

Salt Affected Soils in Hungary

I. SZABOLCS

*Research Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of
the Hungarian Academy of Sciences, Budapest*

Hungary is known to soil scientists as a region where the occurrence of salt affected soils is common and where their improvement and reclamation have been practiced for a long time. This country is situated in the Carpathian-basin where the natural conditions — because of the salt accumulation — are very suitable for the formation of different kinds of salt affected soils. In fact they constitute 10% of the whole land and their amount is around one million hectares. These salt affected soils are, however, unevenly distributed between the various regions of the country. On the Hungarian Plain, for example, which is the lowland part of Hungary, their extent amounts to 20% or even more at certain places.

These salt affected soils occur not only on plain but also on hilly areas in the western part of the country. But their extent in the west is not considerable, nevertheless they prevent agricultural production there, too.

In Hungary — in spite of her small extent — numerous kinds of salt affected soils can be observed. They are different in their origin, properties and in their methods of improvement and reclamation.

As is evident from the natural conditions of these areas and from the genesis of these soils, a great part of them have the problem of sodium carbonate formation and many of them belong to the sodic soils.

Types of Salt Affected Soils in Hungary and Their Extent

Map (Fig. 1.) shows the scheme of the extent of salt affected soils in Hungary with the indication of their genetic types.

The scheme of the profiles of various types of salt-affected soils mentioned earlier may be seen on Fig. 2.

These types occur very frequently in many other transitional forms.

On the Hungarian Lowland there are different kinds of salt affected soils. They differ not only in their profiles but even in their general landscapes as well.

Among the Hungarian salt affected soils the richest in salts and sodium carbonate are the solonchak and solonchak-solonetz soils. As a rule, their salt and sodium carbonate maximum can be found in the surface layer. In Hungary these two soil types are always calcareous and sodic without exception, and the ground water table is very near to their surface.

The profiles of solonchak soils cannot easily be divided into well developed horizons and the soils are very poor in organic matter. The B-horizon of the solonchak-solonetz soils is in the initial stage of development.

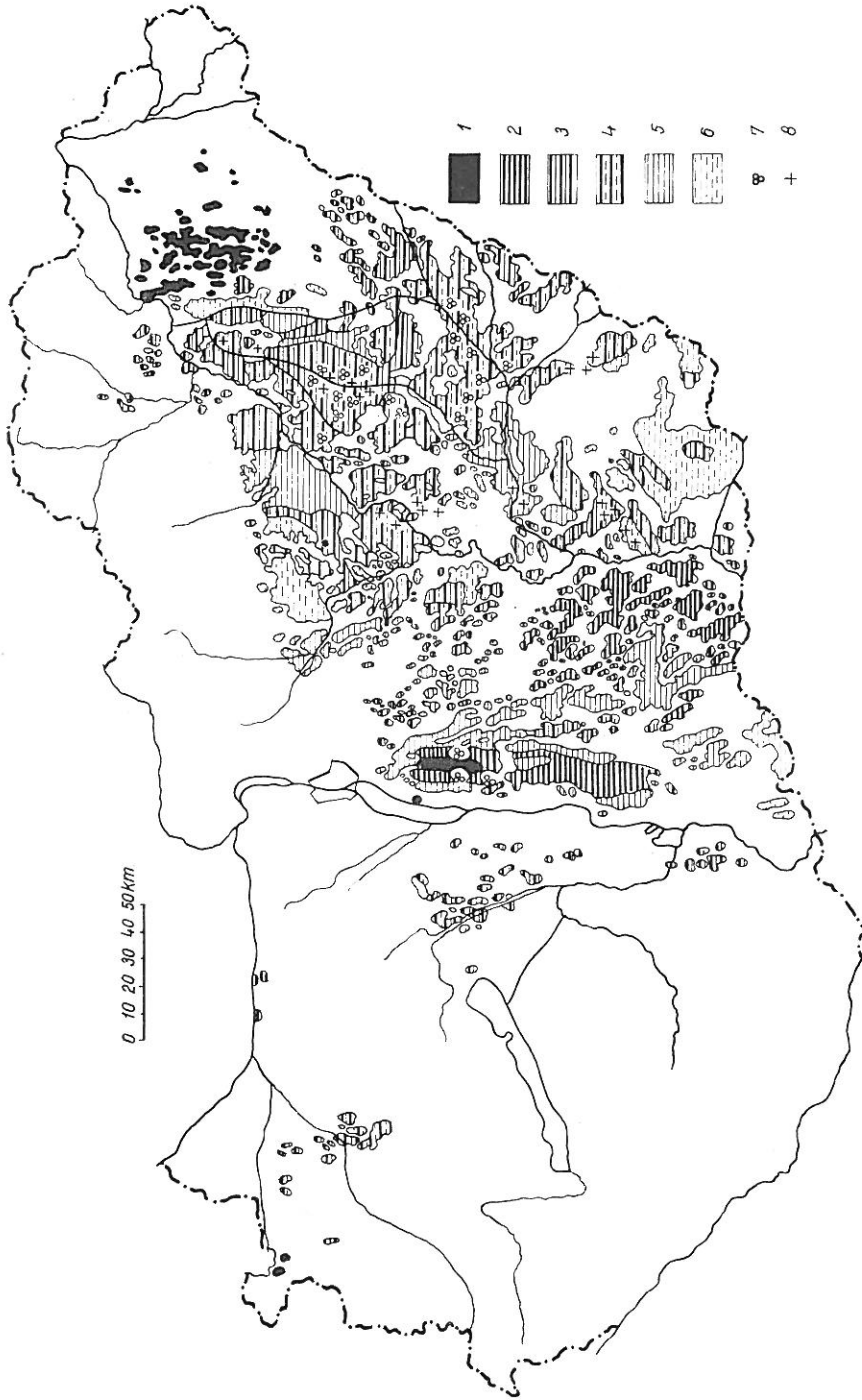


Fig. 1

Scheme of the extent of salt affected soils in Hungary with the indication of their genetic types. 1. Solonchak. 2. Solonchak-solonetz. 3. Meadow solonetz. 4. Meadow solonetz turning into steppe formation. 5. Solonized meadow soil. 6. Chernozem and meadow chernozem, saline in the deep. 7. Solodization. 8. Secondary alkalinization caused by irrigation

In the solonchak and solonchak-solonetz soils the high salt content and sodium carbonate prevent the growth of cultural plants. As it is shown in Fig. 3 parallel with the increase of the salt and sodium carbonate concentration in the upper layer of the soil profile, the development of cultural plants has decreased sharply. As shown previously, both the soil solution and the ground water are strongly alkaline in the Hungarian solonchak soils.

Regarding the chemical composition of the salt contents of solonchak and solonchak-solonetz soils, it should be pointed out that along with sodium carbonate and sodium hydrocarbonate they often contain a considerable amount of chloride and sulphate anions. Sometimes the salt accumulation is so high that it effloresces on the surface.

Fig. 4 demonstrates the scheme of salt concentration in the profiles of meadow solonetz, solonchak-solonetz and solonchak soils. It can be clearly seen that sodium is always the dominant cation and that the amount of Mg^{2+} is also considerable sometimes. Fig. 4 also shows as a rule, that in the Hungarian Plain, the amount of water soluble salts is high not only in solonchak and solonchak-solonetz soils but also in meadow solonetz soil profiles, mainly beginning in the B-horizon. This is one of the reasons why these soil-types must be characterized and classified in view of their close relation as various kinds and types of salt affected soils.

In the Hungarian solonetz soils the concentration of water soluble sodium salts is not always high enough in the soil solution to be harmful for plant physiology. In all cases, however, the physical properties and the water economy of these soils are very disadvantageous for the water supply of crops. Even

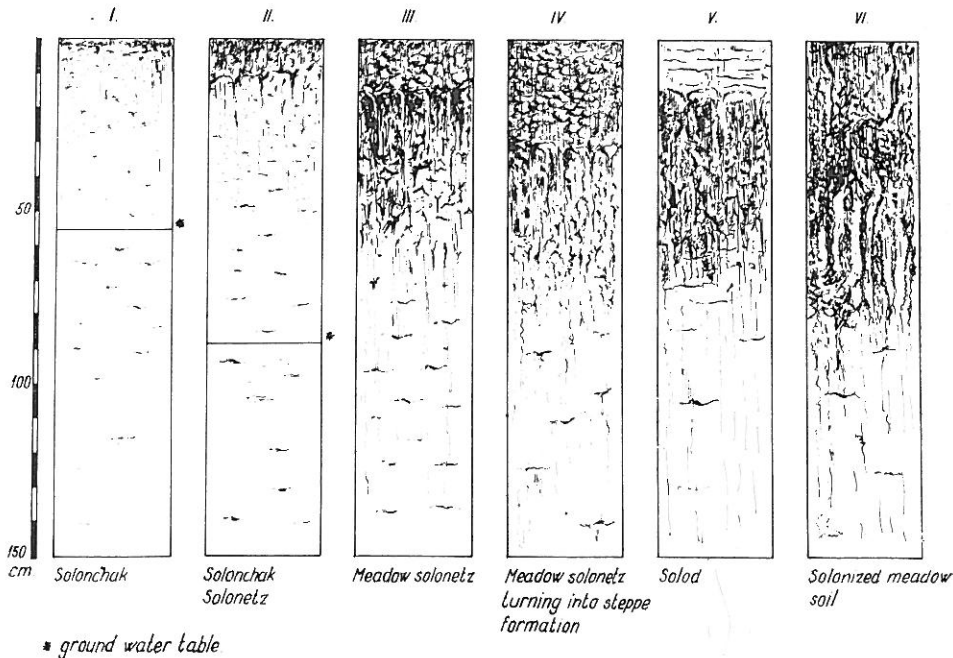


Fig. 2

Profiles of various types of salt-affected soils

an amount of exchangeable sodium as small as 5 to 8 per cent of the total cation exchange capacity of the soil profile exhibits a negative influence on the water economy of the soil.

As seen in Fig. 5 the water capacity and active water reserve of a meadow solonetz soil decreases sharply when compared with a meadow soil. The dead water content increases at the same time.

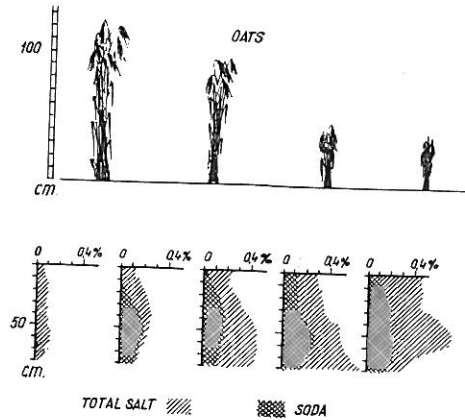


Fig. 3

Influence of soda and other salt-contents of the soil on the growth of cultivated plants (oats).

In Fig. 6 the relation is shown between amounts of the exchangeable sodium ions of the total cation exchange capacity and water properties both in heavy and in light textured soils. In both cases, when the exchangeable sodium reached 15 to 20 per cent, the water properties became very bad.

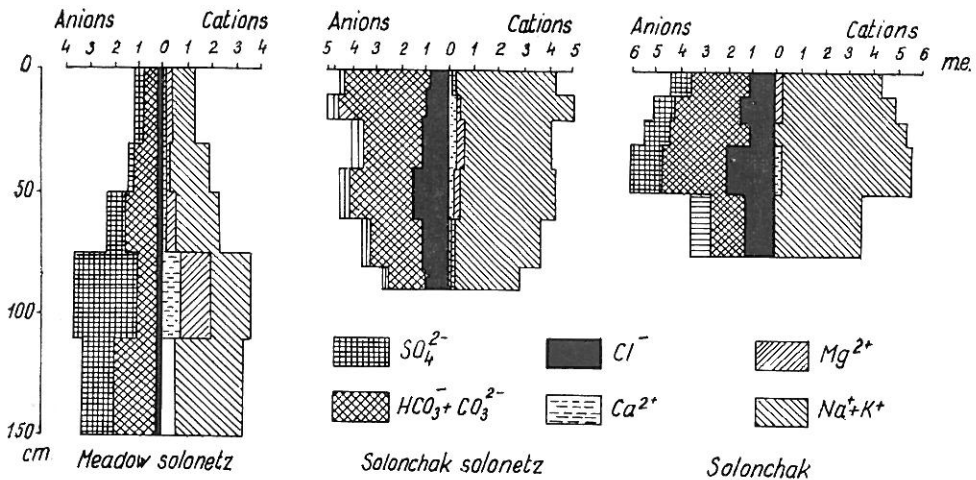


Fig. 4

Salt content in the soil profile.

Fig. 7 exhibits the exchangeable cation content of the most common soil types of the Hungarian Plain. It should be mentioned, however, that on the Hungarian Plain there are wide-spread, and various types of meadow, meadow chernozem and alluvial soils containing lower amounts of the exchangeable sodium than the previously shown ones. If the amount of the exchangeable sodium, however, reaches 5 per cent of the total cation exchange capacity, its negative influence is already reflected in the physical and water properties of soils. That is why they are called weakly or strongly solonized meadow, alluvial, or other soils.

