

## БИОХИМИЯ

А. Ш. Галстян

## Активность дегидрогеназ засоленно-солонцеватых почв

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 8 I 1965)

Исследования ферментативной активности засоленных почв показали, что в солончаках под влиянием щелочности и растворимых солей гидролазы быстро инактивируются, а оксидазы более устойчивы к этим факторам. Здесь сравнительно активны каталаза и дегидрогеназы, действие которых динамично и зависит от характера и степени засоления (1, 2).

В этой работе мы стремились выяснить некоторые особенности действия дегидрогеназ почв в связи с их солонцеватостью. Исследования проводились на засоленно-солонцеватых почвах Араратской равнины. Образцы почв были взяты весной. Активность дегидрогеназ определялась по методике, основанной на восстановлении 2, 3, 5-трифенилтетразолия хлористого (ТТХ) в трифенилформазаны (ТФФ), и выражалась в миллиграммах ТФФ на 10 г почвы за сутки (3-5).

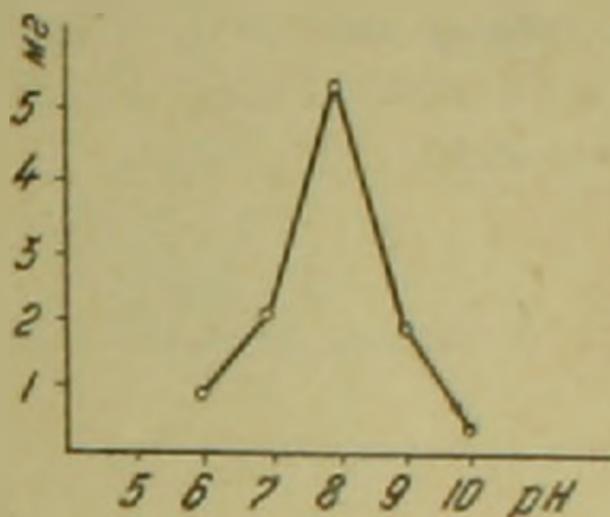
Засоленные почвы Араратской равнины при непосредственном воздействии близко залегающих от поверхности почвы минерализованных грунтовых вод переживают луговую стадию развития. При луговой стадии почвообразования солонцеобразование возможно как путем естественной эволюции луговых почв щелочными натриевыми грунтовыми водами, так и путем вертикальной промывки солончаков паводковыми водами. Так как почти все засоленные почвы содержат соду, то солонцеобразование здесь носит содовый характер (6).

Опыты показали, что биохимические процессы при солонцеобразовании наглядно отражаются в действии дегидрогеназ. В эволюции почвообразования при постепенном переходе болотно-луговой почвы к луговым солончакам наблюдается снижение активности дегидрогеназ (табл. 1). Засоленно-солонцеватые почвы без добавления извне субстратов дегидрирования и коэнзима I (дифосфопиридин-нуклеотида, ДПН) обладают дегидрогеназной активностью. Следовательно, эти почвы содержат некоторые дегидрогеназы и соответствующие им субстраты. При добавлении к почве 0,5 мг коэнзима I отмечается ускорение реакции восстановления соли тетразолия. Последнее свидетель-

