reaches 200—300 per cent or more.

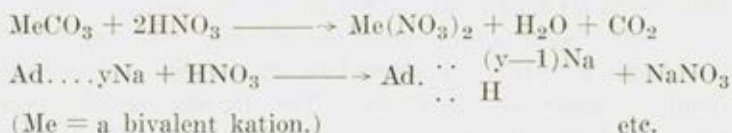
b) Reclamation of alkali soils containing carbonates of lime and soda.

This group of alkali soils includes the so-called salty-alkali and regraded-alkali soils. Both of them occupy a large part of the Hungarian Great Plain. The turbulancy in these soils is mostly caused by the high level of subsoil-water. Consequently the first step towards the reclamation or utilisation of them must be the arrangement of the

water-question. When this is done reclamation can begin in a different manner. Chiefly with these alkali soils the leaching-out the excess of harmful salts has a great importance. Thus the building of a good drain-system in the soil is one of the first questions. The salty-alkali soils correspond to the type known as solonchak, and the regraded alkali soils have signs of regradation in the soil-profile.

1) Reclamation by use of chemicals.

Both of these two types of alkali soils might be improved with the use of inorganic acids or acidie acting materials such as sulphuric acid, nitric acid (in certain cases phosphoric acid), sulphur, alum, ferrous sulphate etc. These materials destroy the carbonate — the source of alkality and danger of alkali soils — and in the less alkaline medium, Ca-ions appear in the soil-solution and remove the harmful Na-ions from the absorbing-complex of the soil. It is to be noted, that in case of nitric-acid (and also in the case of phosphoric acid) not only a reclaiming, but also a fertilizing effect takes place:



These reactions have a great importance in the reclamation of the alkali soils.

As it is known, sulphur is oxidized in the soil by microorganism called *Thiobacillus Tiooxidans* and also by the soil colloids into SO_3 forming H_2SO_4 . The arising sulphuric acid acts.

The salts which besides the acids render hydroxides of aluminium or iron as a byproducts of hydrolises, may be used only on more or less sandy soils. The hydroxides stop the pores of the soil (chiefly soils of heavier character) and the removal of harmful byproducts meets with very great difficulties if not even made quite impossible. Thus the reclaiming effect fails.

The application of reclaiming materials happen on the same manner as it is described by liming.

Hungarian experiences show, that only alkali soils with a no higher soluble harmful salt content than 0.25 per cent can be reclaimed economically for tillage. Above this limit the alkali soils are reclaimed chiefly for meadow or pasture. The worst kind of alkali soils, regardless type, are utilised chiefly as fish-lakes.

2) Other methods for reclaiming alkali soils.

a) Alkali soils of sandy character, in which the water-problem has been arranged may be reclaimed by the sand-covering method. With this method large areas have been improved in the sandy parts of the Hungarian Great Plain. The method is essentially similar to the above described marling, but instead of calcereous subsoil limeless and saltless sand is used. For this purpose drift-sand is suitable as well as sandy subsoil. Only alkali soils of sandy character, which contain carbonates of lime and soda are apt for reclaiming with this method.

The changes that present themselves after sanding the sandy alkali soils are striking and based on several processes that probably may take place.

1) The lean sand dilutes the amount of water-soluble salts and those of the compounds containing sodium; 2) The ratios between the colloidal and non colloidal part of the soil is also changed. This phenomenon itself causes a certain improvement of the alkali soil. 3) The sand-cover mixed with the surface of the soil renders a certain porosity to it. Thus air and water can penetrate into the soil, through which the chemical and biological processes could begin. In this manner, the CO_2 converts the carbonates into bicarbonates. Thus in the first place the dispersed condition of the soil is deminished. On the other hand, the Ca-ions can appear in the soil-solution, with which the exchange of sodium-ions take place. Usually the natural precipitates are enough to leach-out the harmful by-products. Of course the improvement would be more rapid and perfect with inundations.

b) Alkali soils containing lime and sodium-carbonate very often produce a swampy formation. These kinds of soil might also be utilised, and in places where these swamps are in the so-called depressions, there may be done at once two kinds of soil reclamations. In this case, the first step towards reclamation is the regulation of surface and subsoil-water. This is followed by the extirpation of the swampy vegetation which is placed into piles and in which within a few years a strong decomposition of the organical matter takes place. The half-decomposed organical material, which is usually rich in bases, serves to bind and manure the sandy hill-tops the soils of which usually are sour.

After taking away the native vegetation, the formerly swampy land becomes in a few years more or less sufficient pasture, which has a great importance in these parts of Hungary. The pasture after a few years may be used for the cultivation of agricultural plants.

c) Certain alkali soils containing carbonates of lime and soda, which cannot be reclaimed economically with the above mentioned methods, are very often suitable for being turned into pasture. This has a great significance in the alkali districts of Hungary. — Experiments were made in the possibilities of establishment nature grass-cover on alkali soils. The native grass vegetation called *Atropis Limosa* has been found under certain circumstances to give suitable result. The mentioned grass could be used as pasture or as hay. In both forms it is a most valuable feed for animals.

The *Atropis Limosa* can bear a quite high degree of alkality and thrives sufficiently even on alkali soils, where no cultur plants could live. It grows also on soils which have a pH of 9—10 and may be found in good development in soils which contain 0.3—0.5 per cent of sodium-carbonate. The soda-content of the soil seems to be necessary to the growth of this grass, which prefers water and gives under the effect of nitrogenous fertilisers a good and strong grass-cover. The plant is not to be seeded. It grows in a nature-way. The *Atropis Limosa* promises well for use as a covering grass for alkali pasture the soil of which contains carbonates of lime and soda.

d) Alkali soils may be used also for rice-cultivation. Experiments show that rice can grow only on reclaimed alkali soils; on untreated alkali soils the rice culture fails. The development of rice is very striking as is seen in the condition of the root system. The higher the Na_2CO_3 content of the soil the smaller and weaker is the development of the root-system of the rice.

e) The use of alkali soil as a site for fish-lakes has been mentioned already.

f) Other methods, as shadowing (preventing evaporation), boxing (preservation of surface water within a small dam bordered territory) etc. are very rarely used in the practical management of alkali soils.

TERRES SALÉES DES MARAIS CÔTIERS DE LA GUINÉE FRANÇAISE.

I. FRANC DE FERRIÈRE.

Société Commerciale des Potasses d'Alsace, Mulhouse.

La mise en culture de certains sols littoraux de la Guinée Française présente des difficultés spéciales en raison de l'abondance des sels solubles qu'ils contiennent, ces sels étant particulièrement nuisibles à la végétation pendant la saison sèche.

Nous avons reçu de *M. Moity*, planteur à *Benty* (Guinée-Française) une série d'échantillons de terre provenant d'une région marécageuse, basse, destinée à la culture du bananier. Le premier travail effectué par le planteur sur ce terrain a été la construction d'une digue de protection, mettant ses terres à l'abri de l'invasion par les eaux marines.

Alors qu'au-delà de la digue, vers la mer, la végétation naturelle est formée de palétuviers, la partie basse du marais est occupée par une végétation herbacée mixte de juncus marins, prédominant en saison sèche, et de carex, prédominant pendant la saison des pluies.

Les juncus marins forment un peuplement presque pur au voisinage de la digue, dans le fond de la dépression; les carex deviennent de plus en plus abondants au fur et à mesure qu'on s'éloigne du rivage.

Plus loin apparaît l'*Impérata*; puis les fossis (*Raphia grassilis*) couvrent le sol d'une végétation arbustive puissante, à laquelle se mêlent des arbustes à latex corrosif: les ossongos (*Anthostema aubryanum*).

C'est dans cette zone relativement éloignée de la mer, et où l'influence des sels solubles sur la végétation est le moins marquée, que *M. Moity* a relevé le profil du sol n° I; c'est un sol de marais formé essentiellement d'éléments très fins:

— l'horizon superficiel A_1 , humifère, apparaît noir, riche en matières humiques,

— l'horizon moyen A_2 apparaît au contraire blanc et décoloré, il repose sur:

— l'horizon B qui est bleuâtre et dégage une odeur caractéristique d'œufs pourris. C'est donc un horizon de réduction que l'on peut comparer aux horizons de gley des sols marécageux des régions tempérées froides.

Résultats de l'analyse des échantillons de terre de M. Moity à Benty
(Guinée Française)

N° des échantillons	Profil I			Profil II			Efflorescences	
	A ₁	A ₂	B	A ₁	A ₂	B	III	IV
<i>Analyse chimique de la terre fine:</i>								
Réaction	très acide	très acide	très acide	très acide	très acide	très acide	—	—
pH	4.2	3.95	3.00	4.25	4.4	2.25	—	—
Teneur en azote total ‰	4.30	1.20	1.00	3.65	1.20	1.15	—	—
Teneur en acide phosphorique assimilable ‰	0.03	0.	—	0.02	0.	—	—	—
Teneur en potasse assimilable	0.17	0.10	0.05	0.33	0.19	0.07	—	—
<i>Analyse des éléments solubles dans l'eau:</i>								
Sulfates exprimés en SO ₃ ‰	1.65	1.68	18.0	0.90	2.10	35.25	237.5	201.0
Chlorure exprimé en NaCl ‰	0.80	0.60	4.3	4.45	4.90	20.90	91.60	83.30
Fer et alumine ‰	0	0	4.50	1.0	1.0	12.5	157.2	25.0
Acidité libre exprimée en SO ₄ H ₂ ‰	1.95	2.85	13.40	traces	traces	25.70	134.25	141.00

A l'analyse, les 3 horizons présentent une acidité très nette, qui croît avec la profondeur:

- A₁ = pH 4.2
A₂ = pH 3.95
B = pH 3.0

L'horizon humifère superficiel est normalement très riche en azote total. Noter l'extrême pauvreté en acide phosphorique assimilable, avec teneur un peu meilleure en potasse assimilable, due sans doute à l'accumulation superficielle des débris végétaux.

Mais ce qui nous intéresse plus particulièrement c'est la salinité de ces divers horizons: les 2 horizons supérieurs contiennent environ 1.6 ‰ de sulfates solubles (exprimés en SO₃) alors que l'horizon à l'égard des chlorures passant de 0.8 et 0.6 en A₁ et A₂ à 4.3 ‰ en B et à l'égard de l'acidité libre. Nous pouvons donc admettre

que les 2 horizons supérieurs que nous avons notés A_1 et A_2 sont des horizons éluviaux, l'horizon inférieur B étant à la fois un horizon de réduction et un horizon illuvial d'accumulation saline.

Le lessivage superficiel est assez intense ici pour qu'il n'y ait pas de fer et d'alumine, sous forme de sels solubles à l'eau, dans les horizons éluviaux A_1 et A_2 , alors que ces 2 éléments sont assez abondants en profondeur, le fer s'y trouvant sous forme de sels solubles ferreux, l'alumine sans doute sous la forme de sulfate d'alumine.

M. Moity a relevé un second profil (profil II), dans la région moyenne mixte à Carex et juncus marins, où l'influence des sels solubles est déjà très marquée par la nature de la végétation.

Nous retrouvons ici, au point de vue profil, un horizon A_1 fortement humifère de couleur noire; un horizon A_2 , décoloré, reposant sur un sous-sol B de couleur bleutée, formé d'argile contenant en profondeur des débris de palétuviers; ces derniers indiquent l'existence ancienne en cet endroit d'une végétation nettement plus halophile que la végétation actuelle.

La différence d'acidité s'accroît entre l'horizon superficiel A_1 (pH 4.25) et l'horizon profond B (pH 2.25).

Les sulfates sont peu abondants en surface, mais leur teneur a doublé en profondeur (35.15), par rapport au profil I (18.0 ‰). Mais ce qui caractérise surtout ce profil, c'est sa richesse en chlorures solubles atteignant 4.45 ‰ en surface et jusqu'à 20.9 ‰ dans l'horizon profond B, alors que nous n'avons que 4.3 ‰ de chlorures dans l'horizon B du profil I. C'est donc ici un sol très franchement salé et c'est cette différence de teneur en chlorures qui paraît conditionner principalement la différence de flore observée entre les régions I et II.

Notons que le fer et l'alumine n'existent en surface qu'à l'état de traces, sous formes solubles à l'eau, alors qu'en profondeur, en B, leur teneur est doublée par rapport au profil I, fait que nous avons déjà noté pour les sulfates.

En certains points de cette zone moyenne à végétation herbacée se forment en surface de véritables croûtes ou efflorescences salines; nous donnons sous le n° III la composition d'une de ces efflorescences:

237.5 ‰ de sulfates (en SO_3)

91.6 ‰ de chlorures (en Na Cl)

157.2 ‰ de fer et alumine solubles.

Ce produit présente une acidité libre considérable.

L'efflorescence n° IV a été prélevée sur le revers intérieur de la digue de protection; les sels de fer et alumine y sont moins abondants que dans l'échantillon n° III. Mais la réaction est toujours très fortement acide.

En résumé, nous avons ici 3 zones distinctes au point de vue sol et végétation:

— la zone la plus éloignée de la mer, la plus continentale, où les chlorures sont assez rares, mais où les sulfates acides sont abondants en profondeur dans l'horizon de réduction; c'est au point de vue végétation la zone arbustive à fossis (*Raphia gracilis*);

— la zone moyenne aujourd'hui protégée par la digue et qui a subi longtemps les invasions marines lors des fortes marées: le sol y est à la fois sulfaté et chloruré; la végétation y est herbacée: juncs et carex, les juncs dominant dans les régions les plus basses et aux périodes de sécheresse où la salure du sol s'accroît;

— la zone marine, au delà de la digue, occupée par la végétation classique des côtes guinéennes: les palétuviers.

L'introduction de la culture du bananier se fera assez facilement dans la zone à *Raphia*. En effet, nous avons vu que, dans les parties les plus éloignées de la mer, les horizons superficiels éluviaux A_1 et A_2 sont déjà, grâce au climat très pluvieux de la Guinée, en grande partie lessivés des sels solubles. Pour permettre un enracinement suffisamment profond des bananiers et leur bonne venue, il sera cependant nécessaire d'abaisser autant que possible l'horizon B, illuvial et réducteur, et cela par le creusement de fossés de drainage qui emmèneront vers la digue les eaux d'irrigation et de lavage, dont l'évacuation vers la mer se fera à l'aide d'une vanne que l'on ouvrira seulement lors des marées les plus basses.

Dans la zone moyenne salée, la plantation de bananiers ne pourra se faire qu'après un lavage et dessalage énergique du sol. On peut espérer qu'après 4 mois de pluie, et peut-être à l'aide d'irrigations utilisant des eaux douces, on obtiendra un dessalage suffisant pour obtenir une bonne venue des bananiers.

Mais de bonnes récoltes nécessitent aussi une bonne nutrition des plantes de cultures et le bananier est particulièrement exigeant.

L'azote est abondant, nous l'avons vu, dans ces sols, mais sous forme humique, donc insoluble. Il sera indispensable d'en apporter sous forme d'engrais, de préférence sous forme mi-ammoniacale, minitrique.

L'acidité des terres et leur teneur en alumine libre, rend pour les plantes de culture l'assimilation phosphatée particulièrement difficile. Nous avons eu l'occasion d'observer dans un cas analogue de

terres acides sulfatées-salées, sur rizière indochinoise de delta, l'action remarquable du phosphate bicalcique. Ce dernier engrais s'est avéré également favorable au bananier.

Le lessivage intense nécessité par le dessalage des terres augmentera encore le besoin en engrais potassiques, besoin toujours prépondérant en culture bananière. L'apport se fera de préférence sous la forme de sulfate de potasse.

La destruction de la couverture végétale naturelle arbustive ou herbacée, qui était le principal facteur d'enrichissement en humus de l'horizon superficiel A_1 , risque de faire baisser rapidement la teneur en humus de cet horizon, soumis aux travaux aratoires nécessités par la culture. Il y aura donc lieu d'envisager le maintien de la richesse en matière humique de l'horizon A_1 par des paillages réguliers et abondants à l'aide de matière végétale que l'on coupera dans la brousse voisine.