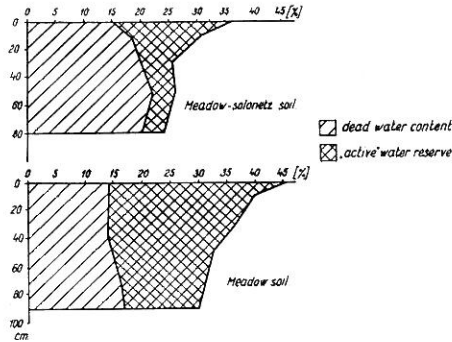


Fig. 5

Water capacity, dead water content and "active" water reserve of a meadow-solonetz soil.

As for the morphology of the soil profiles, one finds the influence of the exchangeable sodium reflected in the development of a hard B-horizon (illuvial horizon). In case of 5 to 8 per cent exchangeable sodium, it is only slightly hard but when the exchangeable sodium amounts to 15 per cent, the prismatic or columnar or crusty structures are well developed.

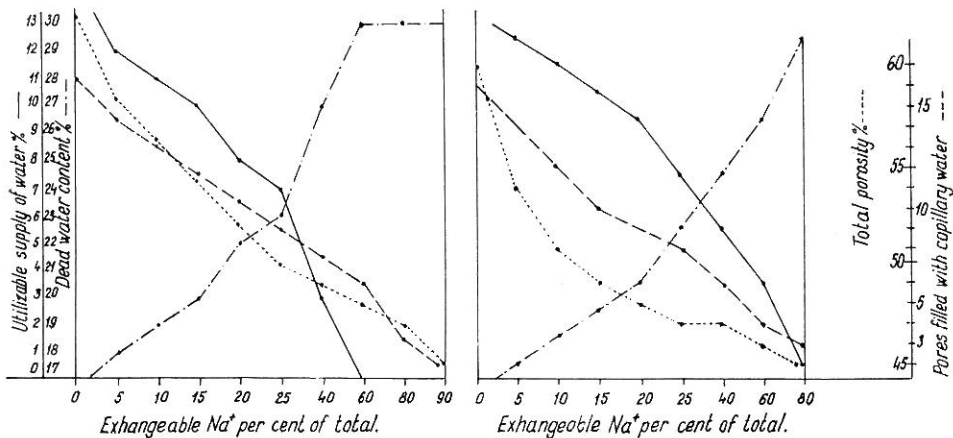


Fig. 6

Relation between the exchangeable sodium percentage and water properties both in heavy and in light textured soils.

In case of solonetz soils the thickness of the A-horizon is of great importance. The thicker the A-horizon, the better are the physical properties and fertility of the solonetz soils. That is why they are subdivided as follows:

Deep solonetz: A-horizon > 18 cm.

Middle solonetz: A-horizon is between 8–17 cm.

Crusty or surface solonetz: A-horizon < 7 cm.

On the Hungarian Plain there are solonetz soils completely lacking an A-horizon. In these cases, the crusty or columnar B-horizon is on the surface.

The Hungarian solonetz soils are partly calcareous and sodic, partly noncalcareous and nonsodic. Nevertheless the pH value is always over 7 in the B-horizons. These two types of the Hungarian solonetz soils mentioned previously are divided geographically. Between the rivers Danube and Tisza the solonetz soils belong mainly to the first type, and east of the Tisza to the second type.

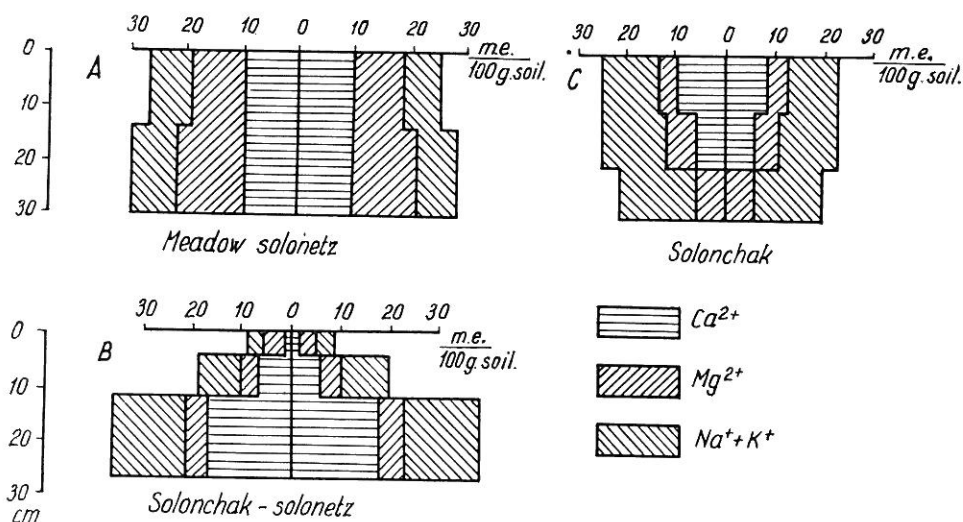


Fig. 7

Exchangeable cations in the soil profile.

As for the salt content of solonetz soils, they contain salts in different degrees and some of them are leached. This point must also be taken into consideration when classifying and reclaiming these soils.

One part of the solonetz and solonized soils is under cultivation but the other part, mainly the crusty solonetz soils, is not arable.

On the Hungarian Plain solod forming processes are rather wide spread. During this process the soil material is destroyed and considerable amounts of amorphous silicon compounds accumulates on the surface of the soil. Parallel with this process, one finds that the quotient of SiO₂ : Al₂O₃ increases, as is shown in Table 1.

It can be seen in Table 1, that the amount of SiO₂ is higher in the upper layers of solodized profiles than in those of nonsolodized ones, and the quotient of SiO₂ : Al₂O₃ is also higher.

Table 1

The pH value and the analytical data of the 5% KOH extract of solonetz soils.

Soils	Horizons and depth in cm.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ : Al ₂ O ₃ ratio in eq.	pH	
		soluble in 5% KOH			H ₂ O	KCl
Solodized	A 2-10	3.96	0.260	13.0	6.9	6.1
	B 16-24	2.40	0.272	7.2	8.0	7.1
Solodized	A 3-12	4.42	0.254	14.8	6.7	5.9
	B 25-34	3.16	0.342	9.1	7.4	6.6
Not solodized	A 2-12	1.38	0.550	2.1	6.7	5.9
	B 40-60	1.75	0.790	1.9	7.7	6.5

This process, which is a special type of the degradation of alkali soils, takes place under dry conditions and it is caused by natural soil forming processes. In some cases, it rapidly develops in flooded rice plantations on alkali lands.

The Genesis of Salt Affected Soils in Hungary

All of the Hungarian salt affected soils during their development were or still are associated with more or less mineralized ground waters. Under these soils the ground water table can be found at a depth of 0.5 m. to 5 m. Under very poor natural drainage conditions this ground water is the source of salt accumulation in the soil layers.

In Hungary there are two very extensive areas of salt affected soils, the valleys of the Danube and the Tisza. The Danube's deposits are calcareous but the new deposits of river Tisza are of a slightly acid character. In the deeper layers, however, the deposits are rich in calcium carbonate even in the Tisza valley. The explanation of this phenomenon lies in the geological history of the Carpathian-basin. In the Holocene the primeval Danube covered the whole land with its calcareous deposits. River Tisza emerged in a later period of geohistory and it carried acid materials from the Carpathian Mountains. Tens of thousands of years have formed the surface of these areas and have developed the valleys of the Danube and the Tisza as alluvial plains. On the higher levels which rose from this swampy, saline land, various types of chernozemic and other non-hydromorphic soils have been formed. Near the river, on its first terrace, in the depressions and on territories with good drainage conditions hydromorphic, non-salt affected soils have developed. The main part of these hydromorphic soils, however, have become saline and alkaline because of the influence of salt containing ground waters, and swampy surface waters and the poor drainage conditions.

Without any doubt, in the past lots of types and varieties of salt affected soils developed belonging mainly to swampy solonchak, solonchak-solonetz and solonetz types. In most of these soils the sodium carbonate content was so high that it often effloresced on the surface. It was collected and after purification it was sold to the primitive soap-factories of the time.

In the nineteenth century extensive ameliorations were carried out in the Tisza valley. The bed of the river was straightened out, the swamps and

polders were liquidated and the ground water tables were considerably lowered everywhere. As a result of these changes, the soils of the whole area were transformed. Parallel with the lowering of the ground water table, the solonetz forming processes became dominant and were accompanied by decided changes in the quality and quantity of water soluble salts and in their dynamics in these soils.

We do not have exact analytical data concerning the water soluble salt contents of these soils in the past centuries but the present surveys show that the amount of the soluble salts has diminished and that the sodium carbonate that once effloresced has disappeared. It must be pointed out, however, that the leaching of the salts was not consequent on these areas and the permanent — or periodical — connection between the diluted salt solutions and the upper layers of the soil still exists.

As a result of the migration of diluted solutions containing sodium salts the various kinds of solonetz and solodized soils have been formed. The soil forming processes lead to steppe formation by means of leaching processes, and if the ground water table is lowered under 4 m. owing to these processes then we find that a solonetz is turned into a steppe soil.

Because of both noncalcareous parent materials and leaching processes, one can find free sodium carbonate very rarely in the upper layers of salt affected soils in the Tisza valley. In the deeper horizons, however, the pH value reaches 7.5—8 and even free sodium carbonate may be often measured in these layers.

On the other hand, even in the Tisza valley, calcareous solonetz or solonchak soils often occur either on the local parent material containing a high amount of carbonate or on the direct influence of alkaline ground waters.

In the Danube valley a general amelioration of the area has never been carried out. This is one of the reasons why the salt affected soils in the Danube valley, between the Danube and the Tisza, belong mostly to the solonchak and solonchak-solonetz types and a reason why even a slight leaching can seldom be observed. The salt affected soils between the rivers Danube and Tisza have been formed on a parent material rich in calcium carbonate, so without any exception they are calcareous from the surface and often contain a considerable amount of sodium carbonate even in the upper layers of the soil profiles. The ground water table is near the surface. Strongly mineralized ground waters may be found within 1 m. from the surface under solonchak and solonchak-solonetz soils and the ground water table rises to 2—3 m. from the surface even in the case of sodic solonetz.

Concerning the processes of the formation of sodium carbonate in Hungarian salt affected soils, according to various authors (ARANY, IRINYI, SZABOLCS, DARAB, and others) the possibility of several ways of soda-forming processes and different theories must be accepted.

The presence of certain geological and hydrogeological conditions and the role played by the alkali superficial and ground waters have not only made these processes possible but have promoted them to a large extent.

The general regularities of geochemistry, unfolded by KOVDA in the section of his main report, referring to the formation and accumulation of soda in soils, may largely be applied to the conditions of the Hungarian Lowland and they help to explain the genetics of these soils. In fact, geochemical soda accumulation must have played an important role in these

soils already in the past. In recent centuries, when marshes were wide-spread on these territories, and hence anaerobic conditions prevailed the biological soda formation must also have been considerable.

For the solonetz soils in the Tisza valley, the physico-chemical ways of soda formation must definitely be taken into consideration, schemes of GEDROIC, SIGMOND and KELLEY being pertinent. On the other hand, between the rivers Danube and Tisza the way of soda formation according to HILGARD must be also significant. On the Hungarian Plain, although the various kinds of soda formation are separated by different areas, one must nevertheless assume that changes in the natural conditions were attended by different ways of soda formation in the same area in various periods. It is quite probable, for instance, that after the drainage of the swamps and moors the biological soda formation lost its importance and it is also probable that at certain places in the course of the leaching of some solonchak soils, the scheme of the soda formation by GEDROIC became dominant.

In some cases, the irrigation of the Hungarian Lowland renders the formation and accumulation of soda possible. I am going to discuss this problem later.

As has been said before, the salt accumulation in the soils of the Hungarian Plain is active only at places that are permanently or temporarily linked with alkaline or saline ground waters. They are sodic soils according to the geological and hydrogeological construction of these areas. Only those salt affected soils of the Hungarian Plain which have their ground water table more deeply situated and which are evolving into soils of the nonsaline zonal type (steppe formation) are now partly alkaline and/or sodic.

Salt Affected Soils in Hungary and the Questions of Irrigation

In the last decade there has been a tenfold increase in the irrigated agricultural area on the Hungarian Plain. In the near future a further rapid increase in the extent of the irrigated area is to be expected. The effects of irrigation on the soil and fertility are well-known just as much as the close correlation existing between the alkalization of soils and irrigated farming. Concerning the Hungarian Plain, this question must be studied very carefully, all concrete factors of the local conditions must be taken into consideration. Irrigation and its effect on the soils requires a thorough investigation not only in the year of irrigation (direct effect) but also in the following years since the indirect effects of irrigation manifest themselves only later, exercising an influence on the water and salt balances, on the physical, chemical and biological characteristics of the soil and — as a result of all this — on fertility.

In the irrigated soils, the movements of water are followed by those of the salts, therefore salt dynamics of irrigated soils is more intense than of non-irrigated soils.