Данные полных вытяжек, гумуса и активности дегидрогеназ луговых засоленных почв

Почва, № разреза	Глубина, см	в %/‰ на 100 г сухой почвы мг/экв							рН водной вытяжки	Гумус %	Активность		
		сумма солей	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	общая HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>			Na по вы- числению	без коэф- зиента	коэф- циент I
Болотно-луговая, хлоридно-содово-сульфатно-солянцеватая, 123	0-20	0,855	<u>0,025</u> 0,82	<u>0,197</u> 3,23	<u>0,141</u> 3,98	<u>0,240</u> 4,99	<u>0,005</u> 0,25	<u>0,002</u> 0,17	<u>0,270</u> 11,78	9,1	3,4	2,4	3,9
	20-40	0,847	<u>0,056</u> 1,89	<u>0,253</u> 4,14	<u>0,121</u> 3,41	<u>0,206</u> 4,28	<u>0,010</u> 0,50	<u>0,003</u> 0,25	<u>0,254</u> 11,08	9,6	1,1	1,1	2,1
Сульфатно-содовый со- лоонец-солончак, 121	0-20	1,398	<u>0,244</u> 8,11	<u>0,719</u> 11,79	<u>0,088</u> 2,48	<u>0,178</u> 3,70	<u>0,004</u> 0,20	<u>0,0002</u> 0,02	<u>0,409</u> 17,78	10,1	0,8	1,5	1,9
	20-40	1,922	<u>0,339</u> 11,30	<u>0,938</u> 15,38	<u>0,159</u> 4,48	<u>0,250</u> 5,20	<u>0,003</u> 0,15	<u>0,0007</u> 0,06	<u>0,571</u> 24,87	10,3	0,8	0,9	1,3
	40-60	1,342	<u>0,211</u> 7,05	<u>0,633</u> 10,38	<u>0,150</u> 4,23	<u>0,153</u> 3,18	<u>0,004</u> 0,20	<u>0,0005</u> 0,04	<u>0,401</u> 17,48	9,9	0,7	0,4	0,7
Содовый солоонец-со- лончак, 125	0-20	3,551	<u>0,789</u> 26,30	<u>1,813</u> 29,72	<u>0,240</u> 6,77	<u>0,446</u> 9,28	<u>0,002</u> 0,10	<u>0,001</u> 0,08	<u>1,049</u> 45,42	10,1	0,6	0,3	0,4
	20-40	0,798	<u>0,095</u> 3,16	<u>0,465</u> 7,63	<u>0,053</u> 1,49	<u>0,049</u> 1,02	<u>0,004</u> 0,20	<u>0,002</u> 0,17	<u>0,225</u> 9,65	9,6	0,5	0,4	0,5
	40-60	0,585	<u>0,047</u> 1,56	<u>0,353</u> 5,78	<u>0,039</u> 1,10	<u>0,025</u> 0,52	<u>0,005</u> 0,25	<u>0,001</u> 0,08	<u>0,162</u> 7,07	9,2	0,5	0,2	0,3

ствуется о ферментативном характере восстановления ТТХ самой почвой, без каких-нибудь добавлений извне. В болотно-луговой засоленно-солонцеватой почве активность дегидрогеназ сравнительно высокая, что зависит от значительного содержания органических веществ и активного действия микроорганизмов. Для насыщения дегидрогеназы этой почвы больше нуждаются в коэнзиме I. Потребность в коэнзиме I для дегидрирования собственных субстратов в сульфатно-содовом солонце-солончаке уменьшается, а в содовом солончаке, в связи с высокой щелочностью, почти отсутствует. Последнее указывает на то, что значительное количество органических веществ этих почв глубоко дегидрировано.



Фиг. 1. Влияние pH на активность дегидрогеназ почвы

Обнаружение значительной активности дегидрогеназ в засоленно-солонцеватых почвах обусловлено тем, что оптимум pH этих ферментов находится в щелочном интервале pH 8,0 (фиг. 1), сдвиг которого в зависимости от свойств почв ближе к единице (pH 7,4—8,5).

Дегидрогеназы засоленно-солонцеватых почв имеют различные отношения к субстратам дегидрирования (табл. 2). В солонцеватых почвах сравнительно активна глюкозодегидрогеназа. В зависимости от характера засоления наблюдается также активное действие дегидроге-

Таблица 2

Активность дегидрогеназ луговых засоленных почв

Почва	Без донаторов	Донаторы водорода				
		глюкоза	глицерофосфат	лимонная кислота	глутаминовая кислота	этиловый спирт
Болотно-луговая хлоридно-сульфатно-содово-солонцеватая	2,7	8,2	4,5	3,2	2,8	2,4
Содово-сульфатно-засоленно-солонцеватая	1,7	8,8	2,1	2,2	2,3	2,0
Хлоридно-сульфатный солончак	0,3	0,3	0,2	0,5	0,2	0,2
Сульфатно-содово-хлоридный солончак	0,2	0,5	0,2	1,0	0,6	0,2