Enfin, il ne faut pas oublier que le bananier, s'il végète fréquemment sur terre acide, n'est pas une plante acidophile. Le lavage des terres éliminera déjà la majeure partie des sels acides solubles comme le sulfate d'alumine; mais, l'eau de lavage étant sans doute elle-même acide, les colloïdes minéraux et organiques du sol conserveront toujours cette réaction. On pourra espérer atténuer celle-ci par des apports de calcaire, sous forme, par exemple, de coquilles broyées, puisque nous nous trouvons au voisinage même de l'Océan.

En résumé, ces terres marécageuses, basses et riches en sels, de la côte guinéenne, présentent ce caractère commun à beaucoup de sols des côtes des régions équatoriales chaudes et humides, à savoir le mélange de deux éléments salins d'origine opposée:

— les chlorures, d'origine nettement marine et qui paraissent être les plus toxiques pour la végétation;

— les sulfates, sous la forme de sulfate ferreux et de sulfate d'alumine, dont l'origine continentale paraît indiscutablement liée aux phénomènes de décomposition latéritique des roches, et qui sont des agents très actifs d'acidification des sols.

L'amélioration agricole de ces sols comportera, avant tout, leur drainage et, si possible, leur irrigation avec des eaux douces, puis des améliorations chimiques et physiques appropriées, telles qu'apport d'engrais, d'amendements et de matière humique. Ils deviendront alors d'excellents sols pour la culture bananière.

THE MINERAL COMPOSITION OF CERTAIN SCOTTISH SOILS.

R. HART.

Macaulay Institute for Soil Research, Aberdeen.

The eastern district of Scotland consists of a diversified area both topographically and geologically. While no very high elevations occur the terrain is varied and reaches in places an elevation of over 1,000 feet (305 m.). The climate is temperate and the rainfall moderate. Geologically the area is very diversified since many rock formations, both igneous and sedimentary are encountered. The igneous formations range from acid to basic in composition, both plutonic intrusions and volcanic lavas occurring. These igneous rocks are to be found in all parts of the region, which in the north is mainly formed of metamorphic rocks (schists and gneisses). South of this there is an extensive area of Old Red Sandstone rocks, mainly conglomerates, sandstones and marls with andesitic lavas forming the higher ground. The southern part of the area is formed of rocks of Carboniferous age, of very diverse materials, but largely sedimentary, while in the extreme south there is an upland region of shales and grits of Silurian age.

The geological features of importance with regard to soil formation in the area are the extensive series of more recent deposits, which cover the solid rocks. Practically all this area, apart from the highest ground, has been affected by glaciation and extensive spreads of boulder clays, sands and gravels form the soil parent materials. The arable soils are all formed on such materials and since the deposits are not uniform either in texture or in mineral composition, the soils tend to be varied accordingly. Although these glacial deposits are of the highest interest, since it is their weathering that has given rise to the soil, they have been little studied in the past.

A detailed study has been made on the mineral composition of some of the typical soils of this area. In this investigation the fine sand fraction of the soils was investigated in detail and a general examination of the coarse sand and silt fractions made. It is possible

by means of heavy liquids to separate out mineral fractions according to density so that the proportions of minerals present may be evaluated. The minerals in the different fractions are determined by ordinary petrological methods. Three groupings are generally made, characterised by felspar (orthoclase), quartz and ferromagnesian silicates. The silicate minerals are in general the most important since they are found to be characteristic of the parent materials.

Most striking differences were found in the soil mineral composition from the different areas. In the Silurian districts the ferromagnesian silicate fraction never varied above 4 per cent, while in the Carboniferous it rose to 6. In the Old Red Sandstone formation the percentage rose to over 20 but varied considerably from district to district. As is to be expected this fraction is very much higher in soils from igneous and metamorphic rocks and in the case of a soil derived from norite reached over 60 per cent.

The actual mineral composition varies greatly in these different soils and the state of weathering of the minerals also is associated with the geological history of the parent materials, the soils developed on the sedimentary formations being found to contain the highest proportion of weathered material. This is connected with the several cycles of erosion through which the material has passed.

Although most of the soils examined were derived from glacial deposits the influence of the geological formation was found to persist and exerted a preponderating influence on the mineral content of the matrix of the drift. Particular attention was paid to these drifts since little information is available on their mineral composition. Texturally they vary enormously, ranging from stony clays to gravelly sands and providing a range of similar textural varieties in the soils. In the north-eastern part of this area the glaciation has been complicated because of the occurrence of several ice-movements so that the relation between the composition of the drifts and the underlying rock formation is more complicated than in other districts but it is possible by the above methods to distinguish areas of similar composition. Normally the composition of these drifts is determined by the rock formation over which the ice has travelled.

The investigation has shown that over the east of Scotland the soils vary considerably in mineral content and that they all contain a proportion of silicate minerals. The state of weathering of these minerals varies greatly. In practically every soil examined, however, comparatively fresh mineral grains are found and this indicates that in the soils there is a reserve of bases. Plagioclase felspar, augite, hornblende, garnet and epidote have been frequently noted and these

are all lime-bearing minerals. Of the potash-bearing minerals the micas, both muscovite and biotite, are to be found; and orthoclase, the potash-bearing felspar, while very frequent in the soils over the granitic areas is also to be found in most of the sedimentary areas. Apatite has only been noted infrequently in some of the soils, but this may be due to actual decomposition of the mineral in the soil and also to laboratory treatment of the samples.

Weathering processes affect different minerals at different rates and the occurrence of fresh and altered silicate minerals even in the silt fractions of these soils shows the importance of the study of the parent materials and of the soils, for estimating the kind of bases which may be available.

THE BLACK COTTON SOILS AND RED EARTHS OF THE HYDERABAD DECCAN STATE INDIA.

A. D. DESAI.

The Macaulay Institute for Soil Research, Aberdeen.

The soils of the Hyderabad Deccan State India are developed under the influence of more or less semi arid climatic conditions and Steppe vegetation with the annual rainfall varying between 20 and 40 inches (500—1,000 mm.), most being received in heavy downpours during the period from June to November. The maximum temperature in summer goes up to 43° C and in winter up to 31° C with diurnal changes of 11° to 17° C.

The soils may be roughly divided into two types, Black Cotton Soil or 'regur' and red earth which is locally known as 'masab' in the trappean country and 'chelka' in the gneissic country. Both of these types are derived from the Deccan Trap and Gneissic Complex. The red and black soils adjoin and the parent material of both soils appears to have been derived from the same rocks; but the red earths generally cover the hill slopes and higher ground and they are much shallower than the black soils. The soil profiles show no distinct horizons except that in the case of black soils there exists a zone of Calcium Carbonate accumulation at some depth which depends upon the rainfall conditions and the relief of the area. Flat areas with sufficient rain have the zone of Calcium Carbonate accumulation at greater depths. In the case of black soils the profile is characterized by the presence of free carbonates and Calcium-carbonate concretions of different sizes scattered through the profile and generally, their number and size increases with depth; the depth of the soil varies from 2 to 4 feet up to 8 to 10 and depths up to 30—40 feet are not rare. The soil in general is heavier in texture.

The red soil profile is generally free from Calcium-carbonate accumulation and concretions but frequently contains iron concretions and in few cases lime concretions too. The surface horizon is mostly gravelly, the finer portion being carried lower down in the profile. The soil in general is very shallow.

From the results of the mechanical analyses of a few of the profiles it is seen that the black soils, as already referred to above, are heavier in texture and there is no marked variation in the composition of different horizons except that the surface layers show slightly low clay-contents which may be attributed to the downward movement of the finer fractions. The red soils being coarser than the black ones show a downward transport of finer material. The sum of clay plus silt in black soils varies from about 40 to 75 per cent, while in the case of red soils it is 20—40 per cent.

It is also found that the black soils contain free carbonates (mostly calcium carbonate) varying from 0.4 per cent to 25 per cent and increasing with depth. Their reaction is always alkaline. The red earths are usually free from such carbonates and they are slightly acid to neutral in reaction.

The exchange capacity in the case of black soils is approximately 1 m.e. per gram of clay while it is about 0.5 m.e. in red earths, the increase in the black soils being marked in all the bases, i.e. CaO , MgO , K_2O and Na_2O . But there is an indication of lower CaO/MgO ratio in the case of red earths than in the black. The low exchangeable base content in the red earths suggests the greater leaching of these soils.

When the black soil and red earth of the same locality are compared, the C/N ratio of the black soil is higher than that of the red earth and this difference is due to the higher percentage of nitrogen in the organic matter of the red earth. The percentage of the organic carbon does not seem to vary much in the two types of soils. This leads to the conclusion that the organic matter of the red earths is more proteinous in character than that of the black soils.

The analyses of clay fractions show that the molar Si/R , Si/Al and Si/Fe ratios are slightly lower in the red earths in comparison with those of the black soils; but the molar Al/Fe ratios in both the soils seem to be more or less the same. Thus it seems that there is slight solubility and leaching away of silica in the case of red earths while the shifting of iron in relation to aluminium is identical in both the types.

The total soluble salts are distinctly low in the red earths and this is in conformity with the other characteristics which are consequent upon the greater leaching action of water on these soils.

As regards the dark colour of the soils, many authors attribute it to the presence of fair amounts of organic matter and few suggest it to be due to some mineral substance like titaniferrous magnetite and others point out that black soils and red earths are originated

from different parent rocks. From the present study of these soils it is definite that the black and red soils contain practically the same amount of organic matter and if there is any difference at all, it is quite insufficient to account for the vast change of colour. The explanation given by Mohr and others seems to be quite probable; they say that under semi arid climatic conditions the alkalies and alkaline earths which are not leached out of the soils due to insufficient moisture, act with organic acids to form compounds like humates which give intense black colour to the soils. On the other hand, the red earths which are generally situated on slopes and high levels are more or less easily leached and thus any alkalies or alkaline earths that are in soluble form are removed from the soil. The red colour of these earths is probably due to the presence of dehydrated iron oxides. The presence of equal amounts of iron in the black soils indicates that it is in more hydrated form than in the red earths and this could be confirmed by the fact that black soils when thoroughly ignited turn out red.

The influence of parent rock on the colour of the soils is rather secondary in importance as red earths and black soils are seen lying close together over the same geological formations. However, it could be said that under conditions giving rise to moderate leaching of the weathered products, the acidic or basic nature of the rocks may have substantial effect on the colour of the resulting soils. Thus Deccan Trap has generally given rise to black cotton soils where as the gneissic series (especially the pink members) has produced red earths and grey loamy soils are seen derived from grey granitoid series.

VERGLEICH DER HUMUSBESTIMMUNG MIT DER OXYDATIONSMETHODE NACH KNOP UND MIT DER TITRATIONSMETHODE NACH WALKLEY-BLACK.

V. NOVAK und J. PELÍŠEK, *Brno, Tschechoslowakei.*

In der Tschechoslowakei verwendet man als Standardmethode zur Humusbestimmung die Oxydationsmethode mittels Chromsäure nach Knop, mit welcher hier eine grosse Anzahl von Analysen gemacht wurde. Die Knopsche Methode, mit der bekannten Apparatur der Reinigungs- und Absorptionsgefässe, ist sehr langwierig und umständlich. Mit der Knopschen Methode erzielt man zwar nicht die Zerlegung aller organischen Substanzen, es wird aber vorausgesetzt, dass die wirklich humifizierte Substanz zerlegt wird.

Wir versuchten die Methode nach Knop mit der Titrationsmethode nach Walkley-Black zu vergleichen und gingen dabei von der Voraussetzung aus, dass unter Anwendung eines im Grunde genommen gleichen Oxydationsmittels beide Methoden übereinstimmende Resultate liefern müssen.

Aus der beigegeführten Tabelle ist auch sehr gute Übereinstimmung beider Methoden zu sehen, falls die Methode nach Walkley-Black etwas modifiziert und der Arbeitsgang entsprechend geändert wird.

Es müssen besonders folgende Umstände hervorgehoben werden:

1.) Vor allem ist es vorteilhafter, nicht direkt mit dem Mohrschen Salz zu titrieren, sondern es ist besser, von diesem vor der Titration einen kleinen Überschuss zu geben, welcher mit Kaliumbichromat zurücktitriert wird.

2.) Die Titration wird eine Stunde nach Ablauf der Reaktion, welche sich nach der Zugabe von Kaliumbichromat und Schwefelsäure entwickelte, vorgenommen.

3.) Da man zur Humusbestimmung nach der Methode Walkley-Black nur verhältnismässig kleine Bodenproben benötigt, ist es unbedingt notwendig, die zu analysierende Bodenprobe sehr fein in einer Achatsschale zu zerreiben, was eine genauere Probenahme ermöglicht und auch zur schnelleren und gründlicheren Oxydation der organischen Stoffe führt.

Vergleich der Humusbestimmung mit der Oxydationsmethode nach Knop und mit der Titrationsmethode nach Walkley-Black.

Lokalität, Bodentyp	Tiefe in cm	Humus nach Knop %	Humus nach d. Titrations- methode %	Differenz	Relative Differenz
Vyškov Schwarzerde	5—15	2.719	2.773	+ 0.054	+ 1.98
	30—40	2.204	2.170	— 0.034	— 1.54
	50—60	1.904	1.898	— 0.006	— 0.31
	70—80	0.612	0.594	— 0.018	— 2.94
	130—140	0.582	0.572	— 0.010	— 1.71
Jaroslavice Schwarzerde	5—15	3.445	3.401	— 0.044	— 1.27
	65—75	1.837	1.810	— 0.027	— 1.46
	100—110	1.294	1.281	— 0.013	— 1.06
	130—140	0.723	0.728	+ 0.005	+ 0.68
Husovice Brauner Waldboden	20—30	0.913	0.900	— 0.013	— 1.42
	50—60	0.441	0.435	— 0.006	— 1.36
	70—80	1.394	1.380	— 0.014	— 1.00
Brno Brauner Waldboden	5—15	2.947	2.953	+ 0.006	+ 0.20
	25—35	1.240	1.280	+ 0.040	+ 3.22
	50—60	0.804	0.800	— 0.004	— 0.49
	80—90	0.757	0.740	— 0.017	— 2.24
Senetářov Podsolboden	5—13	3.241	3.252	+ 0.011	+ 0.33
	25—35	0.732	0.728	— 0.004	— 0.54
	60—70	0.290	0.284	— 0.006	— 2.06
	110—120	0.256	0.259	+ 0.003	+ 1.17
Babice Podsolboden	4—8	6.485	6.331	— 0.154	— 2.37
	10—20	1.333	1.306	— 0.027	— 2.02
	20—30	0.698	0.663	— 0.035	— 5.01
	40—50	0.604	0.603	— 0.001	— 0.16
	60—70	0.357	0.341	— 0.016	— 4.48
Rudice, Humus- karbonatboden	5—15	8.316	8.294	— 0.022	— 0.26
	20—30	6.734	6.701	— 0.042	— 0.62
Brno, Humuskar- bonatboden	5—15	7.364	7.301	— 0.063	— 0.85
	20—30	4.466	4.382	— 0.084	— 1.88
Šumera, Humus- karbonatboden	5—15	17.209	16.901	— 0.308	— 1.60
	20—30	14.142	13.865	— 0.277	— 1.95
Ochoz Humuskarbonatb.	5—15	20.762	20.650	— 0.112	— 0.96
	30—35	76.049	74.440	— 2.609	— 3.43
Torf von S. Sebastiansberg	110—115	87.057	84.780	— 2.277	— 2.61
	170—175	87.600	85.820	— 1.780	— 2.03
Úlehla s. 5, Schwach podsolierter Boden auf Diluvialsand	10—20	1.831	1.850	+ 0.019	+ 1.03
	35—45	0.808	0.827	+ 0.019	+ 2.37
	50—60	0.564	0.540	— 0.024	— 4.25
Úlehla s. 8 dto	10—20	1.728	1.740	+ 0.012	+ 0.70
	30—40	1.369	1.412	+ 0.046	+ 1.23
	43—50	0.862	0.841	— 0.021	— 2.43