On examining the effect of irrigation on alkalization and salinization, one must always take into consideration the alkalizing and salinizing effect of irrigation water as well as the effect of irrigation on the rising of ground waters to mineralize them and promote a ground water type of alkalization and salinization. Thus, in certain cases, one can observe the alkalizing and salinizing effect of irrigation water; while in other cases, one can observe, in

consequence of the raised ground water resulting from irrigation — mainly from rice flooding — that salt accumulation comes into the surface layers by capillary and membrane-capillary currents, which, when evaporating, causes alkalization or/and salinization both as soluble salts and sodium ions adsorbed by the soil colloids.

An illustration of secondary alkalization caused by irrigation is shown in Table 2.

Table 2

Increase of NaHCO_3 contents in the horizons of an irrigated soil profile (Rice field)

Date of taking samples	Depth cm.	NaHCO_3 alkalinity me/100 g	Date of taking samples	Depth cm.	NaHCO_3 alkalinity me/100 g
May. 19. 1956	0 — 10	0.562	Aug. 31, 1956	0 — 10	1.078
	10 — 20	0.616		10 — 20	1.056
	20 — 40	0.777		20 — 40	1.116
	40 — 60	0.896		40 — 60	1.312
	60 — 80	0.908		60 — 80	1.686
	80 — 100	1.339		80 — 100	1.312
	110 — 120	1.434			
	120 — 140	1.456			

In Table 2 the increase of sodium hydrocarbonate is shown during one year of irrigation. The irrigation was carried out with pure irrigation water but as a consequence of the flooded rice fields, the ground water table moved nearer to the surface.

As it can be seen from Table 2 the increase of sodium hydrocarbonate taking place in the upper horizons of the profiles was considerable.

The illustration of the effect of irrigation water containing sodium carbonate on soil properties is shown in Table 3.

In this experiment, irrigation water containing 500 p. p. m. sodium carbonate was used for flooding the rice fields. This water was applied twice during one vegetation period, and afterwards pure water was used for irrigation in the following three years. The salt content of the irrigated fields did not increase significantly but the amount of the exchangeable sodium ions sharply increased. It should be noted, that during the experiments, the ground water exercised no influence on the soil profile.

It is clear from Table 3, that the effect of irrigation water containing sodium carbonate still makes itself felt after three years of irrigation with pure water.

The melioration of secondarily alkalized soils in Hungary is rather difficult, therefore their prevention by irrigation is desirable. For this purpose the expansion of flooding irrigation to larger areas is to be restricted. The employment of other, more up to date, irrigating systems, the danger of which on secondary alkalization is smaller, will be justified.

The controlling of the physical and chemical soil properties and of the chemical composition of the irrigation water, also, the decreasing of filtration losses and of stagnant waters, all can play a great role in preventing secondary alkalization. The control of the ground water table is also very important for the sake of avoiding the influence of mineralized ground waters in the upper layers of soils.

Table 3

Exchangeable sodium in per cent of total exchangeable cation capacity of soils, irrigated with water containing Na_2CO_3

Number of plot	Depth cm.	At the beginning of the experiment 1959	At the end of the experiment 1962
I.	0 - 10	2.09	4.00
	10 - 20	2.48	6.06
II.	0 - 10	1.55	3.88
	10 - 20	1.50	3.35

In the practice of the Hungarian irrigated agriculture, limits are set concerning the chemical composition of irrigation waters with regard to soil type, various soil properties, methods of irrigation, crops, etc. When a sample of irrigation water is tested, one of the most important tasks is to determine its sodium carbonate content. Even a very low amount of this salt in the irrigation water can be harmful both to plants and soil properties.

Improvement and Reclamation of Salt Affected Soils in Hungary

Regarding the great variety of the salt affected soils in Hungary, it is essential to select the proper methods of reclamation and utilization corresponding to the type and properties of the soil in question.

The reclamation and utilization of salt affected soils in Hungary is traditional, since the population density of the country is relatively high and the extent of the salt affected soils is quite large as compared to the total extent of land. That is why the necessity of their utilization arose centuries ago.

From the viewpoint of utilization, the Hungarian salt affected soils should be divided into two main groups. Salt affected soils permanently linked with alkaline and saline ground waters belong to the first group. The reclamation of these soils is not possible unless the lowering of the ground water table and good drainage conditions are assured. The main part of solonchak and solonchak-solonetz and a comparatively smaller part of solonetz soils — mainly the crusty solonetz soils — belong to this group. The agricultural utilization of these lands can be successfully achieved only if we solve the problems of drainage, soil and water conservation and that of the general amelioration simultaneously on a larger area. It should be mentioned, however, that measures like these may be adopted but because they are rather expensive, the economic aspect of the question must be carefully studied first. Even in Hungary it is sometimes more economical to use these soils as pastures with or without irrigation than to reclaim and plough them.

Between the rivers Danube and Tisza on the solonchak and solonchak-solonetz soils the method of the application of nitrogen fertilizers side by side with irrigation is wide-spread. As a result, semihalophitic and halophitic plants, for instance *Puccinellia limosa* (*Atropis distans*) can be grown as valuable fodder crops. In other cases, these soils can be used as natural pastures, mainly for sheep.

In case of salt affected — mainly solonetz — soils belonging to the second group which are only periodically linked with alkaline and saline ground

waters, the chemical methods of reclamation can be useful. On sodic solonchak and sodic solonetz soils the application of gypsum is always effective both under dry and irrigated conditions. Since Hungary is very poor in her raw gypsum deposits, several other methods have been worked out involving the application of various industrial by-products and local lignite powders containing a low amount of sulphur and sulphurous compounds. Very large amounts of these reclamation materials are needed for the reclamation of an area because of their low sulphur content.

The first reclamation method of the Hungarian solonetz and partly solonchak-solonetz soils was worked out by S. TESSEDIK at the end of the eighteenth century. At that early stage the chemical and physico-chemical processes taking place in the salt affected soils were not fully known by the specialists and naturally neither the proper reclamation methods had been worked out, nor the necessary chemical materials — most of them was not even known at the time — were available. TESSEDIK invented the “digó” method.

The “digó” method means that the surface of salt affected soils is covered with a 5–12 cm. thick layer of soils or subsoils of good quality. On the one hand the essence of this method lies in the dilutive effect of the mixed non-saline layers, on the other hand the materials used for this purpose always contain a low amount of gypsum, calcium carbonate or other calcium salts exerting good influence on soil alkalinity. The “digó” method is still in use because it is effective. A disadvantage is that very large amounts of materials are needed. Earlier the exploitation and the spreading of the material was done with manual labour, later the whole process was mechanised.

Most of the Hungarian solonetz soils have a more or less considerable A-horizon, often with slightly acid pH. On these soils liming has been used as a reclamation method for a century. For this purpose ground limestone, peat containing lime and calcium carbonate (a by-product of sugar factories) are applied. This method requires a large amount of reclamation material, generally 30–40 tons per hectare.

It should be pointed out that the calcium carbonate proves effective only on soil layers where the pH is below 7. This condition exists only in the top layer of several salt affected soils in Hungary (some solonetz and soloth soils). By this method the amelioration of the B-horizon and that of the whole profile can be assured but only through a permanent and intensive natural leaching process of the whole profile, and through the liquidation of the connection between the soil profile and the alkaline ground waters.

The methods of “digózás” and liming alike on the salt affected soils in Hungary were recommended in the past alongside with the application of manure which supplied the crops on the ameliorated soil with nutrients.

In the last decade new methods have been elaborated in Hungary for improving some of the salt affected soils, the main purpose being to reclaim the arable land with simple and inexpensive methods. Concentrated chemical compounds containing the material both for decreasing the alkalinity of soils and for supplying the plants with nutrients were used as reclamation materials. Mostly calcium nitrate has been used for such purposes. Experiments have shown, that on the arable salt affected soils (mainly on middle, deep solonetz, solonized meadow and soloth soils) 500–800 kg calcium nitrate per hectare yielded equal or better results than conventional liming. This method is well

applicable in the production of cereals, maize, sugar beets, fodder crops and in greenland and pasture farming as well under dry and irrigated conditions alike.

On the Hungarian Lowland irrigation rarely has a direct leaching effect on the salt affected soils without taking any other measures because of the heavy textured soils and the practical absence of natural drainage. That is why in irrigation the water quality as well as the reclamation methods are both to be taken into consideration.

In Hungary there are not only various kinds of salt affected soils with different properties and fertility but also several methods as described in the foregoing for their improvement. Some of these can be applied at other places in their original form, others with modifications corresponding to the local natural and economical conditions.

On the other hand, the efforts made and the results achieved in other countries concerning salt affected soils are highly valuable for us for the studying and the reclamation of these extremely interesting types of soils which are so difficult to utilize for agricultural purposes.

References

- [1] ALCSEER, J. & GÁBRI, M.: Magyarország öntözései a jelenben és fejlesztésük alapelvei. (Different Methods of Irrigation and the Basic Principles of their Development.) *Vízügyi Közlemények* **40**. 442—451. 1958.
- [2] ANTIPOV-KARATAEV, I. N.: The Development of Solonetz Forming Processes in the Kamenny Steppe Soils. Reclamation of Solonetz Soils in the USSR. (In Russ.) *Voprosü travopolnoj sistemi zemledelia*. Acad. Sci. USSR. Moscow. 1935.
- [3] ANTIPOV-KARATAEV, I. N.: Physico-chemical Process of Solonetz Formation. (In Russ.) *Pochvovedenie*. (6) 883—907. 1937.
- [4] ANTIPOV-KARATAEV, I. N.: Reclamation of Solonetz Soils in the USSR. (In Russ.) *Acad. Sci. USSR*. Moscow. 1953.
- [5] ANTIPOV-KARATAEV, I. N., KOVDA, V. A., KACHINSZKI, N. A., SOBOLEV, S. & ROZANOV, A. N.: Measures against the Alkalinization of Irrigated Areas. (In Russ.) *Pochvovedenie*. (2) 133—141. 1948.
- [6] ARANY, S.: A cukorgyári mésziszap talajjavító hatása. (The Soil-Ameliorating Effect of Lime-Sludge from Sugar Factories.) *Kísérletügyi Közlemények*. **29**. 83—144. 1926.
- [7] ARANY, S.: A Nagy-Alföldön gyakorlatilag alkalmazott szikes talajjavító eljárásokról. (A Study on the Methods Employed in Practice on the Hungarian Plain to Reclaim Alkali „Szik” Soils.) *Mezőgazdasági Kutatások*. **4**. 11—23. 1931.
- [8] ARANY, S.: Adatok alföldi talajok kémiai összetételének ismeretéhez. III. Szikesedési viszonyok. (Data to the Knowledge of the Chemical Composition of the Soils on the Hungarian Plain. III. Conditions of Alkalinization.) *Mezőgazdasági Kutatások*. **5**. 243—270. 1932., **8**. 105—116. 1935.
- [9] ARANY, S.: A szikes talaj és javítása. (Alkali „Szik” Soil and its Reclamation.) *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. 1956.
- [10] ÁBRAHÁM, L.: A hortobágyi halastavak és víztárolók hatása a szikes talajra. (The Effect of Fish Ponds and Water Reservoirs of the Hortobágy on Alkali „Szik” Soil.) *Agrokémia és Talajtan*. **6**. 29—42. 1957.
- [11] BALLENEGGER, R.: A belvízlevezetés, a lecsapolás és az elszikesedés talajtani vonatkozásai. (Soil Scientific Aspects of Drainage and Alkalinization.) *Vízügyi Közlemények*. **13**. (2) 28—37. 1931.
- [12] BALLENEGGER, R.: A szikes talaj és megjavítása. (Alkali „Szik” Soil and its Reclamation.) *Egyetemi Nyomda*. Budapest. 1931.
- [13] BAZILJEVICS, I. N.: Principles of the Swamps Drainage and Reclamation on the Arabia Plain. (In Russ.) *Pochvovedenie*. (1—2) 1930.
- [14] BOWER, C. A. & FIREMAN, M.: Saline and Alkali Soil. *Yearbook of Agriculture*. U. S. Dept. Agric. Washington. 282. 1957.

