

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

М.Д. Маслова, Т.В. Шнее, С.Л. Белопухов, РГАУ – МСХА, Р.Ф. Байбеков, ВНИИА

Исследованы коллоидно-химические свойства различных почв (дерново-подзолистой, лугово-степного чернозема, светло-каштановой, два типа засоленных почв: солонец автоморфный и светло-каштановая слабосолонцеватая). Показано, что величиной, характеризующей состояние коллоидной части почвы, а также одним из критериев состояния почвенных коллоидов и плодородия почвы в целом может являться величина электрокинетического потенциала.

Ключевые слова: почвы, почвенные коллоиды, коллоидно-химические свойства почв, электрокинетический потенциал, агрономические свойства, термический анализ, термогравиметрия.

Коллоидно-химические свойства почвы важны в современном мире интенсивных агротехнологий, так как усиленное применение химических средств защиты растений, определенные приемы вспашки и посева влияют на изменение показателей коллоидно-химического состава почвы. Изменяя и улучшая коллоидно-химические свойства возможно влиять на почвенное плодородие. Современные физико-химические методы анализа находят все более широкое применение при изучении почв и продукции сельскохозяйственного производства.

В связи с реализацией государственной программы «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы и на период до 2012 года» в работе особое внимание уделено засоленным почвам, которые в России занимают около 33 млн га, в том числе: солончаки – 1,45 млн га, солоды – 1,96, солонцы – 10,4, солонцеватые и солончаковатые почвы – 8,8 и комплексы засоленных почв с зональными почвами – около 9,6 млн га. Для таких почв величина электрокинетического потенциала, как было показано ранее, является мерой солонцеватости и может применяться для расчета дозы мелиоранта [1-3].

Агрономические свойства и плодородие почв в значительной степени зависят от размеров коллоидов (10^{-9} – 10^{-6} м), обладающих высокой удельной поверхностью (до 800 м²/г), от кислотности, щелочности, буферных свойств, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), электрокинетического потенциала (ξ) и ряда других показателей. Природа почвенного плодородия связана с количеством и физико-химическим состоянием почвенных коллоидов, основной характеристикой которых является величина ξ - потенциала.

Солонцовые почвы характеризуются высокой пептизируемостью почвенных коллоидов, низкими значениями водно-физических и других параметров этих почв, зачастую негативно влияют на рост и развитие сельскохозяйственной продукции. Большую роль здесь играет высокий электрокинетический потенциал. Величина электрокинетического потенциала для гидрофобных коллоидных систем, таких как солонцы, характеризует устойчивость данной коллоидной системы. Величина электрокинетического потенциала зависит от величины заряда почвенных коллоидов (термодинамического потенциала), состава обменных катионов, минералогического состава, органической части почв, реакции среды, состава анионов и др. Показатель электрокинетического потенциала нами применен как показатель степени солонцеватости при мониторинге засоленных почв. Величина электрокинетического потенциала связывает экологическую безопасность окружающей среды и плодородие почв, например, при проведении мелиоративных работ. Основным средством химиче-

ской мелиорации солонцовых почв являются отходы производства фосфорной кислоты, получаемой экстракционным способом – фосфогипс. Из-за наличия в фосфогипсе токсичных примесей, представляющих экологическую опасность, приходится ограничивать предельные дозы разового внесения мелиоранта в солонцовую почву, которые составляют – 10 т/га на европейской территории России, 20 т/га в Западной Сибири. Однако, рассчитанные по агрохимическим показателям дозы внесения мелиоранта, значительно превосходят эти лимиты, достигая 80 т/га.

Расчет дозы мелиоранта по порогу коагуляции с учетом величины дзета-потенциала оказывается более точным по сравнению с традиционным. Помимо экономической выгоды, точный расчет доз создает благоприятную экологическую обстановку в регионах с засоленными почвами. Для качественного фазового анализа минералов и природных механических смесей, а также определения их количественных соотношений использовали термографию. Для характеристики состава образцов почвы применяли также метод ИК-спектроскопии, в том числе и в ближней инфракрасной области.