Lokalität, Bodentyp	Tiefe in cm	Humus nach Knop %	Humus nach d. Titrations- methode %	Differenz	Relative Differenz
Žabčice Višňový kopec s. 64 dtto	10—20	1.746	1.725	— 0.021	— 1.23
	30—40	1.522	1.565	+ 0.043	+ 2.82
	50—60	1.707	1.801	+ 0.094	+ 5.50
	110—120	0.331	0.310	— 0.021	— 6.34
Unkovská s. 10	10—20	1.833	1.887	+ 0.054	+ 3.00
	35—40	1.880	1.809	— 0.071	— 3.77
	60—70	1.756	1.706	— 0.050	— 2.84
	90—100	0.195	0.198	+ 0.003	+ 1.53
Přísnotská s. 3 dtto	5—15	2.408	2.348	— 0.060	— 2.50
	20—30	2.209	2.213	+ 0.004	+ 0.18
	50—60	2.710	2.664	— 0.046	— 1.70
	70—80	2.219	2.197	— 0.022	— 0.99
Knížecí les III. a, s. 2 Alluvialboden mit Gleyhorizont	10—20	2.590	2.507	— 0.083	— 3.32
	30—40	2.135	2.119	— 0.016	— 0.74
	50—60	1.147	1.189	+ 0.042	+ 3.66
	80—90	1.244	1.240	— 0.004	— 0.32
	110—120	0.600	0.620	+ 0.020	+ 3.33
	140—150	0.513	0.565	+ 0.052	+ 1.01
Knížecí les III. b, s. 8 dtto	10—20	2.367	2.274	— 0.093	— 3.92
	40—50	1.425	1.499	+ 0.074	+ 5.19
	60—70	0.775	0.723	— 0.052	— 6.70
	100—110	1.077	1.034	— 0.043	— 3.99
Knížecí les IV. a, s. 21 dtto	5—15	1.527	1.551	+ 0.024	+ 1.57
	20—30	1.711	1.706	— 0.005	— 0.29
	40—50	1.925	0.982	+ 0.057	+ 6.19
	65—75	0.932	0.982	+ 0.050	+ 5.36
Knížecí les IV. c, s. 5 dtto	10—20	1.827	1.887	+ 0.060	+ 2.28
	40—50	1.214	1.189	— 0.025	— 2.05
	70—80	1.547	1.473	— 0.074	— 4.78
	90—100	1.731	1.706	— 0.035	— 2.02
	120—130	1.556	1.551	— 0.005	— 0.32
	180	0.865	0.878	+ 0.013	+ 1.50
	240	1.123	1.137	+ 0.014	+ 1.24
	265	0.741	0.775	+ 0.034	+ 4.58
Knížecí les III. c, s. 20 dtto	10—20	2.403	2.429	+ 0.026	+ 1.08
	30—40	2.034	2.068	+ 0.034	+ 1.67
	50—60	1.167	1.137	— 0.030	— 1.57
	80—90	1.230	1.210	+ 0.010	+ 0.81
	120—130	1.324	1.292	— 0.032	— 2.41
Pláňková s. 1 dtto	10—20	1.976	1.964	— 0.12	— 0.60
	40—50	1.879	1.912	+ 0.033	+ 1.75
	60—70	0.887	0.878	— 0.009	— 1.01
	90—100	1.636	1.654	+ 0.018	+ 1.10

Für die Methode Walkley-Black wurde folgender Arbeitsgang eingehalten:

Die abgewogene, fein zerriebene Bodenprobe wird in einen Erlenmeyerkolben von etwa 500 ccm Inhalt geschüttet, worauf aus einer Bürette genau 10 ccm einer normalen Kaliumbichromatlösung zugefügt werden. Hierauf gibt man aus einer Pipette 20 ccm konzentrierter Schwefelsäure in den Kolben und zwar so, dass alle Bodenteilchen in die Lösung gespült werden. Der Erlenmeyerkolben bleibt nun eine Stunde lang stehen, um einen Temperatúrausgleich zwischen der Flüssigkeits- und der Laboratoriumstemperatur zu erzielen, worauf mit destilliertem Wasser auf 300 ccm verdünnt und etwas pulverförmiges Natriumfluorid zugefügt wird (etwa 5–8 g entsprechend der Menge der verdünnten Lösung). Nun werden aus einer Bürette ein kleiner Überschuss einer 0.4 n Mohrschen Salzlösung und 4–5 Tropfen 0.5 % Diphenylamin zugefügt und in der Kälte mit Bichromat bis zur sattblauen Färbung titriert.

Die Reihenfolge der einzelnen, zugegebenen Reagenzien muss genau so eingehalten werden, wie es der obige Arbeitsgang vorschreibt. Dies bezieht sich besonders auf das Diphenylamin, welches vor dem Mohrschen Salz zugegeben, durch seine teilweise Zersetzung die Lösung dunkel färbt. Aus der Menge der Kubikzentimeter des zur Oxydation verbrauchten normalen Kaliumbichromates berechnet man den Humusgehalt unter der Voraussetzung, dass 1 cm³ n-Kaliumbichromatlösung 3 mg C oxydiert.

Zu dem hier angeführten Arbeitsgang müssen noch einige Bemerkungen und Details gesagt werden. In die Arbeit wurden 0.2–2.0 g der Bodenproben, je nach dem Humusgehalt, genommen. Erfahrungsgemäss ist es vorteilhafter, kleinere Mengen in die Arbeit zu nehmen, denn bei grösseren Bodenmengen trübt sich die Bodenhydrosuspension zu stark, was eine schlechtere Durchsichtigkeit der Flüssigkeit zur Folge hat. Walkley-Black geben an, dass zur richtigen Oxydation 15–25 mg C im Boden zugegen sein sollen. Nach den bisher von uns durchgeführten Analysen haben wir die Erfahrung gemacht, dass es nach unserem Arbeitsgang möglich ist, den Humusgehalt verlässlich bis unter die Grenze von 5 mg C (in extremen Fällen sogar 2 mg C) im Boden festzustellen. Demgegenüber wurde der Humus auch in Mengen entsprechend bis 50 mg C im Boden gut feststellbar, es wurden nur dementsprechend grössere Mengen von Kaliumbichromat und konz. Schwefelsäure zugefügt. Auch diese Resultate waren sehr befriedigend.

Nach der Zugabe des Mohrschen Salzes im Überschuss muss die Lösung eine hellgrüne Farbe mit einer leichten Schattierung ins Blaue Zeigen. Hat die Lösung eine saftgrüne Farbe, müssen noch einige ccm Mohrschen Salzes zugefügt werden, bis der genannte Farbton erzielt wird. Gewöhnlich genügen bei der Zugabe von 10 ccm n-Kaliumbichromatlösung etwa 20–25 ccm der 0.4 n Mohrschen Salzlösung. Falls die Zugabe einer grösseren Menge von Kaliumbichromat not-

wendig ist, muss auch mehr der Mohrschen Salzlösung verwendet werden (1 ccm n. Bichromatlösung = 2.5 ccm 0.4 n Mohrsalzlösung). Von dem als Indikator benützten Diphenylamin werden 4—5 Tropfen (0.5 ccm) auf 300 ccm der Lösung gegeben, was nach beendeter Titration den richtigen Farbenton sichert. Ein Überschuss des Indikators hat eine violette bis rotviolette Farbe zur Folge.

Der Verlauf der Färbung während der Titration ist wie folgt: hellgrün mit einer Schattierung ins Blaue → graugrün → grüngrau → blaugrau (gesättigt) → sattblaue Färbung. In konzentrierteren Lösungen wird die Flüssigkeit zu dunkel, so dass die Beendigung der Reaktion schwer zu erkennen ist.

Bei dem Studium dieser Methode wurde auch verfolgt, wie die analytischen Resultate beeinflusst werden: 1.) Durch eine Minute langes Aufkochen der Lösung mit darauffolgender Abkühlung und Auffüllung mit Wasser. 2.) Durch die Länge des Stehenlassens nach der Oxydation mit Kaliumbichromat und Schwefelsäure.

Nach der Zugabe von Kaliumbichromat und der Schwefelsäure erwärmt sich die Flüssigkeit infolge Oxydation. Die Titration muss erst nach dem Erkalten ausgeführt werden. Man kann daher voraussetzen, dass die Abkühlungsdauer vor der Titration Einfluss hat auf das Resultat, welches auch noch durch abermalige Oxydation infolge weiteren Erwärmens nach der Zugabe von Reagenzien beeinflusst werden kann. Das Aufkochen auf die Dauer einer Minute zeigte sich nicht vorteilhaft, falls die Resultate denen nach der Knopschen Methode erzielten entsprechen sollen. Dies zeigt folgende Übersicht:

Humusbestimmung nach Knop %	Humusbestimmung nach der Titrationsmethode %	
	nicht gekocht	1 Minute lang gekocht
1.396	1.412	2.680
1.831	1.850	2.549
1.880	1.809	2.411
0.808	0.827	1.102
1.833	1.887	2.687
2.710	2.664	3.307
1.427	1.408	2.410
1.728	1.740	3.240

Die nach der Titrationsmethode erhaltenen Resultate, bei denen 1 Minute lang gekocht wurde, sind bedeutend höher als die Zahlen der Humusbestimmung nach Knop. Bei dem Vergleich der Abkühlungs-

dauer, welche zwischen der ausgeführten Oxydation und der Titration liegt, hat es sich gezeigt, dass diese Verhältnisse schon nach ungefähr einer Stunde geregelt sind:

Humusbestimmung nach Knop	Humusbestimmung nach der Titrationmethode					
	nach 1	2	3	6	12	24 Stunden
1.831	1.861	1.840	1.828	1.825	1.840	1.824
2.710	2.708	2.718	2.720	2.708	2.714	2.708
20.762	20.758	20.698	20.770	20.782	20.706	20.732

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass zwischen der 1—24stündigen Abkühlungsdauer kein praktischer Unterschied besteht, vielmehr ist nach 24 Stunden eine sinkende Tendenz zu beobachten.

Falls vor Ablauf einer Stunde titriert wurde, ergaben sich im Vergleich zur Methode nach Knop zu hohe Resultate, wie diese Beispiele zeigen: 1.912 % Humusgehalt (Knop 1.831 %), 1.980 % (Knop 1.363 %), 2.842 % (Knop 2.305 %).

Auf Grund dieser Analysen wurde die einstündige Abkühlungsdauer nach der durchgeführten Oxydation, ehe man zu Verdünnung und der eigentlichen Titration schreitet als genügend angesehen. Weiter empfehlen wir nur frisch zubereitete Lösungen (Mohrsehe Salz) zu verwenden, resp. sich nur einen solchen Vorrat zu schaffen, welchen man binnen 2—3 Tagen bei Serienanalysen verbraucht.

Es wurden die Analysen von etwa 100 Bodenproben verglichen. In der beigefügten Tabelle führen wir 80 Proben an, sofern sie von kompletten Bodenprofilen stammen. Die analysierten Proben stammen grösstenteils von den Ackerböden des Schulgutes der brünner Hochschule für Bodenkultur in Žabčice und dem Typ nach sind es schwach podsolierte Böden und Alluvialböden des Svatkaflusses mit mehr oder weniger ausgeprägtem Gley-Horizont, weiter wurden auch Profile echter Schwarzerden, deren A-Horizont kalkigen (Jaroslavice) und nichtkalkigen (Vyškov) Charakter hatte, analysiert, Braunerden aus der Umgebung von Brno, Podsolboden von Senetářov und Babice, sowie auch typische Humuskarbonatböden mit reichlichem Gehalt von Humus und CaCO_3 . Die Resultate wurden auf Lufttrockensubstanz und nicht auf die absolute Trockensubstanz berechnet. Der Humusgehalt wurde aus der Menge des organ. Kohlenstoffes multipliziert mit dem Faktor 1.724, resp. aus der CO_2 -Menge (Methode nach Knop) multipliziert mit dem Faktor 0.471 errechnet.

Der Humusgehalt der analysierten Bodenproben schwankt zwischen 0.2—20 %, die Mehrzahl der Böden hat 1—3 % (was am häufigsten

bei unseren Kulturböden anzutreffen ist), analysiert wurden auch Böden mit 5—20 %, hauptsächlich Humuskarbonatböden. Ausserdem wurden auch des Interesses halber Torfproben aus St. Sebastiansberg im Erzgebirge analysiert. Die erzielten Resultate stimmen sehr gut mit den Bestimmungen nach der Methode Knop überein, denn die relativen Unterschiede übersteigen nicht 6 % und bewegen sich grösstenteils zwischen 2—3 %. Bei grösserem Humusgehalt sind die Abweichungen grösstenteils schwach negativ.

Zur Analyse von Torfproben müssen noch einige Bemerkungen gemacht werden: Der Hochmoortorf, welcher analysiert wurde, hatte einen niedrigen Aschegehalt, nach der Veraschung der Probe aus 30—40 cm blieben 0.68 %, 110—115 cm 0.80, und bei der Probe aus 170—175 cm blieben 1.92 %. Mit der Chromsäure wurde bei den aus tieferen Schichten stammenden Bodenproben die organische Substanz, welche auch humifizierter ist, vollständig oxydiert: $87.60 + 1.92 + 10.55$ (organ. Substanz + Asche + Wassergehalt) = 100.17 %. Bei einer Probe, aus höheren, weniger humifizierten Schichten stammend, wurde die organische Substanz ungenügend oxydiert: $76.649 + 0.680 + 11.470$ (organ. Substanz + Asche + Wassergehalt) = 88.199 %, so dass die Humusoxydation nur zu 86.56 % stattfand.

Interessant ist es, dass mit der Titrationsmethode auch bei der Analyse der Torfproben sehr befriedigende Resultate erzielt wurden (relative Unterschiede betragen nur 2—3.4 %, obzwar im Vergleich mit der Methode nach Knop die Resultate immer etwas niedriger waren, wie dies allgemein bei höherem Humusgehalt der Fall ist), trotzdem man aus technischen Gründen sehr kleine Mengen (nur 0.05 g) der Torfproben in die Arbeit nehmen kann. Bei der Humusbestimmung in Torfproben nach dieser Methode ist es notwendig, die Lösung auf 1000—1500 ccm zu verdünnen, wobei zweimal soviel Natriumfluorid und Diphenylamin beigelegt werden muss.

Zusammenfassung.

Die oxydimetrische Titrationsmethode nach Walkley-Black, mässig modifiziert, liefert übereinstimmende Resultate mit der Oxydationsmethode mittels Chromsäure nach Knop. Man kann also die Knopsche Methode zur Humusbestimmung durch eine schnellere und weniger umständliche Titrationsmethode, unter Anwendung von Kaliumbichromat, Schwefelsäure und Mohrschem Salz ersetzen, was besonders für Serienanalysen, speziell für die Bodenkartierung, von Vorteil ist.

DIE BÖDEN FINNLANDS.

B. AARNIO.

*Bodenkundliche Abteilung der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt,
Helsinki.*

Nachdem sich der Felsgrund Finnlands in dem ältesten oder archaischen Zeitalter der Entwicklung unserer Erde gebildet hatte, haben sich hier aus den Zeiten, als die Pflanzen- und Tierwelt der Erde sich entwickelten, geologische Ablagerungen erhalten erst aus dem allerjüngsten geologischen Zeitraum oder dem Quartär, als die losen Bodenarten Finnlands sich absetzten. Während dieser Quartärzeit war ganz Nordeuropa infolge der Klimaabkühlung vom Inlandeis bedeckt, das sich von hier bis an das deutsche Mittelgebirge und nach Südrussland erstreckte. Dieser gewaltige Inlandgletscher, dessen Mächtigkeit als sogar sehr gross eingeschätzt wird, breitete sich durch das eigene Gewicht seiner Eismassen in zentripetaler Bewegung strahlenförmig aus. Das sich bewegendes Inlandeis nahm vom Felsgrund alles lose und sich ablösende Material mit fort, das sich in die untersten Eisschichten einmischte, zertrümmert und zerkleinert wurde. Die im Eise enthaltenen Mineralbestandteile haben auch die Oberfläche des liegenden Grundfelsens abgeschliffen.