- [15] CSERHÁTI, S.: Talajismeret. (Soil Science.) O. M. G. E. Budapest. 1902.
- [16] DARAB, K.: A vetésforgó néhány növényének hatása tiszántúli talajaink szikesedési viszonyaira. (The Effect of Certain Plants in the Crop Rotation upon the Conditions of the Alkalinization of the Soils of the Territory Beyond the River Tisza.) *Agrokémia és Talajtan*. 4. 305–312. 1955.
- [17] DARAB, K.: Secondary Salinization of Irrigated Soils of the Hungarian Lowland. (In Russ.) *Pochvovedenie*. (7) 57–67. 1955.
- [18] DARAB, K.: Öntözött területek üzemi talajtérképezése. (Preparation of Large Scale Maps of Irrigated Areas for Farming Use.) *MTA Agrártud. Oszt. Közleményei*. 11. 53–59. 1957.
- [19] DARAB, K.: A tiszántúli öntözött réti talajok másodlagos szikesedése. (Secondary Alkalinization of Irrigated Meadow Soils of the Region East of the Tisza River.) *Agrokémia és Talajtan*. 7. 52–64. 1958.
- [20] DARAB, K.: Investigation of Secondary Alkalinization Processes on some Irrigated Areas in the Region East of Tisza River. (In Russ.) *Acta Agron. Acad. Sci. Hung.* 9. 363–405. 1959.
- [21] DARAB, K.: Talajgenetikai elvok alkalmazása az Alföld öntözésénél. (Application of the Principles of Soil Genetics to Irrigation in the Great Hungarian Lowland.) *OMMI. Kiadv. Ser. 1.* (4) 1962.
- [22] ECSEDI, I.: A Hortobágy puszta termesztési viszonyai. (Conditions of Cultivation on Hortobágy „Puszta”.) Szeged. 1938.
- [23] ENDRÉDY, E.: A szikesek keletkezésének kérdéséről. (Formation of Alkali „Szik” Soils.) *Öntözésügyi Közlemények*. 3. 207–217. 1941.
- [24] GEDROIZ, K. K.: Solodization of Soils. (In Russ.) *Novaja Derevnyja*. 1926.
- [25] GEDROIZ, K. K.: Adsorption Complex of the Soil. (In Russ.) Moscow. 1927.
- [26] GEDROIZ, K. K.: Formation, Analysis and Reclamation of Solonetz Soils. (In Russ.) *Noszovszkaja op. szt.* 1928.
- [27] GEREL, L.: Adatok a hazai talajtípusaink könnyen oldható vas és alumínium tartalmának vizsgálatához és jelentőségéhez. (Data to the Investigation and Significance of the Content of Readily Soluble Iron and Aluminium in Hungarian Soil Types.) *Agrokémia és Talajtan*. 5. 171–182. 1956.
- [28] GEREL, L.: A vas szerepe a tiszántúli szikesedési folyamatokban. (The Dynamics of Iron in Alkalinization Processes in Hungary. Kandidátusi disszertáció. Budapest. 1958.
- [29] GEREL, L.: Tiszántúli réti szolonyectalajok sóösszetételének hatása a talajok vasforgalmára. (The Effect of the Salt Composition of Meadow Solonetz Soils on the Dynamics of Iron in these Soils beyond Tisza River.) *Agrárégyetem Mezőgazd. Kar. Kiadv. Gödöllő*. 247. 1960.
- [30] DI GLERIA, J.: A szikes talajok keletkezése és javítása kolloidkémiai nézőpontból. (Formation and Reclamation of Alkali „Szik” Soils from the Viewpoint of Colloid-chemistry. Hungarian Alkali „Szik” Soils.) *Magyar Szikesek. Földműv. Min. Kiadv. Budapest*. 1934.
- [31] HERKE, S.: A szikes talajok hasznosítása rizstermeléssel. (Utilization of Alkali „Szik” Soils with Rice Production. Hungarian Alkali „Szik” Soils.) *Magyar Szikesek. Földműv. Min. Kiadv. Budapest*. 1934.
- [32] HERKE, S.: A szódástalajú lecsapolt területeken végzett hasznosítási kísérletek. (Experiments Carried out in Order to Utilize Reclaimed Drained Lands with Sodice Soils. Hungarian Alkali „Szik” Soils.) *Magyar Szikesek. Földműv. Min. Kiadv. Budapest*. 1934.
- [33] HERKE, S.: A szódás szikesek javítása. (Amelioration of Sodice Soils.) *Agrokémia*. 1. (3) 5–6. 1949.
- [34] HERKE, S.: A meszes szódás szikesek és azok javítása. (Calcareous Sodice Soils and Their Reclamation.) *Agrártud.* 4. (1) 41–46. 1952.
- [35] HERKE, S.: A Duna–Tisza közötti szódás talajú rétek és legelők hozamának növelésére. (How to Increase the Yield of Sodice Meadows and Pastures between Danube and Tisza Rivers.) *Agrártudomány*. 5. 329–333. 1953.
- [36] HILGARD, E. W.: Szikes talajok öntözése és alagsóvezése. (Irrigation and Drainage of Alkali „Szik” Soils.) O. M. G. E. Budapest. Pátria. 1894.
- [37] INKEY, B.: A magyarországi talajvizsgálat története. (History of Soil Analysis in Hungary.) *Földtani Intézet Kiadványa*. Budapest. 1914.
- [38] IRINYI, J.: A Konyári-tó. (Lake Konyár.) *Athenaeum*. Budapest. 1839.
- [39] KAÁN, K.: A Magyar Alföld. (The Hungarian Plain.) *MTA Kiadv. Budapest*. 1927.
- [40] KAÁN, K.: Alföldi Kérdések. Erdők és vizek az Alföld kérdéseiben. (Problems of

- the Hungarian Plain. Forests and Waters in the Problems of the Plain.) Stádium. Budapest. 1939.
- [41] KELLEY, W. P.: The Essential Nature of Alkali Soils and Methods for their Reclamation. *Mezőgazd. Kut.* **6**. 439—458. 1933.
- [42] KELLEY, W. P.: Cation Exchange in Soils. Reinhold. New York. 1948.
- [43] KELLEY, W. P.: Alkali Soils. Reinhold. New York. 1951.
- [44] KELLEY, W. P. & THOMAS, E. E.: The Removal of Sodium Carbonate from Soils. University of California Publications. Techn. Pap. 1. 1923.
- [45] KOTZMANN, L.: Emelkedő nátrium telítettség hatása a talaj fizikai sajátságára. (The Effect of Rising Sodium Saturation on the Physical Properties of Soils.) *Mezőgazd. Kut.* **8**. 141—147. 1935.
- [46] KOTZMANN, L.: Az öntözés talajtani vonatkozásai. (Soil-Scientific Aspects of Irrigation.) *Magy. Mérnöki és Építész Egylet. Közönyeinek havi füzetek.* **12**. (38) 4—6. 1938.
- [47] KOVDA, V. A.: Solonchak and Solonetz Soils. (In Russ.) *Acad. Sci. USSR. Moscow.* 1937.
- [48] KOVDA, V. A.: Alkalinization and Desalkalinization of the Soils of Kaspi-Plain in Connection with their Irrigation. (In Russ.) *Pochvovedenie.* (5) 3—19. 1941.
- [49] KOVDA, V. A.: Regime and Formation of Alkali „Szik” Soils. (In Russ.) *Acad. Sci. USSR. Moscow.* 1946.
- [50] KOVDA, V. A.: Process of Contemporary Salt Accumulation (Halogenesis) in Soil and Waters. (In Russ.) *Pochvovedenie* (11) 675—679. 1947.
- [51] KOVDA, V. A.: Soils of the Prekaspian Plain. (In Russ.) *Acad. Sci. USSR. Moscow.* 1950.
- [52] KOVDA, V. A. & MURATOVA, V.: The Hungarian Classic of Soil Science. (In Russ.) *Pochvovedenie.* (3) 44—50. 1954.
- [53] LESZTÁK, V.: Az öntözés hatása a talaj fizikai sajátságára szikes területen. (The Effect of Irrigation on the Physical Properties of Soil in Alkali „Szik” Region.) *Agrokémia és Talajtan.* **5**. 307—324. 1956.
- [54] MADOS, L.: Öntözési és vízgazdálkodási tanulmányok a tiszafüredi öntözőrendszer területén. (Irrigation and Water-Regime Studies on the Area of Tiszafüred Irrigation System.) *Önt. Közlem.* **1**. (1) 89. 1939.
- [55] MADOS, L.: Szikes talajaink és azok hasznosítása (Our Alkali „Szik” Soils and Their Utilization.) *Mérnöki Továbbképző Int. Kiadv.* (6) Budapest. 1942.
- [56] MADOS, L.: A szikesedés és a víz. (Alkalinization and the Water.) *Hidrol. Közölny.* **23**. 3—20. 1943.
- [57] MÁTÉ, F.: Talajtérképezési kérdések a Nagykovácsban. I. A Nagykovács talajainak leírása. (Some Problems of Soil Mapping in the Nagykovács. I. Characterization of the Soils.) *OMMI. Kiadv. Ser. 1.* (3) 1962.
- [58] MÁTÉ, F., & SZABOLCS, I.: A talajok redox viszonyainak változása modellkísérletben. (Investigation of the Redox Conditions in Soils by Means of Model Experiments.) *Agrokémia és Talajtan.* **4**. 297—302. 1955.
- [59] MURAKÖZY, K.: A talajról. (On Soil.) *Term. Tud. Közölny.* **33**. 593—597. 1902.
- [60] ORLOVSKIY, N. V.: The Main Measures Used in Cultivating Unirrigated Solonchets in Western Siberia. (In Russ.) *Pochvovedenie.* (3) 1—6. 1955.
- [61] PRETTENHOFFER, I.: Tanulmány a javított és javítatlan meszes-szódás-szikes talajokban végbemenő nitrogénkötésről és nitrifikációról. (Study on Nitrogen Adsorption and Nitrification Taking Place in Reclaimed and Unreclaimed Calcareous-Sodic-Alkali „Szik” Soils.) *Kísérlet. Közlem.* **35**. 36. 1933.
- [62] PRETTENHOFFER, I.: Átmeneti szikesek javítása kombinált eljárással. (Reclamation of Transitional Alkali „Szik” Soils by Combined Treatment.) *Agrokémia és Talajtan* **2**. 27—40. 1953.
- [63] PURI, A. N. & SAMP, A.: Oxidation-Reduction Potential in Soils. *Soil Sci.* **46**. 324—329. 1938.
- [64] REPP-NOVOSAD, G.: Kultúrnövények élete szikes talajokon. (Life of Cultural Plants on Alkali „Szik” Soils.) *Öntözésügyi Közlemények.* **5**. (1—2) 45. 1944.
- [65] RÉTHLY, A.: Megváltoztatta-e éghajlatunkat az ármentesítés. (Have the Anti-inundation Works Changed Our Climate.) *Vízügyi Közlem.* **18**. 134. 1936.
- [66] SAJÓ, E. & TRUMMER, A.: Magyar Szikesek. (Hungarian Alkali „Szik” Soils.) *Földműv. Min. Kiadv. Budapest.* 1934.
- [67] SCHERF, E.: Alföldünk pleisztocén és holocén rétegeinek geológiai és morfológiai viszonyai és ezeknek összefüggése a talaj alakulással, különösen a sziktalaj képződéssel. (Geological and Morphological Conditions of the Hungarian Plain's Pleisto-

