

Гукалов В.В., Савич В.И.

Оценка свойств, процессов и режимов кислотно-основного состояния дерново-подзолистых почв

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

УДК 631.41

Оценка свойств, процессов и режимов кислотно-основного состояния
дерново-подзолистых почв

Гукалов В.В.¹, Савич В.И.²

¹Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко

²РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Аннотация

В работе предлагается оценка кислотно-основного состояния почв с учетом взаимосвязей свойств, протекающих процессов и режимов. Показана информативность оценки фракционного состава кислотно-основных систем, кинетики протекающих процессов, суспензионного эффекта, буферной емкости в разных интервалах рН, депонирующей способности почв к ионам, определяющим их кислотно-основное состояние.

Предлагается оценка оптимальных показателей кислотно-основного состояния почв с использованием принципов обратной связи: введение элементов в суспензию почв – анализ ответной реакции растений, развивающихся на этой суспензии, по параметрам фотосинтеза – поиск экстремума.

Показано, что изменение кислотности почв в значительной степени обусловлено процессами комплексообразования, эффектами протонирования и гидратообразования комплексов органических лигандов и поливалентных катионов. Показана целесообразность использования водорастворимых органических веществ разлагающихся растительных остатков для повышения растворимости CaCO_3 и целенаправленного изменения констант обмена H^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} из ППК на ион Ca^{2+} .

Показано, что усиление дернового процесса почвообразования приводит к подтягиванию в Ap почв Ca, Mg, K и переходу их из необменного состояния в обменное, что позволяет увеличить сроки между повторными турами известкования дерново-подзолистых почв.

Ключевые слова: КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВ, СВОЙСТВА, ПРОЦЕССЫ, РЕЖИМЫ ПОЧВ

Введение

Повышенная кислотность дерново-подзолистых почв в значительной степени снижает биопродуктивность угодий, урожай с/х культур, является фактором, обуславливающим ряд последовательных реакций, приводящих к деградации почв и к ухудшению экологического состояния компонентов биосферы. Однако взаимосвязи кислотного состояния почв и их окислительно-восстановительного состояния, с трансформацией свойств почв изучены недостаточно. К сожалению, в настоящее время при оценке кислотного состояния почв не учитывают взаимосвязи свойств, процессов и режимов почв, что снижает эффективность известкования почв.

В проводимых исследованиях не учитывается кинетика процессов, определяющих кислотное состояние почв, депонирующая способность почв к кислотным компонентам, влияние рН на взаимосвязи свойств почв.

Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы Московской области разной степени окультуренности, развитые на покровных суглинках [1].

Методика исследования состояла в оценке агрохимических и физико-химических свойств почв рекомендуемыми методами [2], в компостировании почв различное время при избытке воды и определении в почвах фракционного состава кислотных систем, буферной емкости, суспензионного эффекта, депонирующей способности почв, кинетики процессов, содержания в почвах положительно и отрицательно заряженных соединений методом химической автографии на основе электролиза, анализа инфракрасных спектров почв [1,3-5].

Экспериментальная часть

1. Кислотно-основное состояние дерново-подзолистых почв

В проведенных исследованиях доказывается, что кислотное состояние почв наиболее полно характеризуется взаимосвязями их свойств, процессов и режимов. При этом свойства почв характеризуются фракционным составом кислотных систем почв, кинетикой протекающих процессов, депонирующей способностью почв,

определяющей их кислотно-основное состояние, суспензионным эффектом почв в кислотно-основном интервале, буферной емкостью почв в кислотно-основном интервале [1,6].

По полученным данным, фракционный состав кислотно-основных систем почв целесообразно характеризовать количеством титранта, необходимого для изменения рН в разных интервалах рН и количеством титранта, необходимого для нейтрализации функциональных групп ППК с разной величиной pK_a . Так, для изучения дерново-подзолистых среднесуглинистых почв для нейтрализации функциональных групп с $pK_a = 2,5$ необходимо 0,4 мг-экв/100 г почв, для оттитровки с $pK_a = 4,0-4,8$ мг-экв, для оттитровки с $pK_a = 7,1$ требуется 3,2 мгш-экв/100 г почв [1, 7].

Кислотно-основное состояние почв характеризуется определенной скоростью протекающих реакций, что оценивается уравнениями внешнедиффузионной, внутридиффузионной и химической кинетики разных порядков [6]. Так, при взаимодействии пахотного горизонта дерново-подзолистых почв с водой в течение 5 минут и 5 суток величина рН изменилась с 6,9 до 7,0, E_h – от 327 до 239 мВ по ХСЭ, содержание водорастворимого калия – от 11,1 до 23.№ мг/л.

