

ВЛИЯНИЕ ДЕРЕВЬЕВ НА ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД ПОЧВЫ The influence of trees on soil organic carbon

У. Е. Турбина, студент

Н. Л. Лопаева, кандидат биологических наук, доцент

Уральский государственный аграрный университет

(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Рецензент: О. В. Горелик, профессор, доктор сельскохозяйственных наук

Аннотация

Уровень органического углерода почвы (SOC) колеблется в разных типах лесных насаждений: это изменение может быть связано с различиями в породах деревьев и переменными, связанными с почвой, климатом и топографическими особенностями. В настоящем обзоре оценивается уровень SOC в различных типах лесных насаждений, чтобы определить факторы, ответственные за наблюдаемое изменение. В смешанных насаждениях наибольшее количество SOC, в то время как в хвойных (как лиственно-хвойных, так и вечнозеленохвойных) насаждениях концентрация SOC выше, чем в лиственных (широколиственных) и вечнозеленых (широколиственных) насаждениях. Наблюдалась значительная отрицательная корреляция между SOC и среднегодовой температурой (MAT) и составом песка во всех типах лесных насаждений. Напротив, доля ила имеет положительную корреляцию с SOC во всех типах древостоев. Различия в SOC под разными типами лесных насаждений в разных ландшафтах могут быть обусловлены различиями в подстилке, а также песчаной и илистой фракции почвы в зависимости от типа лесов.

Ключевые слова: экология, почва, углерод, хвойные, вечнозелёные, листопадные.

Summary

The level of soil organic carbon (SOC) varies in different types of forest plantations: this change may be due to differences in tree species and variables related to soil, climate, and topographical features. This review evaluates the SOC level in various types of forest stands to determine the factors responsible for the observed change. Mixed plantings have the largest amount of SOC, while coniferous (both deciduous-coniferous and evergreen) plantings have a higher concentration of SOC than deciduous (broad-leaved) and evergreen (broad-leaved) plantings. There was a significant negative correlation between SOC and average annual temperature (MAT) and sand composition in all types of forest stands. On the contrary, the proportion of silt has a positive correlation with SOC in all types of stands. Differences in SOC under different types of forest stands in different landscapes may be due to differences in litter, as well as sandy and silty soil fractions depending on the type of forests.

Keywords: ecology, soil, carbon, coniferous, evergreen, deciduous.

Целью данной работы было изучить влияние деревьев на органический углерод почвы, для этого был проведен обзор литературы, были рассмотрены исследования, опубликованные до января 2020 года. Использовались ключевые слова «SOC в разных древостоях» и «влияние деревьев на SOC». В многочисленных исследованиях сообщалось о SOC из разных типов лесов; однако о конкретных породах деревьев и уровне SOC в лесах сообщается меньше. Поэтому также была собрана литература по «разложению подстилки», в которой сообщалось о характеристиках почвы. В многочисленных исследованиях SOC был представ-

лен в виде С-хранилища. Это трудно перевести в SOC, не зная значения насыпной плотности и веса частиц почвы ≥ 2 мм, поэтому эти исследования не были включены.

Введение

Органический углерод почвы (SOC) является важным компонентом оценки качества окружающей среды. Атмосферный CO₂ переносится в долговременные запасы, такие как органическое вещество почвы (SOM), что снижает концентрацию CO₂ в атмосфере. SOC жизненно важен для плодородия почвы, роста растений и производства. Общее количество углерода (С), накопленного в почве во всем мире, оценивается в 1500 Пг С, при этом в почве содержится больше углерода, чем в атмосфере (800 Пг С) и растительности (500 Пг С) вместе взятых. Небольшое изменение концентраций SOC может существенно повлиять на глобальный углеродный цикл.

Климат, почвенный покров, текстура почвы и порядок почвы - все это влияет на хранение SOC: в энтисолях и аридизолях накапливается небольшое количество SOC, тогда как в гистозолях естественным образом накапливается большое количество. Когда CaCO₃ присутствует в почве, обычно при pH 6,5 или выше, образуется почвенный неорганический углерод (SIC). Гистозоли, андозоли, сподозоли, оксизоли и ультизоли не содержат SIC, но аридозоли могут накапливать большое количество SIC. В среднем, в инкептитозолах накапливается наименьшее количество общего С (SOC и SIC), а в гистозолях накапливается наибольшее количество общего С (в основном SOC). Глобальные концентрации SOC варьируются от низких до высоких в почвах засушливых и умеренных регионов, соответственно, и чрезвычайно высоки в органических или торфяных почвах [1, 3].

