
ВЛИЯНИЕ ИОННОГО СОСТАВА ППК НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ КОЛЛОИДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПО ГЕНЕЗИСУ ПОЧВ

Т.В. Шнее¹, С.Э. Старых¹,
Т.А. Фёдорова²

¹Кафедра физической и органической химии
РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

²Кафедра ландшафтной архитектуры и дизайна
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

Плодородие почвы зависит в той или иной мере от величины, характера и состава ППК, что в конечном итоге определяет величину получаемого урожая. От состава находящихся в ППК обменных ионов зависят физические, физико-химические свойства почвы, взаимосвязь между почвой и растением, производительность почвы.

Ключевые слова: почвенный поглощающий комплекс, электрокинетический потенциал (ζ -потенциал), почвенный коллоид, коагулирующая сила, обменный ион, емкость поглощения.

Большая роль в поглотительной способности почв отводится почвенным коллоидам. В зависимости от их состояния во многом определяется само плодородие почвы. Важнейшие свойства почвы — водопроницаемость, влагоемкость, набухаемость, структура, рН почвенного раствора и другие — определяются соотношением между адсорбируемыми ППК ионами [1]. Благодаря разнообразию природных условий и особенностям почвообразовательного процесса состав обменных катионов различных почвенных типов неодинаков.

Настоящая работа посвящена изучению величины электрокинетического потенциала (дзета-потенциала) [2] различных по генезису почв как фактора, отражающего влияние состава ионов почвенного раствора на состояние почвенных коллоидов.

Объектами данного исследования были:

1) дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая почва учебного хозяйства «Михайловский», Московская область (опыт И.С. Шатилова — (контроль)) [3];

2) почвы каштановой зоны опытной сельскохозяйственной станции Волгоградской области — светло-каштановая почва, светло-каштановая слабо-солонцеватая почва и солонец автоморфный каштановый.

Некоторые свойства этих почв представлены в табл. 1.

Дерново-подзолистая почва характеризуется низкими значениями рН — 3,70—4,65, вниз по профилю его величина несколько увеличивается, но остается сильно кислой.

Таблица 1

Некоторые коллоидно-химические свойства исследуемых почв

Почва	Горизонт, глубина, см	pH (водный)	Емкость катионного обмена (мг-кв/100 г)	Na, % от ЕКО	$\alpha \cdot 10^4$, См/м	ζ -потенциал, (-) мВ	$T \cdot 10^{10}$, см ² сек / г*	$R \cdot 10^5$ См**
Дерново-подзолистая среднесуглинистая	A _{пах} 0—28	3,70 ± 0,10	14,40	нет	1,8	12,25 ± 0,58	1,17	2,65
	A ₂ /B 28—34	4,13 ± 0,12	10,90	—	2,1	14,15 ± 0,60	1,10	0,99
	B ₁ 34—57	4,65 ± 0,11	12,00	—	2,1	14,97 ± 0,61	0,91	1,20
	B ₂ 57—90	4,25 ± 0,12	13,90	—	1,9	15,00 ± 0,55	0,88	1,32
	C 90 —	3,34 ± 0,11	13,40	—	1,7	13,67 ± 0,56	1,13	1,31
Светло-каштановая	A _{пах} 0—32	7,28 ± 0,12	37,0	нет	2,7	8,40 ± 0,75	22,61	6,21
	B ₁ 33—42	7,36 ± 0,11	25,2	0,8	3,6	17,33 ± 0,83	6,25	2,30
	B/C55—65	8,65 ± 0,12	24,1	1,12	3,9	16,25 ± 0,77	3,56	2,01
Светло-каштановая слабо солонцеватая легко-суглинистая	A _{пах} 0—25	7,38 ± 0,11	28,7	5,2	2,9	18,26 ± 0,85	19,64	6,12
	B ₁ 26—41	7,78 ± 0,11	34,1	6,1	3,9	23,93 ± 0,75	2,15	1,25
	B/C52—62	8,65 ± 0,10	31,9	4,9	4,4	18,45 ± 0,70	2,90	1,94
Солонец автоморфный каштановый, средненатриевый	A ₁ 0—10	8,06 ± 0,06	47,2	22,1	3,7	38,74 ± 1,25	1,82	1,45
	B ₁ 10—27	8,34 ± 0,08	54,1	30,7	4,9	47,81 ± 1,30	0,95	0,82
	B/C 62—	8,72 ± 0,08	42,3	31,1	3,9	46,54 ± 1,15	0,81	0,76

* — T — коэффициент фильтрации; ** — средний радиус пор.