Содержание ионов в почвенном растворе и рН среды характеризуются эффективными произведениями растворимости имеющихся осадков, эффективными константами ионного обмена и эффективными константами нестойкости имеющихся в почве комплексов. Это интенсивные параметры, которые не полностью характеризуют содержание подвижных форм ионов в твердой фазе почв [1, 6]. Общее содержание подвижных и водорастворимых форм ионов в твердой фазе почв характеризуется депонирующей способностью почв [1, 6]. По полученным данным, депонирующая способность почв к K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ была выше в черноземе, по сравнению с дерново-подзолистой почвой, и выше для почв более тяжелого гранулометрического состава.

Величина рН почв и почвенных растворов отличается от рН фильтрата. Для кислых почв она в растворе ниже, чем в фильтрате. Это идентифицируется, как суспензионный эффект почв [1]. По полученным данным, величина суспензионного эффекта по рН характеризует генезис и плодородие почв. Важное практическое значение имеет буферная емкость почв в кислотно-основном интервале – способность почв противостоять изменению рН при добавлении к почве кислоты или щелочи. Эта величина отличается не

только для разных почв, но и для отдельных горизонтов почвенного профиля. Так, по полученным данным, ΔpH при добавлении к почве 1 мл 0,1н NaOH составляло для горизонта Ап - $1,9 \pm 0,1$, а для горизонта А₂В – $1,6 \pm 0,1$; при добавлении 1 мл 0,1н HCl соответственно $2,4 \pm 0,1$ и $2,9 \pm 0,5$.

2. Процессы, определяющие кислотно-основное состояние дерново-подзолистых почв

Агроэкологическая характеристика почв определяется не только кислотно-основными свойствами, но и протекающими процессами: изменением рН в прикорневой зоне растений, при внесении в почву удобрений и мелиорантов, изменением кислотно-основных свойств почв во времени и в зависимости от погодных условий. Так, при увеличении продолжительности избыточного увлажнения почв изменяется не только Eh, но и рН, и содержание водорастворимых форм NO₃. Это иллюстрируют данные таблицы 1.

Таблица 1. Влияние анаэробных условий на свойства дерново-подзолистых почв

Окультуренность	Eh, мв по ХСЭ		рН		NO ₃ , м/л · 10 ⁻³	
	1 н *	15 н	1 н	15 н	1 н	15 н
OK ₁	233	166	7,3	8,2	5,6	0,4
OK ₃	229	12	5,3	7,3	5,6	0,6

Примечания: 1 и 15 недель компостирования при избыточной влажности

При внесении удобрений в почву подвижность в ней биофильных элементов закономерно изменяется при волновом распространении реакции от центра внесения удобрения. Так, при внесении в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву NH₄NO₃ содержание К мг/л в 6 см от зоны внесения составляло $28,1 \pm 4,5$ мг/л (П:Н₂O = 1:2), а в 12 см – $12,2 \pm 1,9$; содержание Fe соответственно $44,4 \pm 17,8$ мг/л и $4,9 \pm 1,9$ мг/л.

При наличии в почвах водорастворимых органических веществ при изменении рН при кислых реакциях среды протекают процессы протонирования образовавшихся комплексов, а при щелочной реакции – процессы гидратообразования поливалентных катионов, входящих в состав комплексов [8-11].

3. Режимы, определяющие кислотно-основное состояние дерново-подзолистых почв

Гукалов В.В., Савич В.И.

Оценка свойств, процессов и режимов кислотно-основного состояния дерново-подзолистых почв

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Кислотно-основные режимы в почвах определяются изменением кислотно-основных свойств и процессов во времени и в пространстве. Эти изменения отличаются для отдельных типов и более мелких таксономических единиц почв, для почв плато, склонов, выположенных по рельефу участков. При избыточном увлажнении почв и промывном типе водного режима происходит подкисление почв, при непромывном типе водного режима - подщелачивание дерново-подзолистых почв. Так, по полученным данным, при компостировании почв в условиях оптимальной влажности содержание водорастворимого железа составляло 1,6 мг/л, при компостировании почв затем в условиях избыточного увлажнения содержание водорастворимого железа составляло 74,4 мг/л, а после последующего компостирования в условиях оптимальной влажности снова уменьшилось до 19,1 мг/л. При этом при чередовании режимов увлажнения и иссушения, изменения температуры наблюдается гистерезис изменения физико-химических и агрохимических свойств почв [10]. Степень разомкнутости петли гистерезиса соответствовала степени неравновесности состояния почв.