Im Verlaufe langer Zeiten veränderten sich die klimatischen Verhältnisse derart, dass das Inlandeis zu schmelzen und der Eisrand sich nordwärts zu verschieben begann. Durch das Gewicht der Eismassen war die Erdoberfläche in der Mitte des Inlandeises, die sich östlich vom skandinavischen Gebirge befand, so eingesackt, dass sie um den Nordteil des Bottnischen Meerbusens vielleicht 250—300 m tiefer als gegenwärtig lag. Darauf beruhte es, dass, als der Gletscherrand sich weiter nach Norden zurückzog, das Meer den unter dem Inlandeise hervortretenden Boden überspülte. Als dieser sog. Baltische Eissees seine weiteste Ausdehnung erlangt hatte, war Finnland so sehr von Wasser bedeckt, dass nur die höchsten Stellen als

Inseln aufragten. Das Wasser dieses Sees war salzlos, und in den in ihm abgelagerten Sedimenten sind selbst von elementarsten Organismen keinerlei Reste aufgefunden worden, so dass man schliessen kann, dass es unbelebt gewesen ist.

Als der Eisrand sich zurückzog, öffneten sich die durch Mittelschweden führenden Meerengen, wodurch, wie man annimmt, das salzige Meerwasser in das Ostseebecken eindrang (Yoldiazeit). Sein Einfluss ist jedoch an den damaligen Ablagerungen Finnlands nicht zu erkennen. Inwieweit die Verbindung nach dem Weissen Meer auf die Ablagerungen in Ostfinnland einwirkte, ist noch nicht endgültig entschieden.

Nachdem das Gewicht der Eismassen nicht mehr wirkte, begann die Erdrinde sich zu heben, und stets neuer Boden stieg aus dem Meere auf. Doch blieb das Wasser salzlos. Als die Temperatur gestiegen war, begannen im Wasser Organismen aufzutreten, zuerst Diatomeen und dann Muscheln. Nachdem diese erschienen waren, bestand ein verkleinerter baltischer See, der *Ancylussee*. Nachdem aber im Südteil der gegenwärtigen Ostsee eine Landsenkung, durch welche sich die dänischen Meerengen aufthaten, eingetreten war, strömte salziges Wasser in die Ostsee. Während jener Zeit, der sog. Litorinazeit, war das Klima schon so günstig geworden, dass das Meer schon ein sehr reichhaltiges organisches Leben barg.

Bodenarten.

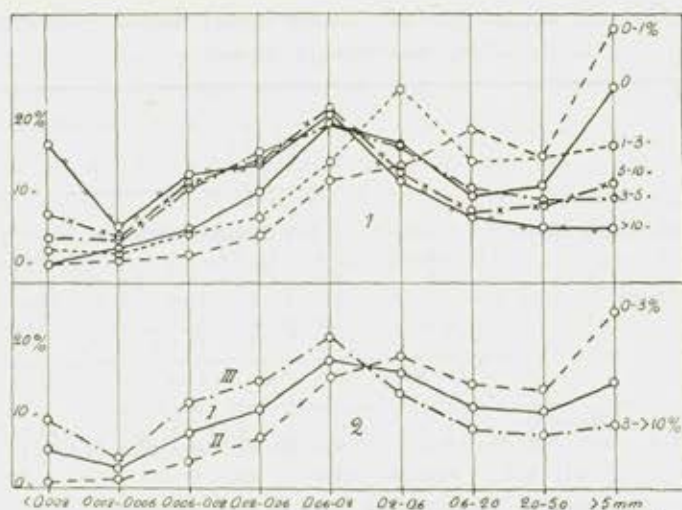
Unter den oben geschilderten Verhältnissen entstanden unsere Bodenarten. Als das Eis schmolz, blieb das in ihm enthalten gewesene Grusmaterial übrig, das die am weitesten verbreitete Bodenart, den *Moränengrus*, bildet. Er ist aus verschiedenen groben Mineralien zusammengesetzt, von groben Felsblöcken bis zu dem feinsten Mineralpulver. Er ist unsortierte, teils unter dem Gletscher verfrachtete und hartgepresste *Grundmoräne*, teils loser gepackt oder durch den Wogengang der Meere aufs neue aufgeschichtet. Die Moräne, die überall in Finnland angetroffen werden kann, ist im allgemeinen sehr steinig. Stellenweise, z. B. in Nord-Savo, gibt es Moräne, die sehr wenig oder fast gar keine Steine enthält und die in reichlichen Mengen feine Bestandteile einschliesst. An vielen Stellen in Ostfinnland findet sich kulturfähige Moräne, an deren Oberfläche eine verhältnismässig dünne Moränensandschicht liegt. Ihre Entstehung ist noch nicht geologisch aufgeklärt.

Tab. 1. Die mittlere mechanische Zusammensetzung der Moräne, nach Tonfraktionen gruppiert.

			Λ 2000 0.002	0.002 — 0.005	0.005 — 0.02	0.02 — 0.06	0.06 — 0.2	0.2 — 0.5	0.5 — 1	Λ 5 mm
Tonfrakt. <0.002 mm = 0	% ..	—	2.2	4.9	10.2	20.0	16.8	9.7	11.3	24.9
" "	= 0.1—0.9 "	0.2	0.7	1.6	4.3	11.9	13.9	19.2	15.3	32.9
" "	= 1.0—2.9 "	2.0	1.4	4.6	6.7	14.5	24.7	14.6	14.8	16.7
" "	= 3.0—4.9 "	3.8	3.6	10.9	15.9	19.9	16.4	10.9	9.6	9.6
" "	= 5.0—9.9 "	7.2	3.7	11.5	14.6	22.2	13.2	7.6	8.4	11.6
" "	= > 10 "	17.0	5.4	12.7	14.4	21.2	11.9	6.7	5.2	5.0
Im Mittel			5.0	2.8	7.7	11.0	18.3	16.2	11.4	10.7
Tonfrakt. im Mittel 0—	2.9 %....	0.7	1.4	3.7	7.1	15.5	18.5	14.5	13.8	24.8
" "	3— > 10 "....	9.4	4.2	11.7	15.0	21.1	13.8	8.4	7.5	8.9

Die mechanische Zusammensetzung der Moräne (Tab. 1) ist stark wechselnd, denn es gibt solche Moränen, die überhaupt keine tonartigen Bestandteile aufweisen (<0.002 mm), während andere dagegen über 10 % enthalten. Die in Finnland anzutreffenden Moränen können in zwei Gruppen eingeteilt werden, nämlich in solche, bei denen der Tongehalt weniger als 3 % ausmacht, und in solche, die mehr enthalten. Werden sie nämlich nach dem Tonmaterial eingeteilt in Gruppen, bei denen der Tongehalt 0.0—1.0 und 1—3 % beträgt, so bilden sie eine Gruppe, die sich hauptsächlich in ihrer Menge von denjenigen unterscheidet, bei denen das Tonmaterial mehr als 3 % ausmacht. Die tonhaltigen Moränen wiederum bilden ihre eigene verhältnismässig einheitliche Gruppe, bei der die zur Mo-, Sand- und Grusgrößenklasse gehörigen Bestandteile sehr gleichartig sind und nur die feinsten Elemente (<0.002 mm) sich in ihrer Menge voneinander unterscheiden (Abb. 1). Die Kurve zur Durchschnittszusammensetzung der ersteren Gruppe steigt ziemlich gleichmässig von den feinsten auf die gröberen Bestandteile an, indem sie bei den Sandfraktionen (Abb. 2, II) eine kleine Steigerung aufweist. Die Kurve zur Durchschnittszusammensetzung der tonhaltigen Moränen (Abb. 2, III) steigt bei der Mo- und bei der feinen Sandgruppe, indem sie zeigt, dass bei ihnen der feine Sand und die noch feineren Bestandteile vorherrschend sind. Groben Sand und Grus enthalten sie in geringeren Mengen, durchschnittlich weniger als 10 %.

Als der Gletscher abschmolz, zog sich der Eisrand immer weiter nach Norden zurück. Dieses Zurückweichen hat sich jedoch nicht stetig vollzogen, vielmehr traten dabei kürzere oder längere Stag-



nationen ein. Wenn der Gletscherrand längere Zeit unbeweglich blieb, häuften sich vor dem Eisrand Randmoränenbildungen an, unter denen der Äussere und der Innere Salpausselkä, die in grossem Bogen quer durch Südfinnland verlaufen sowie westlich von Lahti und Vääksy am Vesijärvi einen grossen Knoten bilden, sehr bedeutend sind. Von dort aus schlugen sie südwestliche Richtung ein, und der Äussere läuft in Hanko und der Innere in Bromarv aus. Vom Knoten des Äusseren Salpausselkä aus setzen sich auch nach Nordwesten Höhenzüge fort, welche die ausgedehnten Osaufschüttungen Hämeen kangas und Pohjankangas bilden. Als Folgeerscheinungen kürzerer Stillstände sind kleinere Randmoränen anzutreffen.

Auf das Material des Salpausselkä haben mehrere Umstände eingewirkt. Während des Stillstandes des Eisrandes unternahm dieser dennoch geringe Vor- und Rückwärtsbewegungen, Oszillationen, welche das vom Eise abgesetzte Material vermischten. Darauf wirkte auch der vor dem Eisrande tätige Wogengang des Meeres ein, durch den das Material neu aufgeschichtet wurde. Der Süd- bzw. Distalteil der Randmoränen ist denn auch meistens aus Sand aufgebaut, während hingegen der Nord- bzw. Proximalteil aus gröberem Material besteht.

Die senkrecht gegen die beiden Salpausselkä verlaufenden Längs-

oser sind ebenfalls aus dem durch das Eis verfrachteten Material, im allgemeinen ausgewaschen, warvig und gröber, zustande gekommen. Manche dieser Oser sind berühmt durch ihre Naturschönheit, wie der Punkaharju, Tolvaharju sowie die Oser von Vehoniemi und Kaukola. Mit den Osern sind häufig Sandgebiete verbunden.

Die Schmelzwässer des Gletschers brachten Schlamm mit sich, der sich in dem vor dem Gletscherrand stehenden Baltischen Eissee ablagerte. Da dessen Wasser salzlos war, sedimentierten sich die Bestandteile des Schlammes nach der Korngrösse, die gröberen nahe dem Eisrande, während die feineren weiter verfrachtet wurden, und zwar um so weiter weg, je feiner sie waren. Je nach der Temperatur der Luft war das Abschmelzen intensiver oder langsamer, so dass die Schmelzwasserströme in wärmerer Zeit in reichlicheren Mengen Schlamm verfrachteten als in kälterer. So nahmen die Tone jener Zeit eine warvige Struktur an, wobei jede Warve in ihrem unteren Teil gröber ist und nach oben zu immer feiner wird.

Warvige Motone finden sich hauptsächlich nördlich vom Inneren Salpausselkä, vorwiegend in Satakunta und Häme. Im Innern Finnlands treten diese Tone hauptsächlich an den Ufern der Seen und Gewässerzüge auf.

Das vom Gletscher gekommene feinste Material entfernte sich weiter vom Gletscherrand und setzte sich ab, indem es die sehr fein verteilten schweren Tone bildete, die sich in Südwest- und Südfinnland in weiten Tonfeldern ausdehnen. Mit ihnen verbunden sind die Ufertone des Laatokka.

Alle früher entstandenen Tone sind in salzlosem Wasser abgelagert worden, die jüngsten bzw. Litorinatone dagegen in salzigem. Diese unterscheiden sich von jenen darin, dass sie in reichlichen Mengen organischen Stoff enthalten und salzhaltig sind. Durch die Bakterientätigkeit und die Oxydationsercheinung entstehen in ihnen Aluminiumsalze, die bei der Zersetzung, Hydrolyse, freie Säure erzeugen, wodurch diese Tone im allgemeinen eine saure Reaktion haben. In ihnen entstehen auch durch Austrocknung grosse Risse und Spalten, so dass sie wasserdurchlässig sind. Sie sind nur an den Küsten Finnlands vorwiegend auf den Talsohlen anzutreffen.

Zu den wichtigsten Bodenarten Finnlands gehören die Tone. Sie lassen sich folgendermassen einteilen:

Schwerer Tonboden ist in feuchtem Zustande sehr plastisch, seine Schnittfläche ist stark glänzend und nicht mehlig. Beim Trocknen schrumpft er sehr stark.

Motonboden ist in trockenem Zustand hart, in feuchtem dagegen normal plastisch. Bei trockenem Moton ist die Schnittfläche schwach glänzend und mehlig.

Leichter Tonboden ist in trockenem Zustand eine lockere und leicht zerbrechliche Bodenart, die beim Trocknen kleine Körner bildet. Sandgehalt fühlbar.

Bröckeltonboden ist gyttjahaltig, bildet in trockenem Zustand kleine kantige Teilchen und schrumpft stark. Er enthält in reichlichen Mengen organische Substanz und Salze, seine Reaktion ist gewöhnlich stark sauer.

Tab. 2. Mittlere mechanische Zusammensetzung der Tone.

	< 0.002	0.002—0.006	0.006—0.02	0.02—0.06	0.06—0.2	0.2—0.6	0.6—2.0	Hydr.	Flüssigkeitsgrenze	Ausrollgrenze	Plastizität	Klumpgrenze	N %	C %	C/N	Org. Stoffe %	Sp. Gew.
Schwere Tone	69.7	15.0	7.3	4.6	2.7	0.6	0.1	10.4	47.9	20.8	27.8	31.7	0.07	0.72	10.7	1.17	2.62
Bröckelton	60.8	15.1	10.5	8.6	3.5	1.5	—	11.1	53.9	41.6	12.3	52.5	0.27	2.60	9.6	4.50	2.53
Leichte Tone	56.6	11.9	11.3	8.8	9.7	1.7	—	8.3	46.5	24.3	22.3	34.8	0.19	1.48	7.8	2.56	2.58
Motone	32.3	23.1	18.7	13.7	9.4	2.7	0.1	3.7	33.1	18.3	14.8	25.4	0.07	0.88	12.9	1.44	2.66

Die physikalische Eigenschaften der Tone.