- cene and Holocene Layers and their Bearing on Soil Development, Especially on the Formation of Alkali „Szik” Soils.) *Földt. Int. Évi Jel.* 1925—28. Budapest. 1935.
- [68] SIGMOND, E.: A békéscsabai öntözött szikes réteken végzett sómeghatározásokról. (On the Salt Determinations Carried Out on an Irrigated Alkali „Szik” Meadow at Békéscsaba.) *Kísér. Közlem.* **5.** 47. 1902.
- [69] SIGMOND, E.: Alföldi szikeseink osztályozásáról. (On the Classification of Alkali „Szik” Soils of the Hungarian Plain.) *Köztelek.* **15.** 1202—03. 1905.
- [70] SIGMOND, E.: A hortobágyi szikések ismertetése és javítási lehetőségei. (A Review of the Alkali „Szik” Soils of Hortobágy and the Possibilities of their Reclamation.) *Pótfüzetek. Term. Tud. Közl.* **55.** (1—4) 1. 1923.
- [71] SIGMOND, E.: A hazai szikések és megjavítási módjaik. (Alkali „Szik” Soils in Hungary and Methods of their Amelioration.) MTA Kiadv. Budapest. 1923.
- [72] SIGMOND, E.: A szikképződés törvényeiről a javítás szempontjából. (The Laws of Alkalization from the Viewpoint of Amelioration.) *Mezőg. Kut.* **2.** 272—293. 1929.
- [73] Les Solos Saline et Alcalinos. UNESCO conf. Buenos Aires. 1963.
- [74] SZABOLCS, I.: A Hortobágy talajai. (The Soils of Hortobágy.) *Mezőgazd. Kiadó.* Budapest. 1954.
- [75] SZABOLCS, I.: Tiszántúli szikes talajaink szologyosodása. (Degradation of Hungarian Alkali Soils in the Region Beyond Tisza.) *Agrokémia és Talajtan.* **3.** 361—368. 1954.
- [76] SZABOLCS, I.: Les sols à alkalis Hongrois VI^e Cong. Sci. Sol. Paris. VI. 20. 603. 1956.
- [77] SZABOLCS, I.: Die Genetik der ungarischen Alkaliböden und ihre Bedeutung vom Gesichtspunkt ihrer Nutzbarmachung. Kongress für Bodenkunde. Budapest. 1955. *Ung. Akad. Wiss. Budapest.* 537—553. 1956.
- [78] SZABOLCS, I.: Die Bildung der ungarischen Alkaliböden. *Z. Pflernähr. Düng.* **73.** 140—1956.
- [79] SZABOLCS, I.: Improving of Alkali Soils, with Small Doses of Reclamation Materials. *Agrokémia és Talajtan. Supplementum.* **13.** 247—254. 1964.
- [80] SZABOLCS, I.: The Influence of Irrigation Water of High Sodium Carbonate on Soils. *Agrokémia és Talajtan. Supplementum.* **13.** 237—246. 1964.
- [81] SZABOLCS, I.: The Dynamics of Sulphur in Alkali Soils. *Atti del V. Simp. Intern. di Agrochimica. Palermo,* 1964. *Agrochimica.* **9.** (1) 1965.
- [82] SZABOLCS, I. & DARAB, K.: Az oldható sók dinamikája öntözött talajokon. (Dynamics of Soluble Salts in Irrigated Soils.) *Agrokémia és Talajtan.* **4.** 251—264. 1955.
- [83] SZABOLCS, I. & DARAB, K.: Accumulation and Dynamism of Silicic Acid in Irrigated Alkali Soils. *Acta Agron. Acad. Sci. Hung.* **3.** 213—235. 1958.
- [84] SZABOLCS, I., LÁNG, I. & KOCH, M.: Növény Ca felvétele Ca⁴⁵ tartalmú javítóanyaggal kezelt szikes talajon. (Calcium Uptake by Plants from Alkali „Szik” Soil Treated with ⁴⁵Ca-labelled Amendments.) *Agrokémia és Talajtan.* **6.** 195—204. 1957.
- [85] SZABOLCS, I. & MÁTÉ, F.: A hortobágyi szikes talajok genetikájának kérdéséhez. (The Genetics of the Alkali „Szik” Soils of the Hortobágy.) *Agrokémia és Talajtan.* **4.** 31—38. 1955.
- [86] SZABOLCS, I., MÁTÉ, F., MOLNÁR, F. & KOCH, M.: Szikesedési folyamatok vizsgálata modellkísérleteken. (Soil Alkalinization Studies in Model Experiments.) *Agrokémia és Talajtan.* **5.** 297—306. 1956.
- [87] SZENTANNAY, S.: Sikeres gazdálkodás sziken és aszályban. (Successful Farming on Alkali „Szik” Soils and in Drought.) *Földműv. Min. Kiadv.* **3.** 1936.
- [88] TESSÉDIK, S.: Über die Kultur und Benützung der Sogenannten „Szikes” Felder in der Gegend an der Theiss. *Patriotisches Wochenblatt für Ungarn. Pest.* **4.** 7. 1804.
- [89] TREITZ, P.: Szikes talajok Magyarországon. (Alkali „Szik” Soils in Hungary.) *Term. Tud. Közlöny.* **18.** 12. 1902.
- [90] TREITZ, P.: A sós és szikes talajok természetrajza. (Natural History of Saline and Alkali Soils.) Budapest. 1924.
- [91] TREITZ, P.: Preliminary Report on the Alkali-land Investigation in the Hungarian Great Plain in the Year 1926. I.-st. *Int. Congr. Soil Sci. Washington.* **4.** 589. 1927.
- [92] TREITZ, P.: Csonka-Magyarország sós és szikes talajai. (Saline and Alkali „Szik” Soils in Hungary.) *Magyar Szikések. Földműv. Min. Kiadv. Budapest.* 1934.
- [93] TURY, E.: Szikes talajok fásításáról. (On the Afforestation of Alkali „Szik” Soils.) *Agrokémia.* **1.** (8) 1—11. 1949.
- [94] VILENSKY, D.: Conference of the Alkali Subcomission of the International Society of Soil Science in Budapest. (In Russ.) *Pochvovedenie* (1—2) 36. 1930.
- [95] VILENSKY, D.: The Session of the Alkali Subcommittee in Budapest. (In Russ.) *Pochvovedenie.* (1—2) 1930.

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ ВЕНГРИИ

И. САБОЛЬЧ

Научно-исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии А.Н. Венгрии, Будапешт

Венгрия известна как ареал распространения засоленных почв, использование и мелиорация которых проводится уже с давних времен. Страна лежит в Карпатском бассейне, где природные условия, с точки зрения накопления воднорастворимых солей, являются весьма благоприятными для образования различных засоленных почв. Как установлено, засоленные почвы в Венгрии занимают 10% от всей поверхности страны, что составляет около 1 млн. га. Распределение их между отдельными областями неравномерное, так на Венгерской Низменности, которая является самой большой равниной страны, они иногда занимают 20% или больше ее поверхности.

Необходимо упомянуть, что засоленные почвы встречаются в Венгрии не только на низменностях, но небольшими массивами и в холмистых районах западной части страны. Но даже в таких незначительных количествах они препятствуют нормальному сельскохозяйственному производству в этих районах.

Несмотря на относительно небольшую площадь страны, в Венгрии можно встретить многочисленные формы проявления почвенного засоления. Засоленные почвы отличаются по их генезису, свойствам, методам их мелиорации и использованию.

В соответствии с природными условиями областей распространения и генетикой засоленных почв, значительная часть их тесно связана с вопросами образования соды и относится к содово-засоленным.

Типы засоленных почв Венгрии и их распространение

Рисунок 1. представляет собой схему распространения засоленных почв в Венгрии с указанием генетических типов этих почв.

Схематическое строение профиля различных типов засоленных почв показано на рис. 2.

Эти типы почв встречаются и в переходных формах.

На Венгерской Низменности можно встретить разнообразные типы засоленных почв, которые различаются не только по профилям, но также и по ландшафтам.

Среди венгерских засоленных почв самыми богатыми по содержанию водорастворимых солей и соды являются солончаки и солончаки-солонцы. Как правило, максимум накопления солей и соды отмечается в верхних горизонтах этих почв. В Венгрии эти два типа почв всегда карбонатные и содержат соду. Зеркало грунтовых вод под ними всегда находится близко к дневной поверхности.



Рис. 1.
 Схема распространения засоленных почв в Венгрии. 1. Солончак, 2. Солончак-солонец, 3. Луговой солонец, 4. Остепняющийся луговой солонец, 5. Солонцеватая луговая почва, 6. Глубоко засоленный чернозем и луговой чернозем, 7. Осолодение, 8. Вторичное засоление, вызванное орошением

Профиль солончака трудно разделить на ясно выраженные горизонты, и он всегда обеднен органическими веществами. Горизонт В солончака-солонца находится в первых стадиях формирования.

В почвах солончаках и солончаках-солонцах высокое содержание водорастворимых солей и присутствие соды тормозит развитие культурной растительности. Как показано на рисунке 3, параллельно с увеличением содержания солей и соды в верхних слоях почвы, резко ухудшается рост и развитие культурных растений. Как уже указывалось, солончаки и солончаки-солонцы Венгрии, а также грунтовые воды под этими почвами всегда являются сильнощелочными.

В отношении химического состава солей в солонцах и солончаках-солонцах, необходимо подчеркнуть, что наряду с карбонатом и бикарбонатом натрия эти почвы часто содержат значительное количество хлоридов и сульфатов. Аккумуляция солей иногда так высока, что можно наблюдать выцветы солей на поверхности почвы.

Рис. 4. показывает схематическое распределение водорастворимых солей в профилях лугового солонца, солончака-солонца и солончака. Ясно видно, что во всех трех случаях доминируют катионы натрия, но в то же время значительным является и количество ионов магния. Содержание водорастворимых солей высоко не только в солончаках и солончаках-солонцах, но как это хорошо видно на рисунке, и в луговых солонцах, главным образом, в начале горизонта В₂. Это является одной из причин рассматривать эти почвы с точки зрения их тесной взаимосвязи, как разные формы и типы засоленных почв.

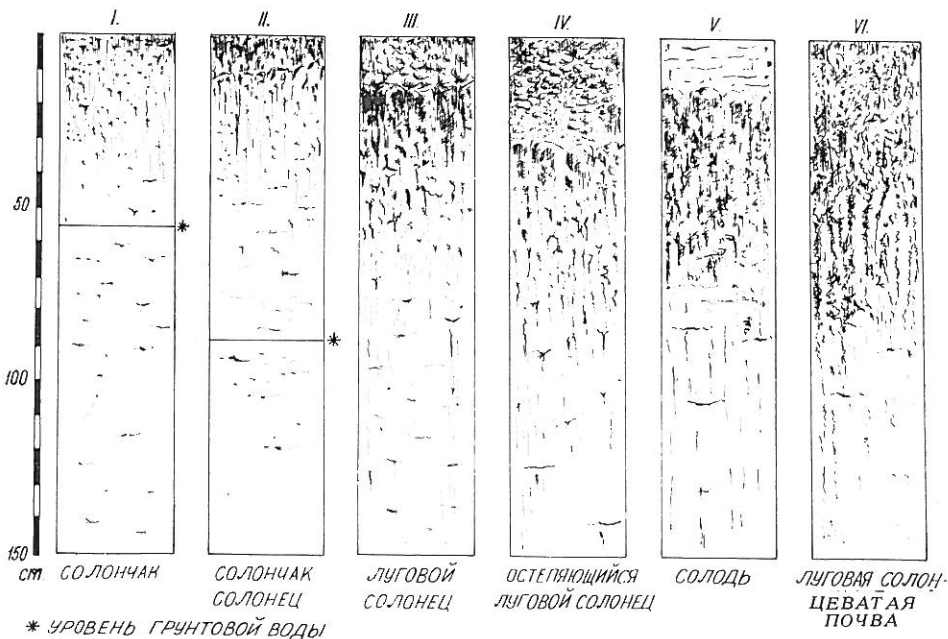


Рис. 2.

Схематическое строение профиля различных типов засоленных почв.

В венгерских солонцах часто концентрация водорастворимых солей не до такой степени высокая, чтобы отрицательно влиять на физиологию растений. Однако, в каждом случае физические и водные свойства этих почв весьма неблагоприятны и отрицательно влияют на водообеспечение сельскохозяйственных растений. Уже 5—8% от «S» обменного натрия отрицательно

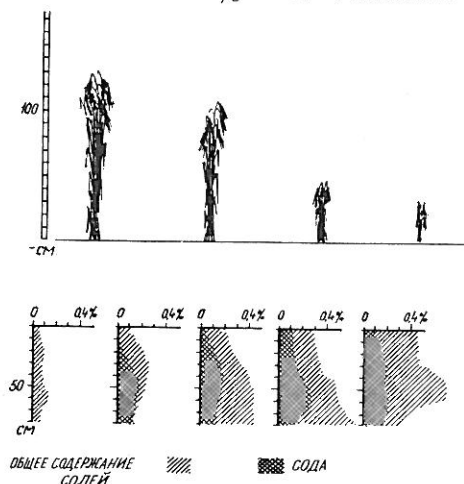


Рис. 3.

Рост и развитие растений (овес) в зависимости от общего содержания солей и соды.

сказываются на водно-физические свойства почв. Как показано на рисунке 5, полевая влагемкость и диапазон активной влаги в луговом солонце сильно уменьшается по сравнению с луговой почвой, а запас «мертвой» воды наоборот увеличивается. На рисунке 6, показана зависимость между содержанием обменного натрия в % от «S» и водными свойствами почв тяжелого и легкого механического состава. В обоих случаях, если количество обменного натрия достигает 15—20% от «S» водные свойства почвы становятся крайне неблагоприятными.

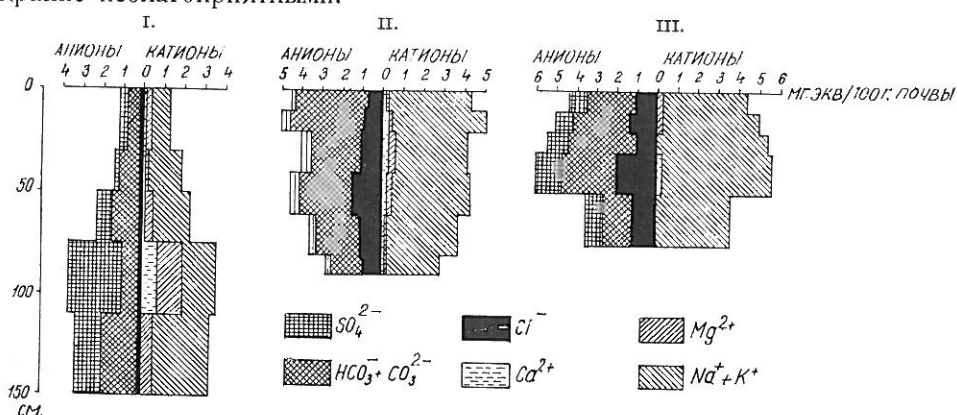


Рис. 4.

Состав водорастворимых солей в почвенном профиле. I. Луговой солончок, II. Солончак-солончок, III. Солончак

Рисунок 7. показывает содержание обменных катионов в главных почвенных типах Венгерской Низменности. Кроме этих почв, на Венгерской Низменности широко распространены различные луговые почвы, луговые черноземы и аллювиальные почвы, содержащие меньше обменного натрия, чем почвы, показанные на рисунке. Если в почвах содержание обменного натрия достигает 5% от «S», это уже отрицательно сказывается на водно-физические свойства почв, и поэтому почвы названы нами слабо- или сильно-солонцеватыми луговыми, аллювиальными или другими почвами.