Содержание водородных ионов колеблется в пределах 10^{-4} — 10^{-5} моль/л. Емкость катионного обмена исследуемых почв невелика, вниз по профилю она практически не изменяется. Содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 2,14%, вниз по профилю резко уменьшается — 0,65—0,21%. Минералогический состав дерново-подзолистой почвы по результатам термического анализа представлен большим количеством кварца и полевого шпата. Глинистые минералы выражены слабо, представлены вермикулитом и Al-монтмориллонитом. Это сказывается на содержании коллоидной фракции данных почв, где ППК практически не содержит хорошо набухающих минералов, органические коллоиды, вследствие высокого содержания в почвенном растворе ионов водорода, слабо диссоциируют на ионы, то есть в данных почвах не создается условий для создания повышенного заряда ППК.

В дерново-подзолистых почвах обменными ионами являются ионы водорода и алюминия. По своему коагулирующему действию эти ионы обладают наибольшей коагулирующей силой, то есть они более других ионов способны снижать заряд почвенных коллоидов, что и подтверждается нашими исследованиями. О величине заряда ППК можно судить по величине электрокинетического потенциала почвенной суспензии. Величины дзета-потенциала невелики и практически одного порядка — 12—14 мВ. Удельная электрическая проводимость, по которой можно судить о концентрации почвенного раствора, низкая и практически одинаковая по всему профилю дерново-подзолистой почвы — $1,8$ — $2,1 \cdot 10^{-4}$ См/м.

Величина дзета-потенциала и самого ППК невысока вследствие высокого содержания ионов водорода в почвенном растворе. Ионы водорода в составе ППК дерново-подзолистой почвы занимают места, которые могли бы в иных условиях занимать ионы кальция или магния, обеспечивая почве лучшие физико-химические свойства. Двухвалентные ионы кальция и магния по своим коагулирующим свойствам уступают катиону водорода, и при их незначительном количестве, на что указывает емкость поглощения, не оказывают большого влияния на заряд почвенных коллоидов и всего ППК в целом. Таким образом, дерново-подзолистые почвы, вследствие невысокого заряда ППК, не способны адсорбировать и удерживать ионы из почвенного раствора, тем самым создавая условия для невысоких в агрономическом отношении свойств.

По результатам термического анализа в зоне каштановых почв преобладают хорошо набухающие смешанно-слоистые минералы группы монтмориллонита, причем в засоленных почвах их содержание возрастает, особенно в горизонте B_1 . Минералы группы монтмориллонита представлены магниезальной разностью — сапонитами.

Светло-каштановая почва — зональная почва Волгоградской области, наиболее плодородная. рН верхних горизонтов — нейтральный, вниз по профилю увеличивается и в горизонте В/С становится щелочным. Емкость катионного обмена выше по сравнению с дерново-подзолистой почвой в 2—3 раза. Также выше и значения удельной электрической проводимости, что указывает на повышение концентрации почвенного раствора.

В составе обменных катионов появляются ионы натрия. В верхнем горизонте его практически нет, а горизонте B_1 его содержание составляет 0,8% от ЕКО, в горизонте В/С — 1,12%.

Дзета-потенциал светло-каштановой почвы находится в пределах его критических значений (18—23 мВ): для верхнего пахотного горизонта он даже ниже, чем в дерново-подзолистой почве, и составляет 8,40 мВ. Это можно объяснить более высокой концентрацией почвенного раствора, содержанием и состоянием органических коллоидов и нейтральной реакции среды, где органическое вещество представлено в виде ионов.

В горизонте B_1 величина электрокинетического потенциала достигает 17,33 мВ, вниз по профилю его величина увеличивается, как и рН, так и удельная электрическая проводимость.

Светло-каштановая почва обладает хорошими фильтрационными свойствами. При таких значениях дзета-потенциала коллоиды почвы коагулируют, объединяясь в крупные агрегаты, тем самым создавая хорошую почвенную структуру. Об этом свидетельствуют достаточно высокие значения коэффициента фильтрации и среднего радиуса пор.