Структура растительного сообщества также может влиять на размер пула SOC, изменяя как микросреду, так и характеристики почвы. Во всем мире лесная почва является гораздо более важным поглотителем углерода, чем живая лесная биомасса, с концентрациями в два-четыре раза выше в верхних 30 см и в три-шесть раз выше в верхних 50 см. Во всем мире леса занимают 4,03 млрд. га, что составляет примерно 30% поверхности Земли: из общего запаса углерода в лесных биомах 37% приходится на леса низких широт, 14% – на средние широты и 49% - на высокие широты. Большая часть общего SOC встречается в почвах тундровых, предтундровых и таежных регионов. Леса с различными породами деревьев различаются по качеству подстилки и корневому экссудату, что приводит к различиям в свойствах почвы, что может повлиять на микробное сообщество почвы. Динамика SOC также различается из-за различий в местных типах растительности.

Исследование влияния древесных пород на SOC имеет решающее значение для смягчения воздействия парниковых газов. Породы деревьев являются одним из нескольких факторов, влияющих на поступление и выход углерода и азота (N) в почву. Сравнительные исследования пород деревьев, выращенных в разных условиях, полезны для определения их влияния, а влияние видов деревьев зависит от различий в почвенных условиях, таких как исходный материал или землепользование [2].

Смешивание видов деревьев акации на эвкалиптовых плантациях на песчаных и бедных питательными веществами почвах привело к увеличению содержания С и N в почве через семь лет в Республике Конго. О подобных наблюдениях за смешанными лесными насаждениями, в которых регистрируется больше SOC, чем в чистых насаждениях, также сообщили Яо и другие. В то время как лиственные леса с большими запасами углерода в лесной подстилке накапливают меньше углерода в почве, а в почвах под смешанными еловыми лесами в центральной Западной Европе обнаружено больше углерода. Таким образом, тип растительности является наиболее важной переменной, определяющей пространственную струк-

туру SOC. Деревья могут влиять на свойства почвы под ними, при этом ряд видов влияет на такие факторы, как pH, уровни C и N, а также состав микробного сообщества [1].

В этом обзоре автор стремился определить, является ли вариабельность пород деревьев единственным фактором, регулирующим количество SOC, или же задействованы другие переменные. Для анализа было выбрано влияние среднегодовой температуры (MAT), среднегодового количества осадков (MAP), возраста деревьев, высоты над уровнем моря, pH почвы и относительного состава песка, ила и глины, поскольку о них обычно сообщалось в литературе.

Методология

Наиболее широко описываемой процедурой оценки SOC является метод мокрого сбраживания по методу Уолкли-Блэка, в котором используется тепло от реакции серной кислоты для окисления SOC горячей хромовой кислотой. В недавних исследованиях для оценки SOC используется CHN-элементный анализатор. Во многих исследованиях для уровней SOC, определенных методом Уолкли-Блэка, применялся коэффициент пересчета 1,2; однако в настоящем обзоре коэффициент пересчета не применялся, поскольку песчаные почвы с хвойными породами показали на 6% более высокую степень извлечения, чем широколиственные виды на почвах с более тяжелой текстурой. Для каждой лаборатории и типа почвы они рекомендовали определить конкретные коэффициенты извлечения, чтобы стандартизировать результаты. Исследования, в которых сообщалось только о SOM, были преобразованы в SOC путем деления на 1,72, поскольку SOM содержит 58% SOC. В большинстве исследований уровни SOC были указаны в г кг⁻¹, которые были переведены в проценты путем деления на коэффициент 10 [4, 5].

Состав песка, ила и глины определяли либо методом микропипетки, методом сита, либо методом ареометра. Были выбраны исследования, в которых измерялся pH почвы с использованием соотношения почвы и воды 1: 1 или 1: 2,5, поскольку во многих исследованиях также сообщалось о pH как о соотношении почвы и KCl. Глубина отбора проб почвы была переменной; однако наиболее распространенная глубина составляла 0-20 см, поэтому настоящий обзор был ограничен отчетами с этой глубины. Во всех выбранных исследованиях отбор проб почвы производился путем удаления органического слоя перед отбором проб. Было зарегистрировано до 60 видов деревьев. Среди хвойных деревьев количество лиственных хвойных было намного меньше по сравнению с вечнозелеными хвойными; поэтому они были сгруппированы как хвойные деревья. Широколиственно-лиственные и широколиственно-вечнозеленые деревья были просто классифицированы как лиственные и вечнозеленые деревья. В целом деревья были разделены на четыре категории: хвойные, лиственные, вечнозеленые и смешанные типы [6].

Данные были суммированы по среднему, максимальному, минимальному и стандартному отклонению.