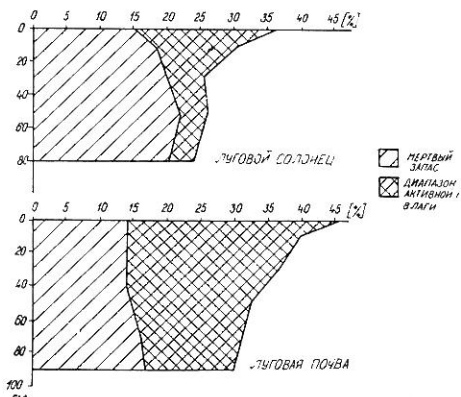


Рис. 5.

Полевая влагоемкость, мертвый запас и диапазон активной влаги в луговом солонце и луговой почве.

Количество обменного натрия имеет большое значение при образовании плотного горизонта В (иллювиальный горизонт). Если обменного натрия в почве 5—8%, то иллювиальный горизонт уплотнен, но если эта величина достигает 25% от «S», горизонт В имеет ярко выраженную столбчатую глыбистую или призматическую структуру.

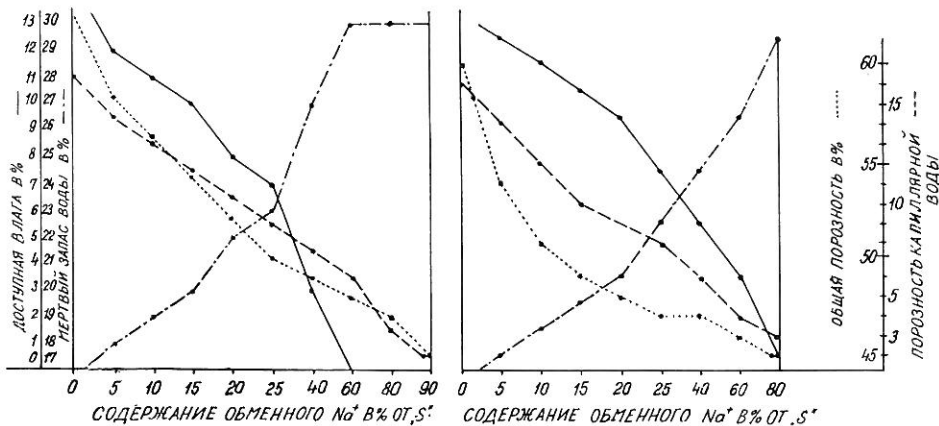


Рис. 6.

Зависимость между содержанием обменных катионов и водными свойствами почв тяжелого и легкого механического состава

В солонцах мощность горизонта А имеет большое значение, чем он мощнее, тем лучше физические свойства и плодородие почвы. Исходя из мощности горизонта А солонцы подразделяются следующим образом:

Глубокий солонец, гор. А больше 18 см.

Средний солонец, гор. А около 8—17 см.

Корковый солонец, гор. А меньше 7 см.

На Венгерской Низменности встречаются солонцы лишенные горизонта А. В таких случаях горизонт В глыбистой или столбчатой структуры выходит на дневную поверхность.

Венгерские солонцы часто являются карбонатными и содержат соду, но встречаются солонцы некарбонатные и несодовые, но их реакция среды в горизонте В всегда достигает или превышает 7. Два типа указанных выше солонцов распределяются по стране соответственно ее географическим особенностям. В междуречьи Дуная и Тиссы солонцы относятся главным образом к первому типу, а в затисской области — ко второму.

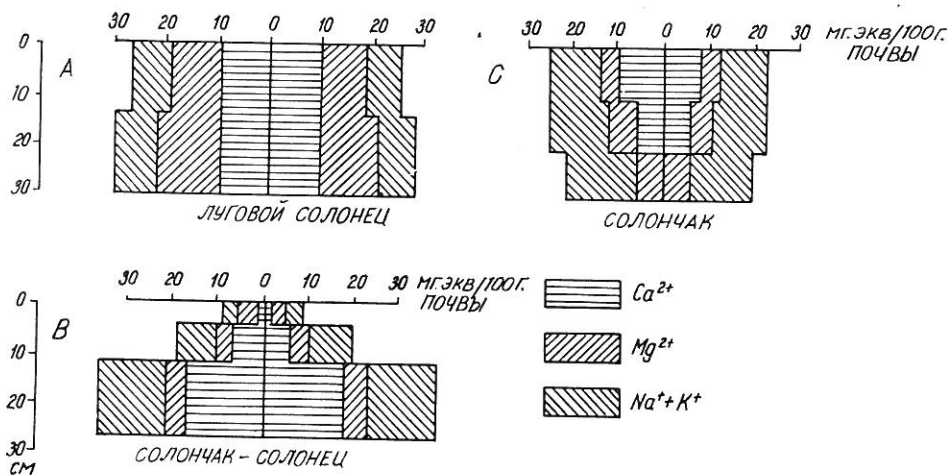


Рис. 7.

Состав обменных катионов в почвенном профиле.

Содержание водорастворимых солей в солонцах различно, часто встречаются выщелоченные солонцы. Это необходимо иметь в виду как при классификации, так и при мелиорации этих почв.

Часть солонцов и солонцеватых почв страны включена в сельскохозяйственное производство, но другая часть, главным образом корковые солонцы, не используются в сельском хозяйстве.

На Венгерской Низменности широко распространен процесс осолодения почв, при этом почвы деградируются и значительное количество аморфной кремневой кислоты накапливается на почвенной поверхности. Параллельно с развитием этого процесса увеличивается и соотношение $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$, как это показано в таблице 1.

Данные таблицы показывают, что содержание кремневой кислоты в верхних горизонтах осолоделых почв выше, чем в неосолоделых, соотношение $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ также выше у первых.

Таблица 1.

Величины pH и данные анализа 5%-ной КОН вытяжки солонцов

Название почвы	Горизонт и глубина в см.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Отношение SiO ₂ : Al ₂ O ₃	pH	
		в 5% КОН вытяжке			H ₂ O	KCl
Осолodelые	A 2—10	3,96	0,260	13,0	6,9	6,1
	B 16—24	2,40	0,272	7,2	8,0	7,1
Осолodelые	A 3—12	4,42	0,254	14,8	6,7	5,9
	B 25—34	3,16	0,342	9,1	7,4	6,6
Неосолodelые	A 2—12	1,38	0,550	2,1	6,7	5,9
	B 40—60	1,75	0,790	1,9	7,7	6,5

Этот процесс, являющийся специфическим проявлением деградации засоленных почв, проявляется в богарных условиях благодаря естественному процессу почвообразования. В некоторых случаях этот процесс получает быстрое развитие на почвах рисовых полей в результате их затопления.

Генезис засоленных почв Венгрии

Засоленные почвы Венгрии при своем образовании имеют или имели в прошлом тесную связь с более или менее минерализованными грунтовыми водами. Под этими почвами уровень грунтовых вод находится в пределах от 0,5 до 5 м. При неблагоприятных условиях дренажа эти грунтовые воды являются источником накопления солей в почвенных слоях.

В Венгрии существуют два ареала распространения засоленных почв — долины рек Дуная и Тиссы. Дунайские отложения являются карбонатными, более молодые отложения реки Тиссы — слабо кислыми, однако в более глубоких слоях и они обогащены карбонатами кальция.

Объяснение этого явления лежит в геологическом прошлом Карпатского бассейна. В галогене река Дунай покрывал страну карбонатными отложениями. Река Тисса, происхождение которой относится к более позднему геологическому периоду, приносила с собой с Карпатских гор более кислые отложения. В течение многих тысячелетий происходило образование поверхности этих областей и формирование долин рек Дуная и Тиссы, как аллювиальных равнин. На повышенных элементах рельефа, в прошлом возвышающихся над болотными засоленными территориями, образовались почвы типа черноземов и других не гидроморфных почв. Ближе к руслам рек на первых террасах, в понижениях и на территориях с благоприятными условиями дренажа, образовались незасоленные почвы гидроморфного ряда. Однако, большая часть их засолялась благодаря влиянию минерализованных грунтовых и поверхностных болотных вод и неблагоприятным условиям дренажа.

По всей вероятности в далеком прошлом проходило образование самых различных типов и разновидностей засоленных почв, которые в основном относились к засоленным болотным почвам, солончакам, солончакам-солон-

цам и солонцам. В основной части этих почв содержание соды было настолько высоким, что она часто выцветала на поверхности почвы. Местное население простым сметанием собирало соду с почвенной поверхности и после очищения продавало ее для нужд мыловаренной промышленности того времени.

В XIX веке в долине реки Тиссы провели грандиозные гидромелиоративные мероприятия, в результате которых было выпрямлено русло Тиссы, осушены болота и топи и уровень грунтовых вод в значительной мере понизился. Как результат этих изменений, почвы низменности переобразовались, и параллельно с понижением уровня грунтовых вод процесс солонцообразования занял ведущее место, одновременно с изменением количества и качества водорастворимых солей и их динамики в этих почвах.

К сожалению, мы не имеем точных данных в отношении содержания водорастворимых солей в почвах прошлых столетий, но современные исследования показали, что количество водорастворимых солей в этих почвах значительно снизилось, и выцветание соды на поверхности почвы, которое отмечалось раньше, в настоящее время прекратилось. Однако необходимо подчеркнуть, что выщелачивание солей в почвах этого района было непоследовательным и постоянная или периодическая связь между разбавленными солевыми растворами и верхними слоями почв существует и до настоящего времени.

Как результат миграции разбавленных растворов, содержащих соли натрия, образовались разные типы солонцов и солодей. Общие почвообразовательные процессы с точки зрения выщелачивания приводят к остепнению почв, и там, где уровень грунтовых вод понизился до 4-х метров, под влиянием этого процесса образуются остепняющиеся солонцы.

В поверхностных слоях засоленных почв долины реки Тиссы свободная сода встречается редко, это объясняется некарбонатностью материнских пород и процессами выщелачивания. Однако, в более глубоких слоях рН достигает и превышает 7,5—8 и здесь часто можно встретить соду.

В долине реки Тиссы встречаются карбонатные солонцы или солончаки на местных карбонатных материнских породах, или же образованные под влиянием щелочных грунтовых вод.

В долине реки Дуная гидромелиоративные мероприятия проводились в значительно меньшей степени. Это является одной из причин почему засоленные почвы долины Дуная в междуречья Дуная и Тиссы относятся главным образом к типам солончак, солончак-солонец, и почему здесь даже незначительное выщелачивание встречается очень редко. Засоленные почвы междуречья Дуная и Тиссы образовались на материнских породах, содержащих CaCO_3 , поэтому они все карбонатные и содержат значительное количество соды уже в верхних горизонтах профиля. Уровень грунтовых вод под этими почвами залегает близко к дневной поверхности. В значительной степени минерализованные грунтовые воды находятся под солончаками и солончаками-солонцами в пределах 1 метра от поверхности и даже под содовыми солонцами уровень грунтовых вод поднимается до 2—3 метров.

В вопросах образования соды в засоленных почвах Венгрии, исходя из работ различных авторов (*Арань, Ирени, Сабольч, Дараб и др.*) можно принять несколько путей и теорий образования соды.

В определенных геологических и гидрогеологических условиях при влиянии засоленных поверхностных и грунтовых вод эти процессы не только возможны, но и широко распространены.

Главные закономерности геохимии, показанные профессором *Ковда* в его докладе, относящиеся к образованию и накоплению соды в почвах, можно принять и для условий Венгерской Низменности, что поможет нам объяснить генезис засоленных почв этой территории. Аккумуляция соды уже в прошлом играла значительную роль в образовании засоленных почв. Как уже указывалось, в прошлых столетиях большая часть поверхности низменности представляла собой болота, где в анаэробных условиях также могло быть значительным биологическое образование соды.

В долине реки Тиссы главным образом для солонцов можно принять физико-химическую теорию образования соды в соответствии с схемам *Гедройца*, *Зигмонда* и *Келли*. С другой стороны, в междуречьи Дуная и Тиссы возможно образование соды и по *Гильгарду*. На территории Венгерской Низменности возможны различные пути образования соды не только по отдельным районам, но в связи с изменением природных условий, различные пути образования соды могут господствовать в тех же районах, но в различные периоды. Весьма вероятно, например, что после осушения болот и топей биологическое образование соды потеряло свое значение, и также возможно, что на определенных местах при выщелачивании некоторых солончаков доминировало образование соды по *Гедройцу*. В некоторых случаях орошение земель Венгерской Низменности вызывает образование и накопление соды. Позже я вернусь к этому вопросу.

Как указывалось выше, активное накопление солей в почвах Венгерской Низменности и в настоящее время отмечается там, где почвы постоянно или временно находятся под непосредственным влиянием щелочных и засоленных грунтовых вод. Эти почвы являются содовыми в соответствии с геологическим и гидрологическим строением района. Там, где грунтовые воды под засоленными почвами залегают глубже и где происходит процесс оствепнения, почвы только частично щелочные или содовые.