Режимы кислотно-основного состояния почв характеризуют и протекание почвообразовательных процессов: оглеения, оподзоливания, дернового процесса. По полученным нами данным, для оптимизации плодородия почв необходимо регулирование не только свойств почв, но и скорости и интенсивности протекания почвенных процессов и режимов.

4. Оценка оптимальных параметров кислотно-основного состояния почв

В проведенных исследованиях показана перспективность оценки оптимальных свойств почв с использованием принципов обратной связи [12]. В нижеследующей таблице приведены данные о влиянии на параметры фотосинтеза внесения в суспензию кислотой дерново-подзолистой почвы Са (ОН)₂.

Как видно из представленных данных (таблица 2.), при добавлении в суспензию почв Са (ОН)₂ содержание СО₂ в межклетниках и устьичное сопротивление уменьшились, интенсивность фотосинтеза и транспирация возросли.

5. Пути оптимизации кислотно-основного состояния дерново-подзолистых почв

Важное агроэкологическое значение имеет разработка новых способов оптимизации кислотно-основного состояния почв.

Гукалов В.В., Савич В.И.

Оценка свойств, процессов и режимов кислотно-основного состояния дерново-подзолистых почв

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

По полученным нами данным, это может быть достигнуто внесением в почву органических лигандов, образующих комплексы с Ca из CaCO_3 и Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al из ППК. По полученным ранее данным (Савич В.И.), положительное влияние на развитие растений на кислых почвах оказывала и внекорневая подкормка их Ca-ДТПА.

Таблица 2 Влияние внесения в почву $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на фотосинтез растений, развивающихся на дерново-подзолистой почве

Вариант	Содержание CO_2 , ppm	Устьичное сопротивление, сек/ом	Интенсивность фотосинтеза, ммоль/ m^2 в сек	Транспирация, ммоль/ m^2 в сек
контроль	382,4	54,9	0,9	0,2
+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$	308,8	40,1	1,6	0,3

Развитие подзолообразования, временного избыточного увлажнения приводят подкислению почв. Развитие дернового процесса почвообразования способствует нейтрализации почв. Проведенные нами расчеты показали, что при правильном севообороте, грамотной обработке и при оптимальной системе удобрений на дерново-подзолистых почвах при отрицательном балансе по K, Ca, Mg величина pH стабилизируется.

Усиление интенсивности развития дернового процесса обусловлено подтягиванием корневой системой трав Ca, Mg, K из нижних горизонтов в Ap, усилением биохимического выветривания в Ap и переходом Ca, Mg, K из необменного в обменное состояние [1, 2, 9].

Заключение

Проведенными исследованиями показано, что для более полной агроэкологической оценки почв необходима совместная характеристика окислительно-восстановительного и кислотно-основного состояния почв с учетом их свойств, процессов и режимов. Предлагаются методики оценки фракционного состава кислотно-основных систем почв, кинетики протекающих процессов, депонирующей способности почв к кислотно-основным компонентам, буферной емкости почв к H^+ , OH^- компонентам. Установлены отличия рассматриваемых параметров для дерново-подзолистых почв разной степени увлажнения и гидроморфизма.

Гукалов В.В., Савич В.И.

Оценка свойств, процессов и режимов кислотно-основного состояния дерново-подзолистых почв

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Доказана необходимость оценки взаимосвязей рН, Eh и подвижности биофильных элементов в почвах $\Delta U/\Delta pH, \Delta Eh$ для более полной агроэкологической характеристики почв.

Предлагается информационная оценка кислотно-основного состояния почв. Так, в дерново-подзолистой почве через 1 и 15 недель компостирования при избыточной влажности величина Eh составляла 233 и 166 мВ по ХСЭ, рН – 7,3 и 8,2, содержание NO_3 мг/л $\cdot 10^{-3}$ – 5,6 и 0,4.

Предлагается энергетическая оценка кислотно-основного состояния почв с учетом положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений ионов в почвах, содержания в испарениях из почв положительно и отрицательно заряженных аэроионов, по содержанию оксидантов и антиоксидантов в почвенных растворах, с использованием метода газоразрядной визуализации. Так, в черноземе содержание антиоксидантов (мкг/г в пересчете на кварцетин) составляло $5,2 \pm 1,0$, а в дерново-подзолистой почве – $2,1 \pm 1,3$.

Доказывается необходимость агроэкологической оценки кислотно-основного состояния почв с учетом не только свойств почв, но и протекающих кислотно-основных процессов и режимов. Так, по полученным данным, развитие восстановительных условий и оглеения увеличило отношение водорастворимых Fe/Мп в дерново-подзолистой почве от 0,002 до 0,01; pNO_3 – 2,3 до 2,5; в черноземе pNO_3 – от 1,7 до 2,9.