наз глицерофосфата, лимонной и глютаминовой кислот. Действие дегидрогеназы этилового спирта или не обнаруживается, или незначительное (\*). В засоленных почвах, где солонцеобразовательный про-

цесс выражен слабо, действие дегидрогеназ подавлено. В корковом солонце-солончаке в связи с сильным солонцеобразованием с поверхности почвы обнаруживается высокая активность дегидрогеназ, которая еще больше повышается в присутствии субстратов (табл. 3). В зависимости от перемещения солонцеобразовательного процесса по профилю почвы соответственно изменяется и активность дегидрогеназ. В глубокостолбчатом солонце-солончаке в нижних слоях почвы обнаруживается сравнительно большая активность дегидрогеназ, чем в верхнем.

Таблица 3

Активность дегидрогеназ засоленных почв в зависимости от степени их солонцеватости

Почва, № разреза	Глубина, см	Поглощенные основания в мг-экв на 100 г почвы				Na в % от емкости	Активность		
		Ca	Mg	Na	сумма		без суб- стратов	глюкоза	глюкоза + кати- оним I
Слабосолонцеватый со- дово-хлоридно-суль- фатный солончак, 126	0—20	22,2	13,0	5,4	40,6	13,3	0,6	1,5	2,1
	20—40	15,0	10,0	3,1	28,1	11,0	0,5	1,0	2,4
	40—60	14,3	5,4	0,9	20,6	4,4	0,3	0,8	1,2
Корковый сульфатно-со- довый солонец-солон- чак, 121	0—20	21,9	5,8	27,5	55,2	49,8	1,7	7,8	10,1
	20—40	17,6	7,7	25,2	50,5	49,9	1,1	6,7	8,4
	40—60	15,7	9,6	18,5	43,8	42,2	0,5	5,4	6,1
Глубокостолбчатый со- дово-сульфатный соло- нец-солончак, 119	0—20	18,3	8,4	7,1	33,8	21,1	1,2	3,6	4,8
	20—40	22,0	6,5	15,0	43,5	34,5	1,0	4,0	4,7
	40—60	15,8	2,7	18,0	36,5	49,2	1,4	5,3	6,2

В засоленно-солонцеватых почвах, мобилизованных дегидрогеназами, водород в анаэробных условиях передается кислородосодержащим соединениям. От дегидрогеназных систем водород в первую очередь акцептирует кислород нитратов, сульфатов, фосфатов и других соединений. Так как эти почвы почти не содержат нитратов и очень много содержат сульфатов, то последние акцептируют водород дегидрогеназных систем и восстанавливаются. Предварительные опыты, проведенные в вакуумных колбах с 5 г почвы и 5 мл 2% раствором глюкозы, показали, что в случае отсутствия акцептора водорода (ТТХ) сульфаты почвы исполняют эту роль. Разница в количестве сульфатов до и после опыта за неделю показывает, что их восстановление в почве осуществляется дегидрогеназными ферментами с участием сульфатредуктазы, активность которой в солонцах выше, чем в хлоридно-сульфатном солончаке (табл. 4).

Восстановление сульфатов засоленно-солонцеватых почв

Почва	Активность дегидрогеназ	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> в мг-экв на 100 г почвы		
		до опыта	после опыта	разница, действие сульфатредуктазы
Болотно-луговая засоленно-солонцеватая	8,2	10,3	9,1	1,2
Сульфатно-содовый солонец-солончак	8,8	11,4	10,0	1,4
Хаоридно-сульфатный солончак	0,5	81,8	81,1	0,7

О необходимости внеклеточных ферментов для восстановления сульфатов впервые высказался А. Г. Франк-Каменецкий. В дальнейшем В. О. Таусон и А. Д. Пельш производили термодинамический анализ десульфатизационных процессов сульфатредуцирующих бактерий и доказали эту необходимость (6). Наши исследования показывают, что катализаторами реакций восстановления сульфатов в почве являются внеклеточные дегидрогеназы, продуцированные живыми организмами почвы. Как известно, работы И. Н. Антипова-Каратаева (5) и других (7-9) показали, что биохимическое восстановление сульфатов в сульфиды в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих и иных бактерий приводит к получению соды, а следовательно, и солонцеобразованию.