Засоленные почвы Венгрии и вопросы орошения

За последние годы на Венгерской Низменности площадь орошаемых земель возросла в 10 раз, в ближайшем будущем эта площадь еще больше увеличится. Влияние орошения на почвы и их плодородие общеизвестно, имеется тесная связь между засолением почв и орошаемым земледелием.

В условиях Венгерской Низменности этот вопрос необходимо изучать всесторонне, учитывая все конкретные факторы местных условий. Влияние орошения на почвы необходимо исследовать не только в год орошения (прямое влияние), но и в последующих годах, т. к. косвенный эффект от орошения проявляется позже, через изменение водного и солевого баланса, физических, химических и биологических свойств почвы и, как результат этого — почвенного плодородия.

В орошаемых почвах движение солей следует за движением воды, поэтому динамика солей в этих условиях более значительная, чем в богарных.

Изучая влияние орошения на засоление почв всегда надо учитывать степень засоленности оросительных вод и эффект производимый поднятием грунтовых вод, которые в случае их высокой минерализации вызывают засоление почвы. В некоторых случаях засоление почв вызывают непосредственно оросительные воды, в других случаях благодаря орошению, главным

образом на затопляемых рисовых полях, поднятие уровня грунтовых вод, капиллярное передвижение воды к поверхности, испарение вызывают накопление солей в верхних горизонтах почвы и обогащение почвенных коллоидов водорастворимыми солями, в том числе ионами натрия.

Для иллюстрации процесса вторичного засоления, происходящего при орошении, приводится таблица 2.

Таблица 2.
Изменение количества NaHCO_3 в горизонтах орошаемой почвы (рисовое поле)

Время взятия образца	Глубина в см.	NaHCO_3 мг. экв./100 г. почвы	Время взятия образца	Глубина в см.	NaHCO_3 мг. экв./100 г. почвы
19 мая 1956 г.	0—10	0,562	31 августа 1956 г.	0—10	1,078
	10—20	0,616		10—20	1,056
	20—40	0,777		20—40	1,116
	40—60	0,896		40—60	1,312
	60—80	0,908		60—80	1,686
	80—100	1,339		80—100	1,312
	110—120	1,434			
	120—140	1,456			

В таблице 2. приведены данные, показывающие увеличение содержания NaHCO_3 в почве за 1 год орошения. Полив производился пресной водой, но под влиянием затопления рисовых полей уровень грунтовых вод переместился ближе к поверхности.

Как видно из таблицы, повышенное количество NaHCO_3 отмечается в верхних слоях почвенного профиля.

Для иллюстрации влияния грунтовых вод с повышенным содержанием соды на свойства почвы приводится таблица 3.

Таблица 3.

Увеличение содержания обменного натрия в почве в % от «S» при орошении водой, содержащей NaHCO_3

Номер	Глубина в см.	В начале опыта 1959 г.	В конце опыта 1962 г.
I.	0—10	2,09	4,00
	10—20	2,48	6,06
II.	0—10	1,55	3,88
	10—20	1,50	3,35

В этом опыте рисовые поля затоплялись водой, содержащей 500 мг./л. соды. Затопление проводилось дважды в течение вегетационного периода, а затем в последующие три года для орошения применялась пресная вода. Содержание солей в орошаемых почвах не увеличивалось в значительной степени, но резко повысилось содержание обменного натрия. Необходимо заметить, что во время опыта грунтовые воды не оказывали влияния на почву.

Из таблицы 3. видно, что влияние оросительной воды, содержащей соду, сказывается на свойства почвы еще и через три года, даже если в эти годы для орошения использовалась пресная вода.

Мелиорацию вторично-засоленных почв Венгрии проводить очень сложно, поэтому необходимо принимать все необходимые меры для предотвращения появления этого процесса при орошении почв. Для этого надо ограничивать площади территорий, орошаемых методом затопления, применять более современные методы, исключающие опасность вторичного засоления почв.

Контроль физических и химических свойств почв, химического состава оросительных вод, а также снижение потери на фильтрацию оросительных и поверхностных вод играют большую роль в предотвращении вторичного засоления почв. Контроль за уровнем грунтовых вод также очень важен для исключения влияния минерализованных грунтовых вод на верхние слои почв.

В практике венгерского орошаемого земледелия установлены определенные критерии химического состава оросительных вод в зависимости от различных почвенных типов, различных свойств почвы, от метода полива, растений и т. д. При анализе оросительных вод необходимо в первую очередь определять содержание соды в них, т. к. даже незначительное содержание соды в оросительной воде может вредно влиять на почвы и растения.

Использование и мелиорация засоленных почв в Венгрии

Исходя из многочисленных разновидностей засоленных почв Венгрии, существенным является выбор правильного метода мелиорации и использования этих почв в соответствии с почвенным типом и его свойствами.

Методы мелиорации и использования засоленных почв являются в Венгрии традиционными, т. к. плотность населения страны довольно высокая, а засоленные почвы занимают значительные территории по сравнению с общей площадью страны. Вот почему вопрос мелиорации и использования засоленных почв Венгрии был поставлен еще столетие тому назад. С точки зрения использования и мелиорации засоленные почвы нашей страны можно разделить на две главные группы. Засоленные почвы, имеющие постоянную связь с щелочными и засоленными грунтовыми водами относятся к первой группе. Мелиорация этих почв невозможна без снижения уровня грунтовых вод и обеспечения хороших условий дренажа. К этой группе относится большая часть солончаков, солончаков-солонцов, относительно меньшая часть солонцов, главным образом корковых. Эффективное использование этих почв в сельскохозяйственном производстве можно обеспечить только, решив вопрос дренажных условий, постоянным контролем за почвами и водами, на основе общей мелиорации больших областей. Проведение этих мероприятий возможно, но требует больших денежных затрат, поэтому к решению этих вопросов необходимо подходить в первую очередь с экономической точки зрения. Более экономичным является, даже в условиях Венгрии, использование этих почв под орошаемые или богарные пастбища, и только во-вторую очередь под производство с. х. культур.

В районе междуречья Дуная и Тиссы на солончаках и солончаках-солонцах распространен метод применения азотных удобрений на фоне

орошения. Как результат этого, галофитная и полугалофитная растительность, например *Ruscicollia limosa* (*Atropis distans*) развивается как ценная кормовая культура. С другой стороны, эти почвы могут быть использованы как естественные пастбища главным образом для выпаса овец.

Для засоленных почв второй группы, к которым относятся главным образом солонцы и солонцеватые почвы только временно связанные с щелочными и засоленными грунтовыми водами, эффективными являются химические методы мелиорации. На содовых солончаках и содовых солонцах всегда эффективно применение гипса как в орошаемых, так и в богарных условиях. Так как Венгрия бедна гипсовым сырьем, для мелиорации почв были предложены другие методы с применением различных отходов промышленности и лигнитовой пыли, содержащих незначительный процент серы и сернистых веществ. Для мелиорации почв требуется большое количество этих веществ.

Первые методы мелиорации венгерских солонцов и частично солончаков-солонцов были разработаны *Самуэлем Тешишедиком* в конце XVIII века. В этот период химические и физико-химические процессы, имеющие место в засоленных почвах, еще не были полностью изучены и естественно не были разработаны соответствующие методы мелиорации, кроме того, большая часть мелиоративных веществ в это время вообще не была известна. *Тешишедиком* был создан новый метод мелиорации засоленных почв — метод «Дигозаш». Он заключается в том, что поверхность засоленных почв покрывается слоем в 5—12 см незасоленных почв или карбонатной подпочвы. Сущность этого метода сводится к разбавлению засоленных почв незасоленными, с другой стороны, применяемый для мелиорации материал всегда содержит небольшое количество гипса, CaCO_3 или других солей кальция, что сказывается на свойства почвы и снижает щелочность. Метод «Дигозаш» применяется и в настоящее время, т. к. он очень эффективен на засоленных почвах Венгрии. Недостаток его состоит в том, что для его осуществления требуются большие дозы мелиоративных веществ. В прошлом добыча и заделка этого материала проводилась вручную, сейчас этот процесс полностью механизирован.

Большая часть венгерских солонцов имеет более-менее мощный горизонт А, часто со слабо-кислой реакцией. На этих почвах известкование является весьма эффективным мероприятием. Для известкования применяется известняк, известковые болотные отложения и дефекационная грязь сахарных заводов. Этот метод также требует высоких доз мелиорирующих веществ, в среднем 30—40 т/га. Необходимо указать, что CaCO_3 оказывает должный эффект только в почвенных горизонтах имеющих рН ниже 7. Такие условия среды существуют только в верхних горизонтах некоторых засоленных почв Венгрии (некоторые солонцы и солоди). Применение этого метода для мелиорации горизонта В и целого профиля возможно только при постоянном и интенсивном естественном выщелачивании почвенного профиля, а также при устранении влияния грунтовых вод на почву.

Методы «Дигозаш» и известкования рекомендовались в Венгрии совместно с использованием органических удобрений, с целью обеспечения растений питательными веществами.

В последние десятилетия в Венгрии разработаны новые простые и дешевые методы мелиорации некоторых засоленных почв страны. Для мелиорации применяются концентрированные химические вещества, влияющие

на уменьшение щелочности почв и в тоже время обеспечивающие растения элементами питания. Для этой цели главным образом используется нитрат кальция. Опыты показали, что на некоторых засоленных почвах (глубокие солонцы, солонцеватые почвы, осолоделые почвы, некоторые средние солонцы и некоторые солончаковые солонцы) 500—800 кг/га нитрата кальция оказали подобный или даже больший эффект по сравнению с традиционными методами известкования. Этот метод можно успешно применять в производстве хлебных злаков, кукурузы, сахарной свеклы, кормовых растений, для улучшения лугов и пастбищ в орошаемых и богарных условиях.

На Венгерской Низменности орошение засоленных почв, без мероприятий другого порядка, редко вызывает выщелачивание солей этих почв из-за их тяжелого механического состава и неблагоприятных условий дренажа. Вот почему в вопросах орошения качество оросительной воды и методы мелиорации необходимо рассматривать в тесной взаимосвязи.

В Венгрии встречаются различные типы засоленных почв с различными свойствами и плодородием, поэтому методы их мелиорации также должны быть различны. Некоторые методы можно применять в других местах в их оригинальной форме, другие с изменением в соответствии с местными природными и экономическими условиями.

Методы мелиорации засоленных почв и результаты применения этих методов, разработанные и примененные в других странах, очень ценны для нас, для улучшения и изучения этих крайне интересных типов почв, которые трудно вовлечь в сельскохозяйственное производство.

Литература

- [1] *Абрахам, Л.*: Влияние рыбных прудов и водохранилищ на засоленные почвы района Хортобадь. *Agrokémia és Talajtan* **6**. 29—42. 1957.
- [2] *Алчер, Е. и Габри, М.*: Орошение в Венгрии в настоящее время и основы его дальнейшего развития. *Vízügyi Közlemények*. **40**. 422—451. 1958.
- [3] *Антипов-Каратаев, И. Н.*: О развитии солонцовых процессов в почвах Каменной степи. Вопросы травопольной системы земледелия. А. Н. СССР. Москва. 1935.
- [4] *Антипов-Каратаев, И. Н.*: Физико-химические процессы солонцеобразования. Почвоведение (6.) 883—907. 1937.
- [5] *Антипов-Каратаев, И. Н.*: Мелиорация солонцов в СССР. А. Н. СССР. Москва, 1953.
- [6] *Антипов-Каратаев, И. Н., Ковда, В. А., Качинский, Н. А., Соболев, С. и Розанов, А.*: Борьба с засолением орошаемых почв. Почвоведение. (2) 133—141. 1948.
- [7] *Арань, Ш.*: Мелиоративный эффект дефекационной грязи, полученной с сахарных заводов. *Kísérletügyi Közlemények*. **29**. 83—114. 1926.
- [8] *Арань, Ш.*: О методах мелиорации засоленных почв, применяемых на практике в районах Большой Венгерской Низменности. *Mezőgazdasági Kutatások* **4**. 11—23. 1931.
- [9] *Арань, Ш.*: Данные к изучению химических свойств почв Венгерской Низменности. III. Условия засоления. *Mezőgazdasági Kutatások*. **5**. 243—270. 1932. **8**. 105—116. 1935.
- [10] *Арань, Ш.*: Засоленные почвы и их мелиорация. *Mezőgazdasági Kiadó*. Будапешт. 1956.
- [11] *Балленеггер, Р.*: Влияние отвода внутренних вод и осушения на процессы засоления почв. *Vízügyi Közlemények*. **13**. (2). 28—37. 1931.
- [12] *Балленеггер, Р.*: Засоленные почвы и их мелиорация. *Egyetemi Nyomda*. Будапешт, 1931.
- [13] *Базилевич, Н. И.*: Принципы мелиорации болот Барабинской Низменности. Почвоведение. (1—2). 1930.
- [14] *Бовер, С. А. и Фирман, М.*: Засоленные и щелочные почвы. *Yearbook of Agriculture U. S. Dept. Agric.* Вашингтон. 282. 1957.