Vergleichen wir die Durchschnittswerte für die mechanischen Analysen der Tone (Tabelle 2 und Abb. 3), so sind die Kurven

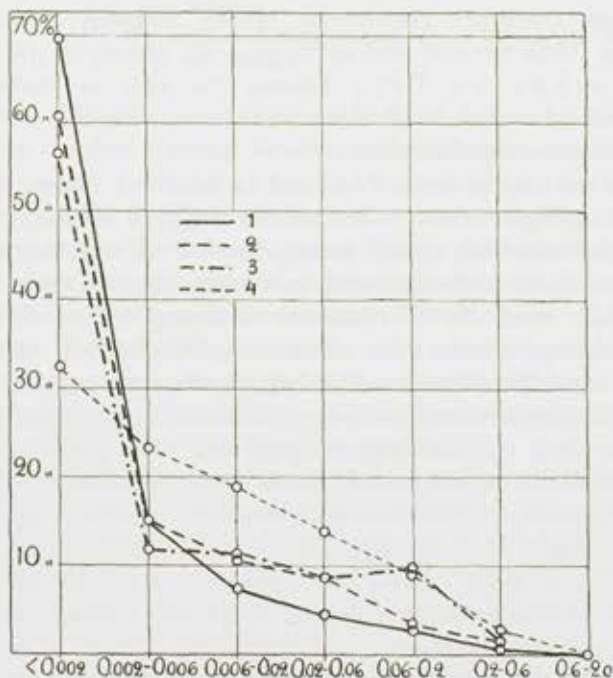


Abb. 3. Die mechanische Zusammensetzung der Tone.
1. Schwerer Ton, 2. Bröckelton, 3. Leichter Ton, 4. Moton.

des schweren und des Bröckeltones sehr gleichartig, wenngleich der schwere Ton in reichlicheren Mengen feinste Bestandteile (< 0.002 mm) einschliesst. Auch die mechanische Zusammensetzung des leichten Tones ist ähnlich, wenn auch mit dem Unterschiede, dass er in reichlicherem Masse feinen Sand $0.06-0.2$ mm einschliesst. Dagegen unterscheidet sich die Zusammensetzung des Motons scharf von den vorhergehenden, er ist durchweg gröberes Material, und die ihn wiedergebende Kurve fällt von den feinsten Bestandteilen auf die gröberen fast geradlinig ab. Wenn wir den Moton nicht in Betracht ziehen, können die übrigen Tone auf Grund ihrer mechanischen Zusammensetzung nicht voneinander unterschieden werden. Die zu einer jeden Tongruppe gehörigen Tone sind in ihrer mechanischen Zusammensetzung sehr voneinander unterschieden. So schwanken die feinsten Bestandteile bei den schweren Tönen zwischen $95-54\%$, bei den Bröckeltonen zwischen $80-46\%$, bei den leichten Tönen zwischen $75-22\%$ sowie bei den Motonen zwischen $50-16\%$ und in dem gleichen Verhältnis auch die übrigen Korngrössengruppen.

Auch die Hygroskopizität ist hauptsächlich von der mechanischen Zusammensetzung der Tone abhängig. Die Hygroskopizität der schweren und der Bröckeltonen ist durchschnittlich dieselbe. Bei den leichten Tönen wirkt die gröbere Korngrösse auch schon auf die Hygroskopizität ein, und bei den Motonen ist sie niedrig. In der Plastizitätszahl besteht ein bedeutender Unterschied, denn bei den Bröckeltonen ist sie sehr niedrig, was darauf beruht, dass die Ausrollgrenze sehr hoch ist. Die Fließgrenze wiederum ist höher als bei den schweren Tönen. Die schweren Tone sind am meisten plastisch, die Plastizitätszahl ist durchschnittlich 27.8 , bei den Bröckeltonen 12.3 , bei den leichten 22.3 und bei den Motonen 14.8 . Die Schwankungen belaufen sich bei den schweren Tönen auf $41-20$, bei den Bröckeltonen auf $26-6$, bei den leichten auf $38-14$ und bei den Motonen auf $21-9$. Die Plastizitätszahl richtet sich nicht nach der mechanischen Zusammensetzung, vielmehr wirken anscheinend auch andere Faktoren auf sie ein.

Die Klebegrenze ist bei den Bröckeltonen sehr hoch, durchschnittlich 52.5 , mit einer Spannweite von $76-30$, bei den schweren 31.7 , mit den Extremwerten $39-29$, bei den leichten 34.8 , mit einer Amplitude von $66-20$, und bei den Motonen 25.4 , indem sie zwischen $21-30$ wechselt. Die Klebegrenze ist also bei den jüngeren Tönen höher und auch unregelmässiger. Diese Erscheinungen bei den Konsistenzeigenschaften der jüngeren Tone beruhen gewiss auf der geringeren Veränderung der in ihnen enthaltenen kolloiden Stoffe, weswegen sie mehr gelartig sind. Darauf weist auch die den Bröckel-

tonen eigene grosse Schrumpfbarkheit hin, die nach den Untersuchungen von Keso durchschnittlich bei den Motonen 6.5, bei den schweren Tönen 25.5 und bei den Bröckeltonen 38.3 Vol.-% ausmacht.

Der Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt der Tone ist bei den jüngeren bedeutend grösser als bei den Glazialtonen; an Stickstoff enthalten die ersteren 0.07 %, die Bröckeltone 0.27 % und die leichten 0.19 % und an Kohlenstoff die Glazialtone 0.72—0.88 %, die Bröckeltone 2.60 % und die leichten 1.48 %, und zwar aus dem Grunde, weil es in der Nacheiszeit schon ein reiches organisches Leben gab. Die organischen Stoffe sind bei den jüngeren Tönen auch schon vollständiger zersetzt als bei den Glazialtonen, C/N bei den ersteren 9.6 und 7.8 sowie bei den Glazialtonen 10.7 und 12.9. Auch das spezifische Gewicht ist bei den Glazialtonen, die weniger organische Stoffe enthalten, etwas höher, 2.62 und 2.66, sowie bei den jüngeren Tönen 2.53 und 2.58.

Reaktionsverhältnisse der Tone.

Wie in vielen ihrer Eigenschaften unterscheiden sich die jüngeren Tone in ihrer Reaktion von den eigentlichen Glazialtonen und insbesondere von den schweren Tönen. Während die Reaktion der schweren Tone in Wasserlösung durchschnittlich $\text{pH} = 6.23$ und die der Motone $\text{pH} = 5.34$ ist, beläuft sich die der Bröckeltone auf $\text{pH} = 4.29$ und die der leichten auf $\text{pH} = 4.75$. Obgleich die Schwankungen in den einzelnen Fällen gross sind, unterscheiden sich die verschiedenen Typen deutlich voneinander; die jüngeren Tone sind von saurerer Reaktion als die Glazialtone. Dies beruht hauptsächlich darauf, dass die leichten und die Bröckeltone sich in salzigem Wasser abgelagert haben, wo unter dem Einfluss des Reduktionsprozesses aus den Sulfaten Sulfide entstanden sind, von denen die Eisensulfide durch den oxydierenden Einfluss der Luft Sulfate bilden und gleichzeitig Aluminiumsulfate entstehen. Diese zersetzen sich, indem sie hydrolytisch freie Schwefelsäure bilden.

Die Tone haben ebenso wie viele andere Stoffe die Eigenschaft, dass ihre Reaktion sich nicht ändert, wenn ihnen eine geringe Menge Säure oder Base zugeführt wird. In dieser Beziehung sind alle Ton-typen gleichartig, wie zu ersehen aus der Abb. 4, welche die Ergebnisse bei der Behandlung des Bodens mit verschiedenen starken Säuren und Basen im Verhältnis 1:10 wiedergibt. Wie die Kurven zu den Durchschnittswerten zeigen, wirken erst 1/1000-n Säure und Base auf die Reaktion der Tone ein, die sich durch stärkere Säuren und Basen rasch verändert. Die Säuren und Basen, schwächer als 1/1000-n verändern

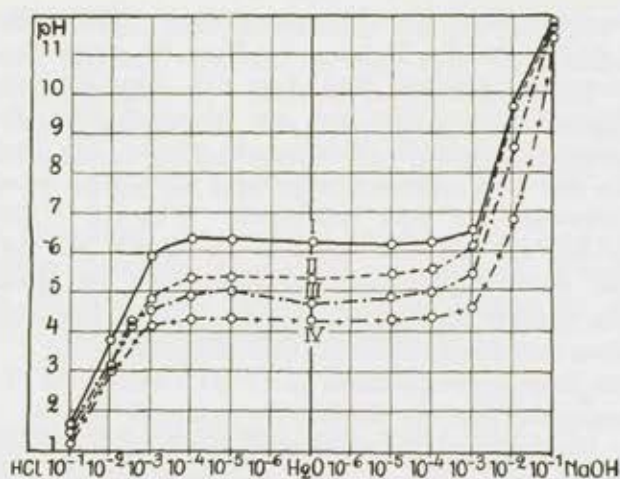


Abb. 4. Die Reaktionsverhältnisse der Tone.
I. Schwerer Ton. II. Moton. III. Leichter Ton.
IV. Bröckelton.

die Reaktion nicht erheblich, vielmehr steigern die schwachen Säuren etwas den pH-Wert.

Die verschiedenen Tontypen bilden sehr gleichartige Kurven, wenn ihre Mittelwerte in Betracht gezogen werden. Ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Säuren und Basen hinsichtlich der Reaktion ist im grossen und ganzen gleich. Jede pH-Kurve verläuft anfangs gemäss dem in Wasserlösung erhaltenen Wert. Doch ist zu bemerken, dass die Säuren und Basen die Reaktion der verschiedenen Tontypen in gewissem Masse in verschiedener Weise verändern.

Der Einfluss von Säure und Base auf die Reaktion der Tone.

	1/1000-n HCl	1/1000-n NaOH	1/100-n HCl	1/100-n NaOH
Die Reaktion des schweren Tons verändert sich um	0.32 pH	0.31 pH	2.41 pH	3.59 pH
Die Reaktion des Motons verändert sich um	0.51 „	0.84 „	2.18 „	4.47 „
Die Reaktion des leichten Tons verändert sich um	0.19 „	0.72 „	1.55 „	3.90 „
Die Reaktion des Bröckeltons verändert sich um	0.15 „	0.35 „	1.27 „	2.52 „

1/1000-normale Säure im Verhältnis 1:10 wirkt verhältnismässig wenig auf die Reaktion der Tone, weniger auf saure als auf schwach saure ein. Die Reaktion der Motone wird, infolge ihrer gröberen

Korngrösse, durch Säure am meisten verändert. 1/100-n Säure wirkt schon viel stärker auf die Reaktion der Tone ein, denn die Veränderungen schwanken zwischen 2.41—1.27 pH. Der Einfluss ist am grössten beim schweren Ton und am kleinsten beim Bröckelton. Natriumhydrat verändert die Reaktion viel stärker. Die Veränderung ist beim Mo- und beim leichten Ton grösserer Korngrösse beträchtlicher als beim schweren und beim Bröckelton. Während 1/1000-n Base ebenso viel auf die Reaktion des schweren Tones wie auf die des Bröckeltones einwirkt, verändert 1/100-normale die Reaktion des Bröckeltones weniger als die des schweren Tones. Der Einfluss der im Bröckelton enthaltenen Säure ist hier bedeutend.

Über die Reaktionsverhältnisse der finnischen Tone ist noch zu bemerken, dass sie beim Trocknen meist saurer werden. Die Reaktionsveränderung ist jedoch bei den verschiedenen Tonen ungleich. Die schweren Tone verändern sich viel, die Motone weniger und die Sandböden beinahe gar nicht. Die Reaktionsveränderung der Bröckeltonen ist sehr bemerkenswert, was auf der Oxydation der im Ton enthaltenen Sulfide und auf der Hydrolysisierung der Eisen- und Aluminiumsalze beruht.

Wenn man den Boden der Einwirkung höherer Temperaturen aussetzt, so verhalten sich die neutralen und sauren Tone verschieden (Abb. 5). Wenn man den neutralen Ton eine Stunde

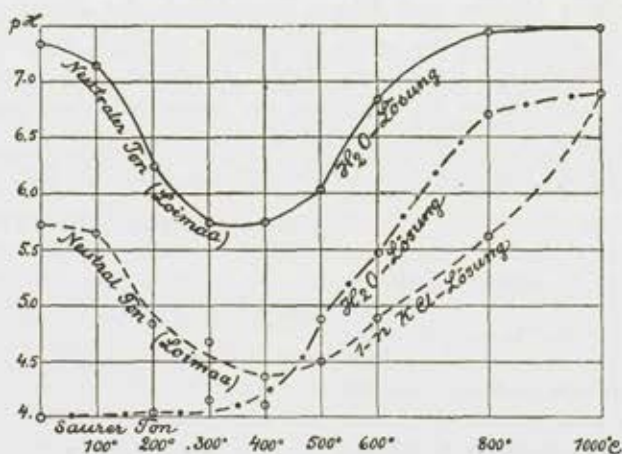


Abb. 5. Einwirkung höherer Temperaturen auf die Reaktion der Tone.

bis auf 100°, 200°, 300° C usw. erwärmt, wird die Reaktion zuerst saurer; bei 300—400° C hört die Veränderung auf, wonach der pH-

Wert wieder steigt, nach Erwärmung bis auf 700—800° C neutral bis schwach alkalisch wird und bei 800—1000° C unverändert bleibt. Ganz ähnlich verläuft die pH-Kurve in 1-n KCl-Lösung. Vollständig anders verhält sich saurer Ton. Nach steigender Temperatur wird die Reaktion immer weniger saurer. Der pH-Wert steigt von pH 4.01 (bei 100° C) bis auf pH 6.88 (bei 1000° C).

Auch hinsichtlich der austauschbaren Basen sind die verschiedenen Tontypen voneinander unterschieden. Durchschnittlich enthalten die Tone nach Kivinen folgende Mengen an adsorbierten Basen (S), Aluminium- und Wassertoffionen:

	S	Al	H	T	V
Die schweren Tone, Untergrund	23.5	1.7	1.4	26.6	88
Die leichten Tone, „	4.4	4.4	8.9	17.7	25
Die Bröckeltone, „	4.9	7.0	8.7	20.6	24

$$T = S + Al + H, \quad V = S/T \times 100.$$

Die schweren Tone enthalten am meisten adsorbierte Kationen, weniger Aluminium- und Wasserstoffionen als die leichten und die Bröckeltone. Auch der durchschnittliche Sättigungswert ist bei den schweren Tönen grösser, was darauf beruht, dass sie bedeutend mehr austauschbare Basen enthalten, die in den leichten und in den Bröckeltönen sehr spärlich vertreten sind.

Die jüngsten Bodenarten Finnlands sind die organischen Bodenarten, unter denen die verschiedenartigen Torfe schon darum, weil sie in Finnland etwa ein Drittel der gesamten Bodenfläche einnehmen, die wichtigsten sind. Am reichlichsten finden sich die Torfe in Ost- und Nordfinnland. Je nachdem, aus welchen Pflanzengesellschaften sie entstanden sind, werden sie in Braunmoos-, Seggen-, Wald- und Sphagnum-Seggen-Torfe, mit einem gemeinsamen Namen als Niedermoortorfe bezeichnet, und in Seggen-Sphagnum-, Wald-Sphagnum- sowie Sphagnum-Torfe oder, mit einem gemeinsamen Namen benannt, Sphagnum-Torfe eingeteilt. Die ersteren sind im nördlichen, die letzteren im südlichen Finnland reichlicher vertreten. Zu den organischen Bodenarten werden auch die Gytten gezählt, die am Grunde von Seen und Meresbuchten entstehen. Sie erhalten ihre charakteristischen Eigenschaften durch die zerkleinerten Pflanzen- und Tierreste, ausser denen sie auch in reichlichen Mengen Mineralstoffe enthalten.

Die Bodenbildung.

Auf die Oberflächenschichten der Bodenarten haben sehr viele Faktoren eingewirkt. Unter diesen sind die klimatischen Faktoren, die Pflanzen und die Mikroben die wichtigsten. Durch ihren Einfluss haben sich verschiedene Bodentypen gebildet, unter denen in Finnland die ausgelaugten Böden und die Salzböden vorherrschend sind.

Tab. 3. Profil in Sand, Karjalohja, Finnland.