Электрокинетический потенциал измеряли методом электрофореза на приборе ПАН в модификации С.Н. Булычева. В нем имеется ротационная камера с постоянным перемешиванием почвенных частиц, а почвенный материал находится во взвешенном состоянии, что позволяет сохранять кинетическую устойчивость суспензии. Суспензия в результате электрофореза перемещается в измерительную кювету. Величину электрокинетического потенциала (ξ , мВ) рассчитывают по формуле

$$\xi = 7 \cdot 10^{-7} dW / \chi M,$$

где dW – увеличение массы измерительной кюветы, г;

χ – удельная электропроводность, См/м;

I – сила тока, А;

M – масса твердого тела в 1 мл суспензии, г/см³.

Многие свойства почв в значительной степени определяются минералогическим составом, поэтому было проведено его исследование дифференциальным термическим и термогравиметрическими методами.

Использовали метод дифференциально-термического анализа (ДТА), основанный на учете тепловых изменений вещества при нагревании или охлаждении, обусловленных химической структурой и составом данного вещества. Исследовали всю минеральную часть почв без разделения ее на фракции.

Результаты и их обсуждение. По данным термического анализа, дерново-подзолистая почва, лугово-степной чернозем и светло-каштановая почва различаются как по составу, входящих в них минералов, так и по их количеству. В составе дерново-подзолистой почвы много кварца (эндозффект при температуре 580°C) и вермикулита, о чем свидетельствуют несколько эндозффектов низко- и высокотемпературной областей (эндозффекты 850° и 950°C). Глинистые минералы представлены Al-монтмориллонитом, содержание их незначительное.

В зоне каштановых почв преобладают хорошо набухающие смешанослойные минералы группы монтмориллонита, причем в засоленных почвах их содержание возрастает, особенно в горизонте В₁. Минералы группы монтмориллонита представлены магнезиальной разновидностью – сапонитами.

В черноземных почвах отмечается большое содержание сильно набухающих трехслойных глинистых минералов монтмориллонитовой группы и двухслойных минералов группы каолинита. В состав ППК входит кальций, минеральная часть почв представлена карбонатами кальция и магния.

Как известно, в дерново-подзолистых почвах обменными ионами являются ионы водорода и алюминия, которые, подкисляя почву, увеличивают концентрацию катионов водорода до 10^{-4} (моль/л). По своему коагулирующему действию эти ионы более других способны снижать заряд почвенных коллоидов, что и подтверждают наши исследования. О величине заряда ППК можно судить по величине ζ - потенциала почвенной суспензии. Величины ζ - 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 образца ($1,8-2,1 \cdot 10^{-4}$ См/м).

При незначительном содержании ионов кальция и магния, на что указывает ЕКО, не создается высокого заряда почвенных коллоидов и всего ППК в целом. Поэтому, дерново-подзолистые почвы, вследствие невысокого заряда ППК, не способны адсорбировать и удерживать ионы из почвенного раствора.

Светло-каштановая почва более плодородная. Тем не менее, в нижних горизонтах в составе обменных катионов появляются ионы натрия. Дзета-потенциал светло-каштановой почвы находится в пределах критических значений по А.И. Курбатову (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. В горизонте В₁ величина электрокинетического потенциала достигает 17,3 мВ, вниз по профилю он увеличивается, как рН и удельная электрическая проводимость.

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

Исследовали два типа засоленных почв – светло-каштановую слабосолонцеватую легкосуглинистую и солонец автоморфный каштановый. Катионный состав почвенного раствора несколько изменяется – кроме катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} появляется одновалентный катион натрия, который обладает меньшей коагулирующей способностью. Входя в состав обменных ионов почвенного поглощающего комплекса, он менее других обменных ионов понижает величину ζ - потенциала почвенных частиц. Это отражается на свойствах исследуемой почвы. Величина потенциала повышается, особенно в горизонте В₁, где она составляет 23,9 мВ, что находится в переходном пределе коагулированных и устойчивых золь почвенных коллоидов.

Значение ζ - потенциала этого горизонта еще не превышает критической величины. В горизонте В₁ 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 В₁ уменьшается практически в 2 раза по сравнению со светло-каштановой почвой. Вследствие этого ухудшаются и фильтрационные свойства почвы – коэффициент фильтрации уменьшается почти в 3 раза. Такая же зависимость наблюдается и для нижних горизонтов светло-каштановой слабосолонцеватой почвы.

Состояние почвенных коллоидов существенно влияет на физико-химические свойства почвы. Наиболее заметны эти изменения в солонцовых почвах. рН равновесных растворов

солонцов на единицу выше, чем для соответствующих горизонтов зональной светло-каштановой почвы.