- [15] *Виленский, Д. Г.*: Заседание солонцово́й подкомиссии Международного Съезда Почвоведов в Будапеште. Почвоведение. (1—2) 36. 1930.
- [16] *Виленский, Д. Г.*: Сессия солонцового подкомитета в Будапеште. Почвоведение (1—2). 1930.
- [17] *Гедройц, К. К.*: Осолодение почв. Новая деревня, 1926.
- [18] *Гедройц, К. К.*: Почвенный поглощающий комплекс. Москва. 1927.
- [19] *Гедройц, К. К.*: Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. Носовская оп. ст. 1928.
- [20] *Герей, Л.*: Значение и методы изучения содержания легкопоглощаемого железа и алюминия в венгерских почвенных типах. *Agrokémia és Talajtan*. 5. (2) 171—182. 1956.
- [21] *Герей, Л.*: Роль железа в процессах засоления почв Затисья. Кандидатская диссертация. Будапешт. 1958.
- [22] *Герей, Л.*: Влияние содержания солей в луговых солонцах Затисья на передвижение железа в этих почвах. *Agráregyetem Mezőgazd. Kor. Kiadv. Gödöllő*. 247. 1960.
- [23] *Гильгард, Е.*: Орошение и дренаж засоленных почв. О. М. Г. Е. Патрия. Будапешт. 1894.
- [24] *Дараб, К.*: Влияние некоторых растений севооборота на солевой режим почв Затисайской области. *Agrokémia és Talajtan*. 4. 305—312. 1955.
- [25] *Дараб, К.*: Вторичное засоление орошаемых почв Венгерской низменности. Почвоведение. 7. 57—67. 1955.
- [26] *Дараб, К.*: Крупномасштабное производственное картирование почв орошаемых территорий. МТА. *Agrár. Tud. Oszt. Közleményei*. 11. 53—59. 1957.
- [27] *Дараб, К.*: Вторичное засоление орошаемых луговых почв в Затисском крае. *Agrokémia és Talajtan* 7. 52—64. 1958.
- [28] *Дараб, К.*: Изучение процессов вторичного засоления в некоторых орошаемых районах Затисья. *Acta Agron. Acad. Sci. Hung.* 9. 363—405. 1959.
- [29] *Дараб, К.*: Применение почвенной генетики при орошении Венгерской низменности. *OMMI. Kiadv. ser. I.* (4) 1962.
- [30] *Ди Глерия, Я.*: Происхождение и мелиорация засоленных почв с точки зрения коллоидной химии. *Magyar Szikések. Földműv. Min. Kiadványa*. Будапешт. 1934.
- [31] *Зигмонд, Э.*: Об определении солей на засоленных лугах орошаемых районов Бекешчаба. *Kísérl. Közlem.* 5. (1) 47. 1902.
- [32] *Зигмонд, Э.*: О классификации засоленных почв Венгерской низменности. *Köztelek* 15. 1202—03. 1905.
- [33] *Зигмонд, Э.*: Изучение засоленных почв района Хортобадь и возможности их мелиорации. *Pótfüzetek a Term. Tud. Közl.-höz.* 55. (1—4) 1. 1923.
- [34] *Зигмонд, Э.*: Отечественные засоленные почвы и методы их мелиорации. МТА. *Kiadv.* Будапешт. 1923.
- [35] *Зигмонд, Э.*: Законы засоления с точки зрения мелиорации. *Mezőgazd. Kut.* 2. 272. 1929.
- [36] *Инкеи, Б.*: История почвоведения в Венгрии. *Ármin Fricz* Будапешт. 1927.
- [37] *Ирини, Я.*: Озеро «Коняр». *Athenaeum*. Будапешт. 1839.
- [38] *Каан, К.*: Венгерская низменность. МТА. *kiadv.* Будапешт. 1927.
- [39] *Каан, К.*: Проблемы Венгерской низменности. Леса и воды в проблемах Венгерской низменности. *Stádium*. Будапешт. 1939.
- [40] *Келли, В. П.*: Характерные признаки засоленных почв и методы для их мелиорации. *Mezőgazd. Kut.* 6. 439—458. 1933.
- [41] *Келли, В. П.*: Обмен катионов в почве. *Reinhold*. New York. 1948.
- [42] *Келли, В. П.*: Засоленные почвы. *Reinhold*. New York. 1951.
- [43] *Келли, В. П.* и *Томас, Е. Е.*: Удаление карбоната натрия из почвы. *Tech. Pap.* 1. 1923.
- [44] *Ковда, В. А.*: Солончаки и солонцы. А. Н. СССР. Москва. 1937.
- [45] *Ковда, В. А.*: Вопросы засоления и рассоления почв Каспийской низменности в связи с ее ирригацией. Почвоведение. (5). 3—19. 1941.
- [46] *Ковда, В. А.*: Происхождение и режим засоленных почв. А. Н. СССР. Москва. 1946.
- [47] *Ковда, В. А.*: Процессы современного соленакопления (галогенеза) в почвах и водах Почвоведение. (11) 675—679. 1947.
- [48] *Ковда, В. А.*: Почвы Прикаспийской низменности. Изд. А. Н. СССР. Москва. 1950.
- [49] *Ковда, В. А.* и *Муратова, В.*: Классик венгерского почвоведения. Почвоведение. 3. 1954.

- [50] *Котзмани, Л.*: Влияние повышения степени насыщенности натрием на физические свойства почвы. *Mezőgazd. Kut.* 8. 141—147. 1935.
- [51] *Котзмани, Л.*: К вопросам почвенного орошения. *Magy. Mérnöki és Építész Egyet. Közlönyének havi füzetei.* 12. (38). 4—6. 1938.
- [52] *Лестак, В.*: Влияние орошения на физические свойства почв засоленных территорий. *Agrokémia és Talajtan.* 5. 307—324. 1956.
- [53] *Мадош, Л.*: Изучение орошения и воднохозяйственных свойств почв в районах оросительной системы Тисафюред. *Öntözésügyi. Közlem.* 1. (1). 89. 1939.
- [54] *Мадош, Л.*: Засоленные почвы и их с. х. использование. *Mérnöki Továbbképző Int. Kiad.* Будапешт. 1942.
- [55] *Мадош, Л.*: Процесс засоления и вода. *Hidrol. Közlöny.* 23. 3—20. 1943.
- [56] *Матэ, Ф.*: Проблемы почвенного картирования в Надькуншаге. I. Описание почв Надькуншага. *ОММИ. Kiadv. ser. I.* (3). 1962.
- [57] *Матэ, Ф. и Саболич, И.*: Изменение окислительно-восстановительного потенциала почв в модельных опытах. *Agrokémia és Talajtan.* 4. 297—302. 1955.
- [58] *Муракёзи, К.*: О почве. *Term. Tud. Közlöny.* 33. 593—597. 1902.
- [59] *Орлозский, Н. В.*: Основные приемы окультуривания солонцов в западной Сибири (в неополитивных условиях). *Почвоведение* (3). 1—6. 1955.
- [60] *Преттенхоффер, И.*: О процессах фиксации азота и нитрификации в мелиорированных и исходных в содово-засоленных почвах. *Kísér. Közlem.* 35. (1). 36. 1933.
- [61] *Преттенхоффер, И.*: Мелиорация переходных засоленных почв комплексным методом. *Agrokémia és Talajtan.* 2. 27—40. 1953.
- [62] *Пури, А. Н. и Шамп, А.*: Окислительно-восстановительный потенциал в почве. *Soil Sci.* 46. 324—329. 1938.
- [63] *Репи-Нозсад, Г.*: Жизнь культурных растений на засоленных почвах. *Öntözésügyi Közlem.* 5. (1—2) 45. 1944.
- [64] *Ретли, А.*: Изменило-ли наш климат регулирование наводка. *Vízügyi Közlem.* 18. 134. 1936.
- [65] *Саболич, И.*: Почвы района Хортобадь. *Mezőgazd. Kiadó.* Budapest. 1954.
- [66] *Саболич, И.*: Осолодение (деградация) солонцов Большой Венгерской низменности. *Agrokémia és Talajtan.* 3. 361368. 1954.
- [67] *Саболич, И.*: Засоленные почвы Венгрии. VI. Конгресс Почвоведов в Париже. VI. 20. 603. 1956.
- [68] *Саболич, И.*: Генезис засоленных почв Венгрии и важность их изучения с точки зрения с.-х. использования. Конгресс почвоведов. В. А. Наук. Будапешт. 537—553. 1956.
- [69] *Саболич, И.*: Происхождение засоленных почв Венгрии. *Z. Pflernähr. Düng. Bdk.* 73. 140. 1956.
- [70] *Саболич, И.*: Мелиорация засоленных почв малыми дозами мелиорирующих веществ. *Agrokémia és Talajtan. Supplementum.* 13. 247—254. 1964.
- [71] *Саболич, И.*: Влияние на почвы оросительных вод с высоким содержанием натрия. *Agrokémia és Talajtan. Supplementum.* 13. 237—246. 1964.
- [72] *Саболич, И.*: Динамика серы в засоленных почвах. *Agrochimika* 9. (1). 1965.
- [73] *Саболич, И. и Матэ, Ф.*: К вопросу классификации почв района Хортобадь Венгерской Народной Республики. *Agrokémia és Talajtan.* 4. 31—38. 1955.
- [74] *Саболич, И. и Дараб, К.*: Динамика водорастворимых солей в орошаемых почвах. *Agrokémia és Talajtan.* 4. 251—264. 1955.
- [75] *Саболич, И., Матэ, Ф., Молнар, Ф. и Кох, Л-не*: Изучение процессов засоления почв в модельных опытах. *Agrokémia és Talajtan.* 5. 297—306. 1956.
- [76] *Саболич, И., Ланг, И., Кох, Л-не*: Поглощение кальция растениями на засоленных почвах, обработанных мелиорирующим веществом содержащим Ca^{45} . *Agrokémia és Talajtan.* 6. 195—204. 1957.
- [77] *Саболич, И. и Дараб, К.*: Накопление и динамика кремневой кислоты в орошаемых засоленных почвах. *Acta Agron. Acad. Sci. Hung.* 8. 213—235. 1958.
- [78] *Септаницаи, Ш.*: Успешное ведение хозяйства на засоленных почвах и в засуху. *Földművelésügyi Minisztérium Kiadványa.* 3. 1936.
- [79] *Трейтц, П.*: Засоленные почвы Венгрии. *Természettudományi Közlöny.* 47. 12. 1902.
- [80] *Трейтц, П.*: Природа засоленных и щелочных почв. Будапешт. 1924.
- [81] *Трейтц, П.*: Предварительное сообщение о результатах исследования засоленных почв Венгерской Низменности, в 1926 г. I. *International Congress Soil Sci. Washington.* 4. 589. 1927.

- [82] *Трейту, П.*: Засоленные и щелочные почвы Венгрии. Földművelésügyi Minisztérium Kiadványa. Budapest. 1934.
- [83] *Тешшедик, Ш.*: Об обработке и с.-х. использовании т. н. засоленных («сикеш») почв вдоль р. Тиссы. Patriotisches Wochenblatt für Ungarn. Pest. 4. 7. 1804.
- [84] *Тури, Е.*: Облесение засоленных почв. Agrokémia. 1. (8). 1—11. 1949.
- [85] *Херке, Ш.*: Использование засоленных почв для выращивания риса. Magyar Szikések. Földművelésügyi Minisztérium. Budapest. 1934.
- [86] *Херке, Ш.*: Опыты по использованию содово-засоленных почв осушенных районов. Magyar Szikések. Földműv. Min. Kiadványa. Budapest. 1934.
- [87] *Херке, Ш.*: Мелиорация содово-засоленных почв. Agrokémia. 1. (3) 5—6. 1949.
- [88] *Херке, Ш.*: Почвы содового засоления и их мелиорация. Agrártudomány. 4. (1) 41—46. 1952.
- [89] *Херке, Ш.*: Повышение урожайности лугов и пастбищ на содово-засоленных почвах, района медурия Дуная и Тиссы. Agrártudomány. 5. 329—333. 1953.
- [90] *Шайо, Е. и Труммер, А.*: Засоленные почвы Венгрии. Földművelésügyi Minisztérium. Budapest. 1934.
- [91] *Шерф, Е.*: Геологические и морфологические условия плейстоценовых и голоценовых напластований Венгерской низменности в связи с формированием почв, особенно с образованием засоленных почв. Földtani Intézet Évi Jelentése. 1925—28. 1925—28. Budapest. 1935.
- [92] *Черхати, Ш.*: Почвоведение. О. М. Г. Е. Budapest. 1902.
- [93] *Эчеди, И.*: Сельскохозяйственное производство в районе Хортобадь — «пуста». Сегед. 1938.
- [94] *Эндреди, Е.*: О вопросах происхождения засоленных почв. Kísérletügyi Közlemények. 3. 207—217. 1941.
- [95] Засоленные и щелочные почвы. ЮНЕСКО. Конференция в Буэнос-Айрес. 1963 г.