Bodenhorizont	Bezogen auf lufttrockenen Boden			Bezogen auf miner. Substanzen		
	A ₂	B	C	A ₂	B	C
Tiefe in cm	18–25	30–40	50–65	18–25	30–40	50–60
In HCl (spez. Gew. 1.12 lösl.)	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	0.55	1.68	0.55	0.56	1.80	0.57
Al ₂ O ₃	0.28	2.90	1.26	0.28	3.12	1.27
Fe ₂ O ₃	0.02	1.28	0.70	0.02	1.37	0.71
CaO	0.04	0.06	0.10	0.04	0.07	0.11
MgO	0.02	0.26	0.07	0.02	0.27	0.07
K ₂ O	0.09	0.09	0.12	0.09	0.10	0.12
Na ₂ O	0.03	0.06	0.03	0.03	0.06	0.05
P ₂ O ₅	0.02	0.06	0.04	0.02	0.06	0.04
SO ₂	0.04	0.08	0.04	0.04	0.08	0.05
Insgesamt lösliche	1.09	6.47	2.94			
H ₂ O (110° C)	0.27	2.95	0.61			
Humus (elem. anal.) ..	0.48	2.18	0.48			

Die ausgelaugten Böden bilden in Finnland zwei verschiedene Typen, von denen der eine auf Grus- und Sandböden, der andere auf Tonböden entsteht. Der erstere ist typischer Podsolboden, der drei verschiedene Horizonte umfasst, den humushaltigen A₁-Horizont, die Bleicherde und den angereicherten B-Horizont. Die eigentlichen Podsolböden werden in zwei Gruppen eingeteilt, die Eisenpodsolböden, die unter einer mullartigen Humusschicht entstehen und bei denen im B-Horizont Humusstoffe, Aluminium- und Eisenoxyde sowie Kieselsäure ausflockt, die in löslicher Form in grösserer Menge als im Untergrund vorkommen. Die Farbe des B-Horizonts ist meist gelb oder braun in verschiedenen Schattierungen. In den Humuspodsolböden sind im B-Horizont hauptsächlich Humusstoffe und Aluminiumoxyd ausgeflockt, wogegen Eisenoxyd in beträchtlichen Mengen ausgelaugt worden ist. Die Farbe des B-Horizonts ist dunkelbraun. Bei den Tonböden bildet sich meist eine Bodenform, bei welcher der Bodenhorizont stark ausgelaugt und den grauen sowie braunen Waldbodenarten ähnlich ist. Der Auslaugungsgrad ist in der unter dem

Tab. 4. *Profil in Ton, Mustiala, Finnland.*

Grauer Waldboden.

Bodenhorizont	A ₂	B ₁	B ₂	C
Tiefe in cm	25—45	45—55	60—150	215—240
In HCl (sp. Gew. 1.12 löslich ¹)	%	%	%	%
SiO ₂	7.56	14.87	16.48	20.49
Al ₂ O ₃	4.02	7.95	9.13	12.59
Fe ₂ O ₃	4.69	6.73	7.73	10.53
CaO	0.87	0.76	1.03	1.14
MgO	0.99	1.99	2.42	3.43
K ₂ O	0.20	1.04	1.34	1.57
Na ₂ O	0.45	0.24	0.55	0.27
P ₂ O ₅	0.04	0.09	0.13	0.17
SO ₃	0.03	0.03	0.02	Spur
	18.85	33.70	38.83	50.19
H ₂ O bei 110°C	1.55	3.21	4.18	5.70
Humus (elem. anal.)	1.57	0.39	0.39	0.02

humushaltigen Horizont liegenden Schicht am grössten und nimmt nach den tieferen Lagen zu stetig ab. Wenn wir die Stärke der Auslaugung mit dem Untergrund vergleichen, so beträgt sie bei naturbedingtem Sandboden, wo das aus der Bleiherde Ausgelaugte sich im B-Horizont ausgeflockt hat:

	A ₂	B	C
Löslich in HCl (spez. Gew. 1.12)	% 1.09	6.47	2.94
Löslich kg/ha	25000	162500	75000
Ausgelaugt — oder angereichert + kg/ha	— 50000	+ 87500	—

Bei den Tonböden ist der Auslaugungsgrad grösser, da bei den feinkörnigen Böden die Auflösung grösser ist:

	Tiefe cm			
	25—35	45—55	60—150	215—240
Löslich in HCl spez. Gew. 1.12 %	20.4	36.9	43.0	55.9
Löslich t/ha	600	1.110	1.290	1.680
Ausgelaugt t/ha	1.080	570	390	—

Die Auslaugung tritt auch in den Reaktionsverhältnissen des Bodens hervor (Tab. 5).

¹) Anal. nach D. Hissink, Intern. Mitteil. f. Bodenkunde Bd. 5, 1915.

Tab. 5. *Einwirkung der Bodenbildung auf die Reaktion der Böden.*

Profil	Schwerer Ton			Leichter Ton
	Loimaa I pH	Loimaa II pH	Loimaa III pH	Aura pH
0—5	6.09	5.58	4.89	5.21
5—10	6.05	5.72	5.07	4.80
10—15	6.09	5.85	5.07	5.02
15—20	6.07	5.97	5.24	5.50
20—25	6.49	6.38	5.94	5.48
25—30	6.48	6.41	6.05	5.41
30—35	6.83	6.60	6.29	5.41
35—40	6.84	6.83	6.39	5.68
40—45	7.00	6.76	6.63	5.79
45—50	6.98	7.02	6.75	5.89
50—55	7.04	—	7.44	5.99
55—60	7.04	7.09	7.02	6.04
60—65	7.09	7.20	7.07	6.02
65—70	7.04	7.24	7.12	6.16
70—75	7.20	7.14	7.48	6.19
75—80	7.07	7.07	7.19	6.23
80—85	7.12	7.22	7.10	6.23
85—90	7.00	7.41	7.02	6.41
90—95	6.95	7.48	6.88	6.33
95—100	7.10	7.44	7.02	6.23

Verhältnismässig allgemein sind die Gleibildungen, die an solchen Stellen entstehen, an denen das Grundwasser verhältnismässig hoch steht, so dass aus dem Grundwasser Eisenhydrat ausflockt, das dem Bodenhorizont ein braunbuntes Aussehen verleiht. Sie sind bei verschiedenen Bodentypen anzutreffen.

Tab. 6. *Die chemische Zusammensetzung der wasserlöslichen Salze.*

	1	2	3	4	5	6
	Pohja	Isokyrö Orisberg	Pori	Isokyrö Turala	Isokyrö Orismala	Laihla Vedenoja
	%	%	%	%	%	%
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	50.7	59.3	37.9	32.3	6.2	31.5
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	9.4	3.8	4.4	2.9	16.3	16.3
MnSO_4	—	—	5.7	—	—	—
CaSO_4	2.5	2.8	6.6	51.1	30.8	12.3
MgSO_4	32.2	28.3	15.8	4.4	32.6	23.1
K_2SO_4	1.8	3.1	Spur.	0.6	4.4	3.3
Na_2SO_4	3.4	2.6	20.8	8.6	9.7	13.4
NaCl	—	—	8.8	—	—	—
	100.0	99.9	100.0	99.9	100.0	99.9

Durch den Einfluss des Torfes entsteht bisweilen unter ihm eine Peeherdebildung, und zwar dadurch, dass aus dem Torf in

den liegenden Mineralboden organische Stoffe versickern. Diese verkitten die Mineralkörner zu einer dichten, wasserundurchlässigen Masse, die in ihrer Farbe und in ihrem Glanz an Pech erinnert. Die in ihr enthaltenen organischen Stoffe sind sehr schwer zersetzbar, die gewöhnlich ca. 0.5 % Wachs einschliessen.

Eine eigenartige Bodenartbildung in Finnland sind die sauren Salzböden (Tabelle 6 und Abb. 6). Ein charakteristisches Kenn-



Abb. 6. Salzboden, Luvia. Foto B. Aarnio.

zeichen für sie sind die löslichen Aluminium- und Eisensalze, die durch den Einfluss der Hydrolyse zersetzt werden und freie Säure bilden. Diese entstehen an solchen Stellen, an denen die Bodenart salzhaltig ist und das Grundwasser nahe der Erdoberfläche steht. Mit dem verdunstenden Wasser werden die Salze angereichert an der Erdoberfläche, wo sie auf 2.5 % steigen können. Wenn das Grundwasser nahe der Erdoberfläche steht, tritt keine Auslaugung ein. Wenn der Grundwasserstand gesenkt wird, versickern die Salze in tiefere Lagen. Zur Verbesserung der Salzböden benutzen die Landwirte an einigen Stellen Natriumchlorid und Kalkung. Die Salzböden sind sehr sauer, ihre Reaktion schwankt zwischen pH 2.5 und 3.5.

ÜBER DIE MOORBÖDEN FINNLANDS.

ERKKI KIVINEN.

*Bodenkundliche Abteilung der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt,
Helsinki.*

Finland ist das moorreichste Land, denn ca. $\frac{1}{3}$ seiner Oberfläche ist Moorgebiet. Die Verbreitung der Moore geht am besten aus Malmsten's untern angegebenen Zusammenstellung von 1903 hervor (Tabelle 1).

Tabelle 1. *Areale der Moore in Finnland.*

Provinz	Abkürzung auf der Karte (Fig. 2)	Moore km ²	Vom Landesareal %		
			Nieder- moore	Hoch- moore	Insgesamt
Uusimaa	U	724	3.2	3.3	6.5
Turku	T	3.120	2.9	10.6	13.5
Häme	H	2.450	6.7	6.9	13.6
Viipuri	V	8.694	13.6	14.1	27.7
Mikkeli	M	4.319	18.2	6.8	25.0
Kuopio	K	13.110	17.7	19.0	36.7
Vaasa	Va	15.151	9.8	29.8	39.6
Oulu	O	54.660	10.7	24.1	34.8
Im ganzen Reich		102.228	11.0	19.8	30.8

Abb. 1 zeigt die Häufigkeit der Moore in den verschiedenen Teilen des Reiches nach den Untersuchungen, die im Zusammenhang mit der Taxation der Wälder Finnlands ausgeführt worden sind.

Die am stärksten vermoorten Gegenden sind die Küstengebiete des Bottnischen Meerbusens und die nördlichen sowie östlichen Teile des Reiches. In den südlichen und mittleren Teilen des Landes sind dagegen weit weniger Moore anzutreffen, ca. 25 % des Flächeninhalts.

Über die Entstehung der Moore sei angeführt, dass sie grösstenteils durch Versumpfen nichtüberfluteten Mineralbodens entstanden sind. So haben sich z. B. in Mittel-Pohjanmaa 85—90 % und in Satakunta ca. 75 % der Moore auf die angegebene Weise gebildet. Das Verwachsen von Gewässern ist bei der eigentlichen

Vermoorung verhältnismässig gering, wenngleich häufig ein derartiges Verlanden eines Gewässers der erste Anlass zur Entstehung eines Moores gewesen ist. Als eigenartige Vermoorungsform sei insbesondere die im Küstengebiet des Bottnischen Meerbusens anzutreffende erwähnt. Dort vermoort nämlich an vielen Stellen infolge der Landhebung der aus der Wasserbedeckung hervortretende Meeresgrund, ohne dass in diesem Gebiet vor der Vermoorung irgendeine andere Vegetation aufkommen kann.

Die Vermoorung des Bodens geht gegenwärtig in Finnland in verhältnismässig lebhaften Tempo vor sich. Infolge der geringen Höhenunterschiede der Erdrinde vollzieht sich in Finnland Ausbereitung der Moore auf Mineralböden in viel grösserem Masse als z. B. in Schweden und Norwegen, wo die moorumsäumenden Mineralböden verhältnismässig steil aufsteigen. So hat Lukkala (6) die Zunahme der Moorfläche während der letzten 3000—6000 Jahre in der Südhälfte des Landes auf 50—60 % und in der Nordhälfte auf ca. 35 % geschätzt.

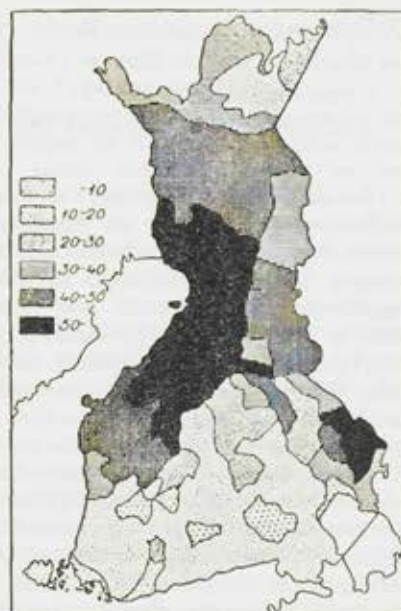


Abb. 1. Die Verbreitung der Moore in Finnland (% vom Landesareal).

Torfarten.

Von jeher hat man auch in Finnland allgemein die Torfe in die Gruppen Nieder- und Hochmoortorfe eingeteilt. In letzter Zeit hat man begonnen, auch noch eine dritte Gruppe, Mischtorf, zu unterscheiden. Da zu diesen Gruppen Torfe gehören, die sowohl in ihren botanischen als auch chemischen Eigenschaften verschieden sind, hat man bei den Bodenuntersuchungen die Torfe etwas ausführlicher, in erster Linie auf Grund ihrer botanischen Zusammensetzung, eingeteilt. Demgemäss unterscheidet man folgende Gruppen:

Sphagnum-Torf	}	Hochmoortorf
Cyperaceae-Sphagnum-Torf		
Wald-Sphagnum-Torf		

Sphagnum-Cyperaceae-Torf	Niedermoortorf
Wald-Cyperaceae-Torf	
Cyperaceae-Torf	
Amblystegium-Cyperaceae-Torf	

Zur Gruppe der Sphagnum-Torfe gehören zahlreiche verschiedenartige Torfe, deren Hauptmasse aus den Überresten von Sphagnum-Moosen zusammengesetzt ist. Schwach humifiziert, ist diese Torfart leicht an den Blättern und Stengeln von Sphagnum-Moosen zu erkennen. Ihre Farbe ist auch in schwach humifiziertem Zustand mehr oder weniger hell. Die Festigkeit schwach humifizierter Torfe schwankt beträchtlich, je nachdem welche Sphagnum-Moosarten den Torf bilden. So ist der aus Sphagnum fuscum entstandene Torf beinahe fest, während wiederum der aus anderen Sphagnum-Moosen entstandene von verhältnismässig loser Konsistenz ist. Je nachdem der Humifizierungsgrad der Sphagnum-Torfe zunimmt, sacken sie auch mehr ein und wird ihre Struktur dichter. Besonders charakteristisch für die humifizierten Sphagnum-Torfe ist bei feuchtem Zustand ihre Seifigkeit. Auch sind sie sehr bindig und knetbar. Gut humifizierte Sphagnum-Torfe werden beim Trocknen ganz hart. Die Schnittfläche des Torfes ist ausserdem glänzend. Meist hat eine zunehmende Humifizierung auch eine Dunkelfärbung des Torfes zur Folge, und so sind denn auch die stark humifizierten Torfe von ziemlich dunkler Farbe, wenngleich ein bräunlicher Ton für sie charakteristisch ist.

In Sphagnum-Torfen sind oft gewisse andere Pflanzenreste anzutreffen, die gerade für diese Torfe kennzeichnend sind. Zu den am leichtesten zu erkennenden und am meisten vorkommenden Resten gehören die Wurzeln und Fasern von Eriophorum vaginatum. Die genannten Wurzeln sind platt, meist schwarz. Sehr eigenartig sind in ihrem Aussehen die Scheidenfasern von Eriophorum vaginatum. Sie erinnern an die Lein- und Hanffasern. Oft finden sich solche Wollgrasreste besonders reichlich in Sphagnum-Mooren, welche gleichzeitig auch Baumstämme enthalten. Ferner enthalten die Sphagnum-Torfe oft Scheuchzeria-Reste, teils Wurzeln, teils Wurzelstöcke und Stengel.

Die Cyperaceae-Torfe sind auf Grund des in ihnen anzutreffenden Wurzelfilzes leicht von den Sphagnum-Torfen zu unterscheiden. Besonders auf der Bruchfläche ist der Filz klar zu sehen. Namentlich in schwach humifizierten Torfen findet sich Wurzelfilz in reichlichen Mengen, aber oft wird er auch in stark humifizierten Proben angetroffen. Ausserdem ist für die Cyperaceae-Torfe die Zerbrechung kennzeichnend. Seifigkeit ist dagegen selbst an humifizierten Proben nicht zu erkennen. Wegen der Bröckeligkeit ist der Torf oft gar nicht knetbar, sondern er zerfällt in der Hand zu feinem Pulver. Die Farbe der Cyperaceae-Torfe wechselt sehr stark. In schwach zersetztem Zustande sind sie oft hell oder bräunlich, und bei zunehmender Humifizierung wird auch die Farbe meist dunkler.