Величина ζ - потенциала солонцовых почв увеличивается по сравнению с зональной светло-каштановой почвой в 2,5-3 раза. При такой значительной величине дзета-потенциала почвенные коллоиды вследствие электростатического отталкивания находятся в устойчивом состоянии (состоянии золь), обладая при этом высокой степенью дисперсности и придавая почве низкие водно-физические свойства.

Лугово-степной чернозем характеризуется хорошими агрономическими свойствами. В составе обменных катионов чернозема преобладают двухвалентные ионы кальция (в горизонте В₁ содержание кальция составляет 33,3 мг-экв/100 г, магния – 4,48 мг-экв/100 г), которые обладают большей коагулирующей способностью. Величина дзета-потенциала черноземных почв не превышает критической величины, почвенные частицы объединены в крупные агрегаты, средний радиус пор достигает $2,01-6,21 \cdot 10^{-5}$ см, а фильтрационная способность, особенно верхнего горизонта, – $42,6 \cdot 10^{-10}$ (см²·сек)/г. Все это в итоге сказывается на плодородии данных 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 ζ - потенциал, отмечаются незначительная емкость поглощения и слабые адсорбционные способности ППК.

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

Выводы. 1. По данным минералогического анализа, зональные почвы – дерново-подзолистая, светло-каштановая и лугово-степной чернозем – различаются как по составу, входящих в них минералов, так и по их количеству. В дерново-подзолистых почвах преобладают первичные минералы; в зоне каштановых почв – хорошо набухающие смешанослойные минералы группы монтмориллонита-гидрослюд, в черноземах содержание вторичных минералов наибольшее, представленное группами монтмориллонита и каолинита.

2. На основании исследования коллоидно-химических свойств почв разных регионов страны можно отметить корреляционную зависимость их свойств от содержания, состава и состояния коллоидной фракции этих почв.

3. Состояние коллоидной части почвы может характеризовать величина электрокинетического потенциала. В дерново-среднеподзолистой почве величина электрокинетического потенциала не превышает 12 мВ. В зоне каштановых почв она увеличивается до своего критического значения, а в засоленных почвах достигает наибольшей величины – 47,81 мВ, в зоне черноземных почв – находится на нижней границе критической величины. По величине электрокинетического потенциала можно судить о содержании обменных катионов ППК почвы: при низких значениях ξ -потенциала – многовалентные ионы или ион водорода, при высоких – одновалентные.

4. Величина электрокинетического потенциала может служить одним из критериев состояния почвенных коллоидов и плодородия почвы в целом.

Литература

1. Шнее Т.В., Кончиц В.А., Шевченко А.А., Белопухов С.Л. Исследование коллоидно-химических свойств зональных и солонцовых почв Омской области// Бутлеровские сообщения, 2010, Т.21. №7.-С.74-77.

2. Мамонтов В.Г., Кузелев М.М., Шевченко А.А., Кончиц В.А. Характеристика фракций гуминовых кислот обыкновенных черноземов по данным термического анализа // Плодородие.- 2010.- №2.- С.36-37.
3. Шнее Т.В., Белопухов С.Л. Применение электрокинетического потенциала при изучении коллоидно-химической природы засоленных почв Армении// Известия Государственного Аграрного университета Армении.- 2010.- №4.- С.10-13.

PHYSICOCHEMICAL STUDY OF THE COLLOID-CHEMICAL PROPERTIES OF SOLONETZIC SOILS

M.D.Maslova, T.V. Schnee¹, S.L. Belopuhov¹, R.F. Baibekov²

¹Russian State Agrarian University–Moscow Agricultural Academy, ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia

E-mail: belopuhov@mail.ru

²Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agricultural Chemistry, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

The colloid-chemical properties of different soils (soddy-podzolic soil, meadow-steppe chernozem, light-chestnut soil, and two saline soils: automorphic solonetz and weakly solonetzic light-chestnut soil) have been examined. It has been shown that electrokinetic potential can be used as a value characterizing the state of soil colloid component and a criterion of the state of soil colloids and soil fertility.

Keywords: soils, soil colloids, colloid-chemical properties of soil, Zeta potential, agronomic properties, thermal analysis, thermogravimetry.