Итак, засоленно-солонцеватые почвы в отличие от солончаков обладают высокой дегидрогеназной активностью. Внеклеточные дегидрогеназы почвы характеризуют интенсивность и направленность биохимических процессов при солонцовом типе почвообразования. Они осуществляют восстановление сульфатов, которое является основной реакцией образования соды в почве—биологическим путем, приводящей к солонцеобразованию.

Институт почвоведения и агрохимии  
МСХ Армянской ССР

И. С. ԳՐԿՍՅԱՆ

**Ազոտ-ալկալի հողերի գեոքիմիայի և ակտիվությունը**

Արարատյան հարթավայրի ազոտ-ալկալի հողերը ունեն բարձր գեոքիմիայի ակտիվություն: Այս հողերում հատկապես ակտիվ է գործում գլյուկոզազնիդրազան: Բարձր գեոքիմիային ակտիվությունը այստեղ պայմանավորված է նրանով, որ այդ ֆերմենտների սպտիմում рН գտնվում է հիմնային միջավայրում և նրա տեղադրված կախված հողի ֆիզիկա-քիմիական հատկություններից կազմում է մեկ միավոր (рН 7,5-8,5):

Ազուտ-ալկալի հողերում զեհիդրազների ակտիվությունը կապված է նրանց ալկալիացման աստիճանից: Դեհիդրազները իրագործում են հողում եղած թթվածնակիր անիոնների, նիտրատների, սուլֆատների, կրկաթի օքսիդի և այլնի վերականգնումը համապատասխան բիոլոգիական պրոցեսների ժամանակ: Քանի որ հողում եղած սուլֆատները կարող են իանդիսանալ զեհիդրազների կողմից մորֆիլիզացված հրածնի ակցեպտոր, նշանակում է այդ ֆերմենտների սիստեմում գործում է նաև սուլֆատուկուկտազան:

Դեհիդրազների միջոցով սուլֆատների վերականգնումը սուլֆիդների հողի մեջ բիոքիմիական ճանապարհով սողայի առաջացման իմնական ռեակցիան է, որը տանում է զեդի ալկալիացման պրոցեսը: Այսպիսով ալկալիացման տիպի հողագոյացումը մեծ մասամբ ուղեկցվում է զեհիդրազային բարձր ակտիվությամբ, որը այդ պրոցեսներին մասնակցող բիոքիմիական ռեակցիաների ցայտուն արտահայտությունն է:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ը Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

<sup>1</sup> А. Ш. Галстян, ДАН АрмССР, т. 30, № 1 (1960). <sup>2</sup> А. Ш. Галстян, „Известия АН АрмССР“ (биол. науки), т. 17, № 11 (1964). <sup>3</sup> А. Ш. Галстян, ДАН АрмССР, т. 35, № 4 (1962). <sup>4</sup> А. Ш. Галстян, ДАН СССР, т. 156, № 1 (1964). <sup>5</sup> Г. Ленхард, Z. Pflanzenenergie, Düng. Bodenk. 77, 1957. <sup>6</sup> И. Н. Антипов-Каратаев, Мелнорация солонцов в СССР, М., 1953. <sup>7</sup> А. Р. Вернер и Н. В. Орловский, „Почвоведение“, № 9, 1948. <sup>8</sup> Н. С. Пономарева, „Почвоведение“, № 9, 1962. <sup>9</sup> Л. Витинг и П. Яницкий, The Jour. of soil Science, vol. 11, № 2, 1963.