In den Cyperaceae-Torfen sind charakteristische Pflanzenreste anzutreffen. Unter ihnen sind die Equisetum-Reste auf Grund ihrer glänzenden, schwarzen Farbe sehr leicht zu erkennen. Ausser Schachtelhalmstengeln sieht man oft Schachtelhalmwurzeln, die rund und meist ziemlich steif sind. Die Reichhaltigkeit der Schachtelhalmreste schwankt bedeutend. In den Cyperaceae-Torfen finden sich ferner oft Menyanthes-Samen, die charakteristische Formen haben und verhältnismässig leicht zu erkennen sind. Auch Comarum-Samen und Seggen-

nüsschen finden sich in den Cyperaceae-Torfen in reichlichen Mengen. Das Vorhandensein dieser Samen und Schachtelhalmreste in stark zersetztem Torf ist auch ein wichtiges Zeichen dafür, dass es sich um Cyperaceae-Torf handelt.

Zwischen den Cyperaceae-Torfen und Sphagnum-Torfen sind Zwischenformen anzutreffen, in denen sowohl Reste von Seggen als auch von Sphagnum-Moosen enthalten sind. Je nachdem welche, der beiden Arten dominierend ist, wird der Torf entweder Cyperaceae-Sphagnum-Torf oder Sphagnum-Cyperaceae-Torf genannt. In der Bezeichnung steht der Name des vom Hauptteil gebildeten Pflanzenrestes an letzter Stelle. Von den zu dieser Gruppe gehörenden Torfarten lässt sich namentlich im nordöstlichen Teil des Reiches der sog. eutr. Sphagnum-Cyperaceae-Torf unterscheiden. Da kommt ausserdem Seggenwurzelfilz hauptsächlich die Reste von eutraphenten Sphagnum (*S. teres*, *S. Warnstorfii*, *S. subsecundum* usw.) hervor. Diese Torfart ist verhältnismässig pflanzenährstoffreich sowie von verhältnismässig schwach saurer Reaktion und gehört deshalb in ihren Anbaueigenschaften am ehesten zu der Gruppe der Cyperaceae-Torfe. Meist ist ein solcher Torf ziemlich stark humifiziert.

Besonders in Nordfinnland und stellenweise in den östlichen Teilen des Reiches ist *Amblystegium-Cyperaceae-Torf* ziemlich weit verbreitet. Er ist, wie auch der Name sagt, aus Resten von Seggen und Braunmoosen entstanden. Neben Seggen weist er als Torfbildner auch andere höhere Moorpflanzenarten auf. Neben Braunmoosen können bisweilen auch Reste gewisser anspruchsvoller Sphagnum-Moose auftreten. *Amblystegium-Cyperaceae-Torf* erinnert wesentlich an Cyperaceae-Torf, aber man findet in ihm mehr oder weniger glänzend braune oder gelbe Reste von Braunmoosen. Weil die Braunmoose sich bedeutend rascher zersetzen als Seggenreste, verschwinden die mit blossen Auge sichtbaren Teilchen der Braunmoose besonders in den stärker humifizierten *Amblystegium-Cyperaceae-Torfen*. Im Mikroskop sind sie jedoch deutlich erkennbar.

Auch im *Amblystegium-Cyperaceae-Torf* finden sich häufig *Equisetum*-Reste, *Comarum*- und *Menyanthes*-Samen sowie *Carex*-Nüsschen in leicht erkennbaren Formen.

Ausser den obengenannten ist es wichtig, ferner solche Torfe zu erwähnen, die in reichlichen Mengen Holz enthalten. Meist werden sie zu einer Klasse, den sog. Walddorfen, vereinigt. Da auch die botanische Zusammensetzung und infolgedessen die chemischen und physikalischen Eigenschaften sehr beträchtlich wechseln, ist es besser, nach Möglichkeit zu versuchen, solche holzresthaltigen Torfe einer der obengenannten Torfartgruppen anzuschliessen, während in der Benennung das Vorhandensein von Holzresten besonders bezeichnet werden kann. Wenn die Hauptmasse der holzresthaltigen Torfe aus Sphagnum-Resten entstanden ist, wird der Torf der Sphagnum-Torfgruppe zugeschlossen und bekommt den Name Wald-Sphagnum-Torf. Wenn Reste von Seggen und höheren Pflanzen die Hauptmasse ausmachen, wird der Torf der Seggentorfgruppe zugewiesen und mit dem Namen Waldseggentorf belegt.

Die chemischen Eigenschaften der Torfe.

Die Eigenschaften der Torfe, wie Kalk-, Stickstoff- und Phosphorsäuregehalt, C/N-Verhältnis und Reaktion, stehen in naher Abhängigkeit von der botanischen Zusammensetzung. In Tabelle 2 sind die

Eigenschaften einiger wichtigsten Torfarten Finnlands nach den Untersuchungen von Warén (9), Kotilainen (5), Tuorila (8) und Kivinen (2) angeführt. Es kann hier nur kurz angegeben werden, dass die Sphagnum-Torfe spärlich Stickstoff, Kalk und Phosphorsäure enthalten sowie besonders sauer sind. Je nachdem in den Torfen die Reste von Seggen und Braunmoosen zunehmen, erhöht sich ihr Gehalt an Pflanzennährstoffen und wird gleichzeitig die Reaktion schwächer sauer. Es sei erwähnt, dass alle Torfarten nur spärlich Kali enthalten.

Tabelle 2. Mittlerer Gehalt an Asche, Stickstoff, Kalk und Phosphorsäure sowie das C/N-Verhältnis und die Reaktion der verschiedenen Torfarten in Finnland.

Torfart	Asche %	N %	CaO %	P ₂ O ₅ %	C/N	pH
Sphagnum-Torf	3.69	1.25	0.56	0.085	36.9	3.58
Cyperaceae-Sphagnum-Torf	7.75	1.78	0.74	0.134	25.1	4.23
Sphagnum-Cyperaceae-Torf	8.08	2.05	0.74	0.140	22.6	4.68
Cyperaceae-Torf	8.78	2.35	0.99	0.148	20.5	5.00
Amblystegium-Cyperaceae-Torf	10.07	2.23	1.89	0.163	16.7	5.73

Vielleicht besteht besonderer Anlass, darauf hinzuweisen, dass die finnischen Torfe z. B. im Vergleich zu denjenigen Mitteleuropas sehr kalkarm sind, was in erster Linie an dem niedrigen Kalkgehalt des Felsgrundes liegt. Ausserdem kann in diesen Zusammenhang noch erwähnt werden, das namentlich in Nordfinnland der Torf in den Randteilen der weiten sog. Aapa-Moore manchmal reichlichere Mengen Kalk enthält und auch seine pH-Zahl höher ist als die des gleichartigen Torfes in den mittleren Teilen des Moores. Das beruht darauf, dass die Salze, die in dem von den Mineralböden nach den Mooren fliessenden Wasser aufgelöst und die grösstenteils Kaliumsalze sind, schon von den den Mineralböden am nächsten gelegenen Torfschichten aufgehalten werden (4).

Hinsichtlich Tabelle 3 kann noch auf das C/N-Verhältnis verschiedener Torfarten hingewiesen werden. Bei den Sphagnum-Torfen ist jenes Verhältnis sehr hoch, während es wiederum bei den Cyperaceae- und Amblystegium-Cyperaceae-Torfen am allerniedrigsten ist. Ferner sei angeführt, dass infolge fortschreitender Humifizierung das genannte Verhältnis im allgemeinen abnimmt. In ihr ist das C/N-Verhältnis für die schwach humifizierten (H₁₋₄ nach von Post) und für die stärker humifizierten (H₅₋₁₀) Torfe gesondert angegeben. Es

sei noch bemerkt, dass das Untersuchungsmaterial nur sehr wenige vollständig humifizierte Proben enthalten hat. Die der letzteren Gruppe zugehörigen Proben haben grösstenteils eine Huminität von etwa H_{6-7} aufgewiesen.

Tabelle 3. *Einwirkung der Humifizierung auf das C/N-Verhältnis*

Torfart	C/N	
	Huminität H_{1-4}	Huminität H_{5-10}
Sphagnum-Torf	37.7	34.3
Cyperaceae-Sphagnum-Torf	26.6	22.8
Sphagnum-Cyperaceae-Torf	23.0	19.7
Eutr. Sphagnum-Cyperaceae-Torf	24.7	19.5
Cyperaceae-Torf	18.6	20.5
Amblystegium-Cyperaceae-Torf	17.0	14.9

Die ungleichen C/N-Verhältnisse der Torfarten weisen ihrerseits auf die verschiedene Zusammensetzung ihres organischen Stoffes hin. Analysen nach dem von Waksman entwickelten Verfahren sind über einige Torfproben ausgeführt worden, und die Ergebnisse sind in Tabelle 4 angeführt. Zur Untersuchung vorgelegen haben eine Probe von bebautem Amblystegium-Cyperaceae- und Sphagnum-Torf sowie ausserdem unkultivierte Cyperaceae-, eutr. Cyperaceae-Sphagnum- sowie Sphagnum-Torfe. Die Ergebnisse sind gleichsinnig mit

Tabelle 4. *Organische Zusammensetzung einiger Torfproben der verschiedenen Torfarten.*

Torfart	In der Trockensubstanz %							
	Äther-lösliche	Wasser-lösliche	Alkohol-lösliche	Hemizellulose	Zellulose	Lignine	Proteine	Rohasche
Amblystegium-Cyperaceae-Torf (bebaut)	2.8	2.8	5.4	12.4	0	46.0	15.2	5.0
Cyperaceae-Torf	4.7	3.0	5.1	12.3	5.4	41.8	14.8	4.9
Eutr. Cyperaceae-Sphagnum-Torf	1.3	3.2	3.4	13.0	4.0	32.3	15.6	15.8
Sphagnum-Torf	3.5	7.8	4.6	18.2	16.6	38.5	3.8	1.5
Wald-Sphagnum-Torf (bebaut)	2.8	3.6	5.8	12.2	4.4	38.4	9.4	22.3

den von Waksman dargestellten und zeigen, dass in den Niedermoor-torfen wenig Zellulose, aber reichlich Protein und in den Sphagnum-Torfen umgekehrt reichlich Zellulose und wenig Protein

enthalten sind. Die Kulturmassnahmen sowie das Fortschreiten der Huminität wirken auf die Zusammensetzung des organischen Stoffes der Torfe so ein, dass der Zellulosegehalt niedriger wird und der Proteingehalt zunimmt. Da die Torfe in Finnland meist ziemlich wenig humifiziert sind, so bedeutet es u. a., dass sie in reichlichem Masse Zellulose enthalten, und solange der Boden solche Energiequelle für Mikroben enthält, vollzieht sich die Stickstoffmobilisation nur langsam. Diese wird ausserdem verzögert durch das kühle Klima, namentlich in den nördlichen Teilen des Reiches, wie auch durch den in vielen Jahren ziemlich spät im Boden verharrenden Frost. Daher vermögen nur die verhältnismässig wenigen stark humifizierten Niedermoore ohne Stickstoffdüngung ausreichende Ernten zu bringen. Die Sphagnum-Moore können in Finnland ohne vollständige Stickstoffdüngung überhaupt nicht bebaut werden.

Bei der Beurteilung der verschiedenen Torfarten in bezug auf ihre Anbaufähigkeit ist ausser den chemischen Eigenschaften auch der Humifizierungsgrad des Torfes in Betracht zu ziehen. Die mittelmässig humifizierten Torfe gelten als besser geeignete Wuchsunterlage als ganz unzersetzte oder völlig zersetzte. Namentlich die schlechte physikalische Struktur der letzteren verursacht Schwierigkeiten bei der Kultur. Gegenwärtig gelten die verschiedenen Torfarten als folgendermassen anbaufähig:

Sphagnum-Torf und Wald-Sphagnum-Torf	schlecht
Cyperaceae-Sphagnum-Torf	schlecht oder genügend
Sphagnum-Cyperaceae-Torf	genügend oder befriedigend
Cyperaceae-Torf, schwach humifiziert ..	befriedigend
Cyperaceae-Torf, humifiziert	gut
Wald-Cyperaceae-Torf	gut
Amblystegium-Cyperaceae-Torf, schwach humifiziert	gut
Amblystegium-Cyperaceae-Torf, humifiziert	ausgezeichnet

Die in der obigen Bonitätseinteilung angeführten schlechten und genügenden Moore sind solche, die sofort von den Anfangsstadien an als eigentliche Hochmoorkulturen zu behandeln sind. Es empfiehlt sich heutzutage nicht, solche Torfe für die Kultur zu erschliessen, vielmehr sucht man alle eigentlichen Neusiedlungen nach Möglichkeit auf bessere Torfunterlage zu verlegen.

Im grossen und ganzen gilt dasselbe, was die Anbaufähigkeit der verschiedenen Torfarten betrifft, auch für deren Eignung als Waldbo-

den. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass zahlreiche flachtorfige Moore, deren Grund so steinig ist, dass sie nicht für den Landbau tauglich sind, gewiss für forstliche Zwecke verwendet werden können.

Vegetation der Moore.

In diesem Zusammenhang kann die Oberflächenvegetation der Moore Finnlands nicht ausführlicher behandelt werden. Es sei nur erwähnt, dass die Moore in der Praxis häufig in zwei Gruppen eingeteilt werden: in Niedermoores und Hochmoore.

Bei eingehenderen Untersuchungen dagegen bedient man sich verhältnismässig häufig der ursprünglich von Cajander (1) entwickelten Einteilung in verschiedene Moortypen. Später haben namentlich Lukkala, Paasio und Kotilainen die genannte Einteilung entwickelt. Nach dieser Gliederung werden die Moore in vier Hauptklassen eingeteilt, Reisermoore, Bruchmoore, Weissmoore und Braunmoore. Diese Hauptklassen zerfallen ferner in mehrere Unterklassen. Besonders diese Untergruppen können oft vorteilhaft als Indikatoren für die Ertragsmöglichkeiten des Bodens angewendet werden.

Die *Bruchmoore* sind bewaldete Moore, deren Holzvegetation durch Fichte oder Birke oder beide zusammen zustande kommt. Die Kiefer ist im allgemeinen wenig oder gar nicht vertreten. Der Moosbestand ist selten einheitlich und umfasst gewöhnlich mesotraphente Arten. Die wichtigsten in Bruchwäldern wachsenden Arten sind *S. Girgensohnii*, *S. centrale*, *S. squarrosum*, *S. Wulfianum*, *S. fimbriatum* sowie *Polytrichum commune* und *P. gracile*.

In feuchteren Bruchwäldern sind Arten der *S. recurva*-Gruppe und *S. Russovi* anzutreffen. Von den Blattmoosen kommen ausser *Polytrichum*-Arten in erster Linie *Mnium* und auf Bülden die *Hylocomium*-Arten in Betracht. Grasartige Pflanzen gibt es auf den Bruchmoortypen im allgemeinen in ziemlich geringen Mengen. Frequenz und Abundanz der Kräuter wechseln dagegen auf den verschiedenen Untertypen. Auch Zwergsträucher sind auf Bruchmoor im allgemeinen spärlich vertreten, und unter ihnen sind *Vaccinium myrtillus* und *V. uliginosum* am erwähnenswertesten. Die Bruchmoortypen haben ein ziemlich gutes Gefälle, und ihr Wasser ist aus diesem Grunde verhältnismässig beweglich, wodurch eine fortgesetzte Zufuhr pflanzennährstoff- und sauerstoffreichen Wassers bedingt ist. Darauf beruht der ziemlich gute, naturbedingte Waldwuchs auf den Bruchwaldtypen.