Зона каштановых почв находится в регионе, где создаются условия для солонцового процесса — повышенная минерализация грунтовых вод, при значительном содержании солей натрия, выпатной режим и так далее.

Нами исследовалось два типа засоленных почв — светло-каштановая слабо солонцеватая легко-суглинистая и солонец автоморфный каштановый.

Светло-каштановая слабо солонцеватая почва по своим свойствам мало отличается от зональной почвы: рН водной вытяжки верхнего горизонта практически нейтральный вниз по профилю несколько увеличивается. Сумма обменных катионов несколько выше, причем содержание ионов магния практически в 2 раза выше, чем кальция. В составе обменных катионов появляется значительное содержание ионов натрия — 6,1% от ЕКО. Несколько повышается значение удельной электрической проводимости, но она остается в тех же пределах, что и в зональной почве.

Катионный состав почвенного раствора несколько изменяется — кроме двухвалентных катионов кальция и магния появляется одновалентный катион натрия, который обладает меньшей коагулирующей способностью.

Входя в состав обменных ионов почвенного поглощающего комплекса, он менее других обменных ионов понижает величину дзета-потенциала почвенных частиц. Это отражается на свойствах исследуемой почвы. Величина дзета-потенциала повышается, особенно в горизонте B_1 , где она составляет 23,93 мВ, что находится в переходном пределе коагулированных и устойчивых золь почвенных коллоидов.

В верхнем пахотном горизонте коэффициент фильтрации и средний радиус пор остаются практически такими же как и в зональной почве. Значение дзета-потенциала этого горизонта еще не превышает критической величины. В горизонте B_1 , при несколько повышенном значении заряда, коллоиды почвы начинают переходить в более устойчивое состояние, что приводит к разрушению почвенных агрегатов и увеличению степени дисперсности. Это сопровождается уменьшением среднего радиуса пор и ухудшением фильтрационных свойств. Так, средний радиус пор в горизонте B_1 уменьшается практически в 2 раза по сравнению со светло-каштановой почвой. Вследствие этого ухудшаются и фильтрационные свойства почвы — коэффициент фильтрации уменьшается почти в три раза. Такая же зависимость наблюдается и для нижних горизонтов светло-каштановой легко солонцеватой почвы.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать вывод, что состояние почвенных коллоидов существенно влияет на физико-химические свойства почвы. Наиболее заметны эти изменения в солонцовых почвах. рН равновесных растворов солонцов примерно на единицу выше, чем соответствующих горизонтов зональной светло-каштановой почвы. Почти в 2 раза по сравнению с зональной почвой увеличивается емкость катионного обмена и в иллювиальном горизонте составляет 54,1 мг-экв/100 г почвы. В исследуемом солонце отмечается высокое содержание ионов натрия — 22,1—31,1% от ЕКО, поэтому данные почвы можно отнести к многонатриевым. Значение удельной электрической проводимости также увеличивается по сравнению с зональной почвой.

Как известно, увеличение концентрации интермицелярной жидкости приводит к уменьшению дзета-потенциала. Кроме самой концентрации на величину дзета-потенциала оказывает значение состав ионов, входящих в почвенный раствор.

Увеличение щелочности в солонцовой почве обусловлено высоким содержанием содовых солей натрия. Высокое содержание карбонат и бикарбонат-ионов

в почвенном растворе уменьшает содержание ионов кальция и магния (так как карбонаты кальция и магния мало растворимы в воде) и увеличивает долю натрия в составе ППК. Карбонат-ионы адсорбируются твердой поверхностью CaCO_3 (в нашем случае MgCO_3 , как преобладающий ион в составе ППК) в качестве потенциалопределяющих, создают повышенный термодинамический потенциал почвенных частиц. В щелочной среде повышается диссоциация кислотных групп органического вещества, приводящее к повышению ионизации.

Все это приводит к повышению плотности заряда поверхности коллоидных частиц солонца, то есть термодинамического потенциала, а повышенное содержание ионов натрия, имеющих наименьшую коагулирующую силу, приводит к повышению дзета-потенциала.

Величина дзета-потенциала солонцовых почв увеличивается по сравнению с зональной светло-каштановой почвой практически в 2,5—3 раза.