При изменении в сезонной динамике влажности и температуры почв проявлялся гистерезис. Так, в дерново-подзолистой почве коэффициент корреляции $Eh = f(W)$ составлял – 0,39; а при запаздывании на 10 дней – 0,43; коэффициент корреляции $Eh = f(t^0)$ составлял -0,37; а при запаздывании на 10 дней -0,52.

Доказывается проявление при влиянии кислотно-основного состояния почв на отдельные показатели плодородия почв эффектов синергизма и антагонизма, изменяющихся в разных интервалах рН и Eh. Так, в дерново-подзолистых почвах при увеличении рН от 4,5 до 6,0 содержание подвижных фосфатов возрастало, а при рН = 7-8, в связи с образованием $Ca_3(PO_4)_2$ – падало.

Предлагается для оценки оптимальных, с агрономической точки зрения, показателей кислотно-основного состояния почв использование систем обратной связи и, в частности, введение элементов в суспензию почв (изменение рН, Eh суспензии) – анализ ответной реакции растений, развивающихся на этой суспензии, по параметрам

фотосинтеза. Так, при внесении в суспензию дерново-подзолистой почвы CaCO_3 интенсивность фотосинтеза развивающихся на суспензии растений возросла от 0,9 до 1,6 ммоль/м² в сек, устьичное сопротивление уменьшилось от 54,9 до 40,1 сек/Ом.

Показана целесообразность создания и применения для повышения урожая с/х культур оптимизации кислотно-основного состояния почв комплексных соединений биофильных элементов с органическими лигандами разлагающихся растительных остатков.

Список литературы

1. Гукалов В.В., Савич В.И. Интегральная оценка кислотно-основного состояния почв таежно-лесной и лесостепной зон, М., ООО «Плодородие», 2019, 408 с.
2. Гукалов В.В., Конах М.Д. Влияние дернового процесса на кислотно-основное состояние почв, в сб. «Экология России на пути к инновациям», Астрахань, АГУ, 2018, С. 7-11
3. Вопросы известкования почв, под ред. Шильникова И.А., Акановой Н.И., М., Агроконсалт, 2002, 292 с.
4. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв, С-Пб., 2005, 252 с.
5. Шильников И.А., Сычев В.Г., Аканова Н.И., Федотова Л.С. Известкование, как фактор урожайности и почвенного плодородия, М., ВНИИА, 2008, 340 с.
6. Савич В.И., Сычев В.Г., Балабко П.Н., Гукалов В.В. Энергетическая оценка систем земледелия, Международный с/х ж-л, 2015, №5, С. 12-14
7. Гукалов В.В., Савич В.И., Тазин И.И., Бакланова А.А. Оценка оптимального кислотно-основного состояния в системе почва-растение по параметрам фотосинтеза растений, Плодородие, 2019, №1(106), С. 35-37
8. Белопухов С.Л., Гукалов В.В., Седых В.А. Влияние органо-минеральных компостов на свойства, процессы, режимы системы почва-растение, Вестник Казанского технолог. ун-та, 2016, т. 19, №11, С. 178-181
9. Гукалов В.В. Комплексообразование, как фактор оптимизации кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния почв, Плодородие, 2020, №1, С. 37-40
10. Савич В.И., Торшин С.П., Белопухов С.Л., Гукалов В.В. Агроэкологическая оценка органо-минеральных и комплексных соединений почв, РГАУ-МСХА, Иркутск, Мегап rint, 2017, 228 с.
11. Савич В.И., Белопухов С.Л., Гукалов В.В., Подволоцкая Г.Б. Влияние эффектов протонирования и гидратообразования на вытеснение марганца за счет

Гукалов В.В., Савич В.И.

Оценка свойств, процессов и режимов кислотно-основного состояния дерново-подзолистых почв

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

комплексобразования на дерново-подзолистых почвах, Бутлеровские сообщения, 2017, т. 52, №12, с. 46-51

12. Savich V.I., Borisov B.A., Gucalov V.V. Assessment of optimum soil features and plant compounds deficiency using the methods based on feedback principles, International Agricultural Journal, 2018, №2, p. 30-42

Цитирование:

Гукалов В.В., Савич В.И. Оценка свойств, процессов и режимов кислотно-основного состояния дерново-подзолистых почв [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2021/1/st_110.pdf.

DOI: <https://doi.org/10.51419/20211110>.