Die *Reisermoore* sind bewaldete, zwergstrauchreiche Moore, deren Torf ziemlich fest ist. Sie sind von verhältnismässig trockenem Charakter, denn das Grundwasser steht recht tief. Die Moosdecke ist im grossen und ganzen ununterbrochen. Von den vorherrschenden Arten seien genannt: *S. recurva*, *S. acutifolium*, *S. fuscum*, *Aulacomnium*, *Polytrichum strictum*, *Hylocomium*, bisweilen auch Flechten. Die Zwergsträucher sind stets reichlich, dagegen gibt es wenig Kräuter, von denen *Rubus chamaemorus* am häufigsten ist. Verschiedene Seggenarten sind auch meist spärlich. Von ihnen *C. pauciflora*, *C. globularis* und *Er. vaginatum* am häufigsten. Holzvegetation Kiefer.

Die Weissmoore sind offene, nasse, verhältnismässig bültenlose Moore, deren bisweilen auch unzusammenhängende Moosdecke von Sphagnum-Moosen gebildet ist. Die Zwergsträucher sind spärlich, wie *Oxycoccus quadripetalus*, *Andromeda* und *Betula nana*. Die Normalhöhe des Grundwassers kommt der Mooroberfläche sehr nahe, steigt an den Flarkstellen auch über die Mooroberfläche und hält sich in der genannten Höhe während des grössten Teils der Vegetationsperiode.

Die Braunmoore bezw. *Amblystegium-Cyperaceae*-Moore sind offene, oft bültenlose Moore, deren bisweilen sehr mangelhafte Moosvegetation hauptsächlich von Braunmoosen wie *Scorpidium scorpioides*, *Campylium stellatum*, *Camptothecium trichodes*, *Drepanocladus intermedius*, *Drep. vernicosus*, *Paludella*, *Aulacomium* usw. gebildet werden. Die Sphagnum-Moore dagegen fehlen grossenteils, abgesehen von den eutraphenten Arten (*S. Warnstorffii*, *S. teres*, *S. subsecundum*). An Zwergsträuchern sind ebenso wenig wie auf den Weissmooren vertreten, also *Andromeda*, *Betula nana* und *Oxycoccus quadripetalus*. Gras- und Seggenvegetation dagegen besonders üppig und artenreich. Die wichtigsten Arten: *Carex flava*, *C. Oederi*, *C. panicea*, *C. diandra*, *C. heleonastes*, *C. capillaris*, *C. rostrata*, *C. lasiocarpa*, *C. limosa*, *C. chordorrhiza*, *Eriophorum latifolium*, *Phragmites*, *Orchis incarnatus*, *Saxifraga hirculus*, *Selaginella*, *Tofieldia*, *Equisetum limosum*, *Scirpus trichophorum*, *Comarum* und *Menyanthes trifoliata*. Auf Bülten sind dagegen auch oligotraphente Sphagnum-Moore anzutreffen. Besonders *S. fuscum* ist nicht selten. Auf den Bülten oft *Juniperus* und *Salix myrsinites*. — Die Braunmoore sind allgemein namentlich in Nordfinnland und an gewissen Stellen in Ostfinnland.

Was die Verbreitung der verschiedenen Moortypen anbetrifft, so verteilen sie sich nach den im Zusammenhang mit den Walddtaxationen vorgenommenen Untersuchungen in den verschiedenen Teilen des Reiches auf den Gesamtflächeninhalt der Moore folgendermassen:

	Südfinnland	Nordfinnland
Bruchmoore	30 %	15—22 %
Reisermoore	45—50 „	55—59 „
Weissmoore und Braunmoore ..	10 „	14—27 „
Moorwiesen	9—15 „	3—5 „

Moorkomplexe.

Je nach den klimatischen und topographischen Verhältnissen zeigen in Finnland die Torfschichten der Moore ebenso wie ihre Oberflächenvegetation eine Zonigkeit bestimmter Art. Dies geht aus dem Vorhandensein verschiedener Moorkomplexe hervor (Abb. 2). Als vorherrschend anzutreffen sind im süd- und südwestlichen Teil des Reiches der Hochmoorkomplex, auf der mittelfinnischen Hochfläche sowie in Ostfinnland der karelische Moorkomplex, in Nordfinnland der Aapamoor-, in Kuusamo der Gehängemoor- und in den allernördlichsten Teilen Finnlands der Hügelmoorkomplex.

Für die Hochmoore kennzeichnend ist der höher als die Ränder gelegene, verhältnismässig weite Mittelteil, der hauptsächlich Sphagnum-Moor oder schwachwüchsiges Reiser-moor ist. Der Mittelteil ist gewöhnlich an den Rändern steil geneigt, und zwar nach dem das Moor umgebenden, verhältnismässig wüchsigen, schmalen Lagg hin, in dem Bruchmoore und Braunmoore anzutreffen sind. Meist sind diese Ränder bei uns bebaut. Die oberste Torfschicht des Hochmoores bildet im allgemeinen schwach zersetzten Sphagnum-Torf, dessen Mächtigkeit mehrere Meter betragen kann. Diese Schicht ist meistens

bei den am nördlichsten gelegenen Hochmooren dünner. Unter der genannten Schicht liegt oft eine stärker zersetzte Lage, die ebenfalls hauptsächlich aus Sphagnum-Torf besteht. Die untersten Schichten der Hochmoore sind aus Resten von Carex, Exquisetum, Phragmites und teilweise Braunmoosen zusammengesetzt und enthalten oft auch Holzreste. Eine gleichartige Schicht tritt an den Rändern des Hochmoores zutage und bildet geeignete Kulturböden.

Für den karelischen Moorkomplex kennzeichnend sind die Frequenz sowie gleichzeitig die geringe Ausdehnung der Moore. Sie haben sich gleichsam zu einem Netzwerk gruppiert. Zu diesem Moorkomplex gehören mancherlei Moortypen. Besonders die Häufigkeit der Bruchmoore und Reisermoore ist zu beachten. Offene Moore dagegen sind seltener. An den Gewässern können jedoch weite Seggenweissmoore angetroffen werden. Der karelische Moorkomplex ist, wie festgestellt, hauptsächlich von Mineralböden auf schlecht wasserdurchlässigen und unebenen Moränenböden entstanden. Die Versumpfung hat hier und da in Senken auf trockenem Boden begonnen. Da ihre Torfschichten allmählich sowohl aufwärts als auch seitwärts gewachsen sind, sind die ursprünglich gesondert gelegenen Moore einander begegnet und haben sich miteinander vereinigt. Auf diese Weise haben sich zwischen ihnen zahlreiche schmale Bruchstreifen gebildet, längs denen die Wässer auf die tiefer gelegenen Moore



Abb. 2. Moorkomplexe Finnlands.

fliessen, die dadurch feuchter als zuvor werden. Demzufolge ändert sich auch deren Vegetation. Die höher gelegenen Moore können sich gleichzeitig einer trockeneren Phase entgegen entwickeln, bis sich wieder durch Anschluss neuer Moore an die Moorreihe die Feuchtigkeitsverhältnisse ändern. Dieser Moortypus ist also in stetig fortlaufender Entwicklung begriffen. Auch zeigen die Torfschichten keine solche Regelmässigkeit wie in den Hochmooren, vielmehr sind in ihnen hauptsächlich je nach den jeweils herrschend gewesenen Feuchtigkeitsverhältnissen Sphagnum-Torf- sowie Sphagnum-Cyperaceae-, ja sogar auch Cyperaceae-Torfschichten anzutreffen. Recht allgemein enthalten die Torfe Holzreste.

Die Aapamoore hingegen sind von ziemlich regelmässigem Bau. Es sind weite, meist offene, wässrige Moore, für welche die umfangreichen Stränge kennzeichnend sind. Auf den Strängen wachsen allgemein Seggen- und Sphagnum-Arten. Manchmal finden sich auf ihnen in reichlichen Mengen Zwergsträucher und Kümmerkiefen. Die Vegetation der Flarkbildungen zwischen den Strängen wechselt. Auf ihnen wächst meist Carex, Menyanthes, Exquisetum und Braunmoos, bisweilen sind sie so gut wie ohne Pflanzendecke. Die Gefällverhältnisse der Oberflächenteile sind auf den Aapamooren umgekehrt wie auf den Hochmooren. Die Randteile der Aapamoore sind nämlich meist beträchtlich höher als die Mitte der Hochmoore. An den Rändern der Moore liegen Reiseramoore, auf denen sich Sphagnum-Torf bildet. Auf den mittleren Teilen hingegen sind Cyperaceae- und Amblystegium-Cyperaceae-Torf anzutreffen, abgesehen von den Strängen, auf denen eine dünne Schicht Sphagnum-haltigen Torfes liegt. Die Torfschichten der Aapamoore sind gegenüber den Hochmooren von geringer Mächtigkeit. Ausserdem unterscheiden sie sich auch darin deutlich voneinander, dass bei den Aapamooren die Cyperaceae- und Amblystegium-Cyperaceae-Torfe die Haupttorfarten ausmachen und sie von der Moosoberfläche bis zum Grunde anzutreffen sind. Der Torf ist im allgemeinen ausserdem nur schwach zersetzt.

Der Gehängemoorkomplex von Kuusamo ist eine durch die besonderen Geländebeziehungen verursachte Variation der Aapamoore. Für diesen Moorkomplex charakteristisch sind neben den oben geschilderten offenen Mooren die steilen Gehängemoore. Für deren Befeuchtung sorgen die weiter aufwärts liegenden Quellen. Der Torf dieser Moore besteht hauptsächlich aus Cyperaceae- und Amblystegium-Cyperaceae-Torf.

Die Hügelmoore treten in den Waldgrenzgebieten der nördlichsten Teile des Landes auf. Für sie sind die grossen, manchmal viele Meter hohen Torfhügel, die sog. „Palsat“, charakteristisch.

Die Verwertungsmöglichkeiten der Moore.

Wenn man auf Grund der oben dargestellten Verbreitung der verschiedenen Torfe die Verwertungsmöglichkeiten der in den verschiedenen Teilen des Landes gelegenen Moore einschätzt, so ist zu beobachten, dass namentlich in seinen nördlichen Teilen für den Anbau geeignete Moore in reichlichen Masse vorkommen. Dagegen gibt es in den südlichen Teilen Finnlands, in Mittel- und Ostfinnland zahlreiche Sphagnum-Moore, so dass in diesen Gegenden keine so guten Möglichkeiten für die Kultivierung der Moore bestehen. Jedoch ist zu bemerken, dass die klimatischen Verhältnisse in den südlichen Teilen Finnlands für Moorkultur viel günstiger sind als in Nordfinnland.

Dasselbe wie für die Tauglichkeit der Moore in den verschiedenen Teilen des Reiches gilt auch im grossen und ganzen für ihre Eignung zur Walderziehung. Insgesamt lässt sich gegenwärtig als Schätzung anführen, dass 30—40 % der naturbedingten Moore für Land- oder Waldbau verwendbar sind.

Was wiederum die Möglichkeiten der Gewinnung von Torfstreu angeht, so sind sie am besten im Hochmoorgebiet in den südlichen und südwestlichen Teilen des Landes. Dort finden sich auch ziemlich viele Torfstreufabriken, die Torfstreu für die Landwirtschaft und namentlich für die Bauindustrie herstellen. In Nordfinnland sind verhältnismässig wenig Möglichkeiten für eine umfangreichere Herstellung von Torfstreu gegeben, aber für den Hausbedarf kann auch dort besonders an den Rändern und von den Büten der Moore Torfstreu erhalten werden.

Die Herstellung von Brenntorf wird in Finnland in verhältnismässig geringem Masse betrieben. Die Ursache dazu liegt teilweise darin, dass der Brennstoff im Preise nicht mit den anderen Brennmaterialien zu konkurrieren vermag. Besonders wesentlich wirkt auch der Umstand, dass stark humifizierte und für die Herstellung von Brenntorf geeignete Torfvorkommen ziemlich spärlich sind. Oft sind nämlich die Oberflächentorfe schwach humifiziert und nicht für diesen Zweck brauchbar. Auch erschweren die im Torf liegenden Baumstämme die Entnahme von Brenntorf. Ferner macht der verhältnismässig kurze und bisweilen regnerische Sommer die Herstellung von Brenntorf beschwerlich.

LITERATUR.

1. CAJANDER, A. K. Studien über die Moore Finnlands. Acta Forestalia Fennica 2, 1913. Helsinki.
 2. KIVINEN, E. Suokasvien ja niiden kasvualueen kasvinravintoainesuhteista. Referat: Untersuchungen über den Gehalt an Pflanzennährstoffen in Moorpflanzen und an ihren Standorten. Acta Agraria Fennica 27, 1933. Helsinki.
 3. KIVINEN, E. Über die organische Zusammensetzung der Torfarten und einiger Torfkonstituenten. Acta Agraria Fennica 31, 1934, p. 165—200 und Maatalouskoelaitoksen Maatutkimusosasto, Agroteologisia julkaisuja 36, 1934. Helsinki.
 4. KIVINEN, E. Über Elektrolytgehalt und Reaktion der Moorwässer. Maatalouskoelaitoksen Maatutkimusosasto, Agroteol. julk. 38, 1935. Helsinki.
 5. KOTILAINEN, M. J. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. Finnischer Moorkulturverein, Wissensch. Veröffentl. 7, 1928. Helsinki.
 6. LUKKALA, O. J. Tapahtuuko nykyisin metsämaan soistumista. Referat: Vollzieht sich gegenwärtig Versumpfung von Waldboden. Commun. Inst. Forest. Fenn. 191, 1933. Helsinki.
 7. PAASIO, I. Suomen nevasoiden tyyppijärjestelmää koskevia tutkimuksia. Referat: Untersuchungen über das Typensystem der Weissmoore Finnlands. Acta Forestalia Fennica 44³, 1936. Helsinki.
 8. TUORILA, P. Wirkung der Kalziumkarbonat- und Schwefelsäurezugaben auf die Azidität von verschiedenen Torfarten. Finnischer Moorkulturverein, Wissensch. Veröffentl. 8, 1928. Helsinki.
 9. WARÉN, H. Untersuchungen über die botanische Entwicklung der Moore mit Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung des Torfes. Ibid 5, 1924. Helsinki.
-

CONTENT — TABLE DES MATIERES — INHALTSVERZEICHNIS.

HENDRICK, J. Preface	3
BYERS, H. G. AND ALEXANDER, L. T. Selenium as a Soil Component	5
ALEXANDER, L. T. AND HENDRICKS, S. B. X-Ray Investigation of Colloid Fractions of Some American Soils	11
WAKSMAN, S. A. What is Active Soil Organic Matter	17
MAUTNER, S. UND ROBOZ, E. Gesetzmässigkeiten bei der Adsorption der Phosphorsäure und des Kalis im Boden	29
AALTONEN, V. T. Über die zeitliche Entwicklung des Podsolprofils	41
KOTZMANN, L. G. Vorschlag zu einer vergleichswisen Prüfung der Labora- toriumsmethoden zur Bestimmung der Ungesättigkeit von Böden	47
KIVINEN, E. Über den Basenaustausch in finnischen Tonböden	52
SMOLIK, L. Titanium and Iodine in Czechoslovakian Soils	57
HENDRICK, J. AND WELSH, H. D. The Composition of the Suspended Matter in the Drainage of the Craibstone Lysimeters	60
ARANY, S. A. The Various Types of Alkali Soils in Hungary	68
ARANY, S. A. The Various Methods of Alkali Soil Reclamation in the Hungarian Great Plain	75
DE FERRIÈRE, I. F. Terre salées des Marais Côtiers de la Guinée Française ..	85
HART, R. The Mineral Composition of Certain Scottish Soils	90
DESAI, A. D. The Black Cotton Soils and Red Earths of the Hyderabad Deccan State India	93
NOVÁK, V. UND PELÍŠEK, J. Vergleich der Humusbestimmung mit der Oxyda- tionsmethode nach Knop und mit der Titrationsmethode nach Walkley-Black	96
AARNIO, B. Die Böden Finnlands	103
KIVINEN, E. Über die Moorböden Finnlands	118