При такой значительной величине дзета-потенциала почвенные коллоиды вследствие электростатического отталкивания находятся в устойчивом состоянии, обладая при этом высокой степенью дисперсности.

С величиной дзета-потенциала связаны также и фильтрационные свойства. При высоком значении электрокинетического потенциала почвенные коллоиды не объединены в агрегаты, создают плотную гомогенную массу, обуславливая малые размеры пор, а отсюда и низкую фильтрационную способность.

При низком значении среднего радиуса пор фильтрационная способность почвы резко понижается, что и видно по результатам исследования. Коэффициент фильтрации солонцов составляет $1,82 \cdot 10^{-10}$ см² сек/г для верхнего горизонта и 0,95, 0,81 для иллювиального горизонта и горизонта В/С. В связи с этим солонцы обладают самым низким плодородием из изучаемых нами почв.

Таким образом, состав и состояние почвенных коллоидов существенно влияют на свойства почвы. Для дерново-подзолистой почвы, где содержится незначительное количество коллоидной фракции и коллоиды находятся в неустойчивом состоянии, а благодаря присутствию ионов водорода и алюминия в почвенном растворе имеют невысокий дзета-потенциал, отмечается незначительная емкость поглощения и слабые адсорбционные способности ППК.

С увеличением количества коллоидной фракции и увеличением заряда почвенных частиц до критической величины в 18—23 мВ улучшаются физико-химические свойства почвы, увеличивается емкость поглощения, способность к адсорбции ППК почвы, улучшаются ее фильтрационные свойства. С дальнейшим увеличением заряда частиц почвенных коллоидов свойства почвы ухудшаются. Даже при одинаковых значениях таких параметров, как количество органического вещества и содержание кальция почвенного раствора, данная почва переходит в разряд малопродуктивных.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Гедройц К.К.* Избр. соч. — Т. 1—3. — М.: Госизд. с.-х. лит., 1955.
- [2] *Шнее Т.В.* Изучение коллоидно-химической природы солонцов и их химическая мелиорация: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. — М., 2002.

- [3] Энергомассообмен в звене полевого севооборота / МСХА. Почв. ин-т им. В.В. Докучаева; А.Г. Замараев, Ю.А. Духанин, Г.В. Чаповская, В.И. Савич, И.С. Шатилов и др. — М.: Агроконсалт, 2004. — Ч. 1. Оптимальные параметры системы почва-растение на дерново-подзолистых почвах с целью получения высоких устойчивых урожаев полевых культур.

THE INFLUENCE OF ION COMPOSITION OF SOIL-ABSORBING COMPLEX ON SOIL COLLOIDS DIFFERENT ON THE GENESIS OF SOILS

T. Shnee¹, S. Starich¹, T. Fedorova²

¹Department of physical and organic chemistry
Russian State Agrarian University — МТАА named after K.A. Timiryazev
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia, 127550

²Department of landscape architecture and design
Russian Peoples' Friendship University
Miklukho-Maklaya str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

Soil fertility depends to some extent on the nature and composition of soil-поглощающего complex, which ultimately determines the value of the resulting harvest. From the composition of the present in the soil-absorbing complex of ion exchange depend on the physical, physico-chemical properties of soil, the relationship between the soil and the plant, the productivity of the soil.

Key words: the soil absorbing complex, electrokinetic potential (ζ -potential), soil colloid, coagulation power, ion exchange, the absorption capacity.

REFERENCES

- [1] *Gedrojc K.K. Izbr. Soch.* — Т. 1—3. — М.: Gosizd. s.-h. lit., 1955.
[2] *Shnee T.V. Izuchenie kolloidno-himicheskoj prirody soloncov i ih himicheskaja melioracija: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk.* — М., 2002.
[3] *Jenergomassoobmen v zvene polevogo sevooborota / MSHA. Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva; A.G. Zamaraev, Ju.A. Duhanin, G.V. Chapovskaja, V.I. Savich, I.S. Shatilov i dr.* — М.: Agrokonsalt, 2004. — Ч. 1. Optimal'nye parametry sistemy pochva-rastenie na demovo-podzolistyh pochvah s cel'ju poluchenija vysokih ustojchivyh urozhaev polevyh kul'tur.