Результаты

SOC был обнаружен в очень высоких концентрациях под определенными древостоями. Результаты показывают, что из восьми лучших древостоев, в которых был зафиксирован самый высокий уровень SOC, три были из смешанных хвойных древостоев: один из смешанных лиственных деревьев, один из смешанных хвойных и лиственных древостоев. Средний SOC смешанных древостоев был выше, чем общий средний показатель для всех деревьев (3,70%). Эти результаты показывают, что смешанные древостои являются обычным явлением и могут хранить наибольшее количество SOC. Уровни SOC чаще всего регистрировались в лиственных древостоях, причем 35 концентраций были зарегистрированы в разных местах, за которыми следовали 34 записи в хвойных древостоях. Уровни SOC в смешанных древо-

стоях были зарегистрированы в 27 разных местах, и только в 14 вечнозеленых древостоях были зарегистрированы уровни SOC. Смешанные древостои могут накапливать самые высокие концентрации SOC. В хвойных древостоях зафиксировано большее количество SOC, чем в лиственных, в то время как в вечнозеленых древостоях зафиксирован самый низкий уровень SOC; однако это также может быть связано с меньшим количеством наблюдений. Хвойные породы обычно накапливают более высокие концентрации SOC в слое лесной подстилки, чем лиственные породы. Запасы C в почве в лесной подстилке, как правило, больше под хвойными породами, чем под широколиственными. Поскольку иглам хвойных деревьев требуется больше времени для разложения, последующее накопление подстилки может привести к большему количеству SOC, кроме того, хвойные деревья обычно встречаются в более холодных регионах, способствуя замедленной скорости разложения. Нарушения, вызванные деятельностью человека, приводящей к эрозии почвы, также являются важным фактором снижения SOC, который может быть относительно ниже в холодных регионах по сравнению с более теплыми регионами. Другой фактор можно отнести к малому количеству осадков, проходящих через густой и низкий полог в хвойных лесах, что предотвращало потерю питательных веществ из органических горизонтов почвы. Сочетание различных пород деревьев может оказывать глубокое влияние на коэффициенты накопления углерода и распределение SOC в почвенном профиле, и по сравнению с моноспецифическими насаждениями создание смешанных лесов способствует поглощению углерода в почве. В смешанных древостоях норвежской ели и европейского бука ель норвежская способствовала накоплению SOC в лесной подстилке, тогда как включение C в самую верхнюю минеральную почву способствовало корневному обмену европейского бука. Таким образом, преобразование моноспецифических плантаций в смешанные насаждения способствует накоплению и стабилизации SOM в минеральных слоях и, следовательно, долгосрочному хранению C. Смешанный тип древостоев обеспечивает различный состав вводимой подстилки, регулируя рост и выживание различных типов почвенных макро- и микроорганизмов.

Тип почвы

Было обнаружено, что основным типом почвы является Камбизол, а также различные подкатегории, за которыми следует Оксисол. Камбизолы обладают рядом важных характеристик, которые позволяют им встречаться в самых разных средах: они содержат атмосферостойкие минералы в илистых и песчаных фракциях, обладают хорошей влагоудерживающей способностью и имеют нейтральную или слабокислую реакцию почвы, что способствует химическому плодородию и активной почвенной фауне. Окисления происходят в жарких и влажных условиях тропических регионов, где горизонт В обогащен железом, оксидами алюминия и каолинитом.

Выводы

Этот обзор демонстрирует, что различия в породах деревьев являются важным фактором, влияющим на количество SOC: смешанные лесные насаждения, хранят больше SOC, чем простые чистые лесные насаждения. Процессы, связанные с отдельными деревьями, такие как распускание стволов и накопление подстилки, могут оказывать значительное влияние на химические свойства почвы, а также на химические компоненты состава подстилки. Хвойные древостои обладают большей емкостью хранения SOC, чем лиственные древостои. Общая переменная, которая регулирует или снижает уровень SOC, не может быть установлена для различных категорий лесных насаждений, за исключением песчаной фракции. Однако было обнаружено, что доля ила и подстилки имеют положительную и обратную зависимость соответственно во всех лесных насаждениях, а также в категории смешанных лесных насаж-

дений. Как подчеркивается Майером и др., необходимы дальнейшие исследования, чтобы разделить влияние видов и участков. Объединение сети общих садовых экспериментов в больших пространственных масштабах могло бы определить, где и как определенные породы деревьев могут быть полезны для поглощения С в почве, а также в каких формах и слоях почвы. Важными факторами, влияющими на пространственные различия концентрации SOC в различных лесных насаждениях, являются матовые, песчаные и илистые фракции почвы.

Библиографический список

1. *Али А., Аираф М.И., Гульзар С., Акмаль М., Ахмад Б.* Оценка запасов углерода в почве в лесах провинции Хайбер-Пахтунхва, Пакистан. *J Forest Res.* 2019.
2. *Вальков В. Ф.* Плодородие почв: экологические, социальные и почвенногенетические особенности / В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2017. С. 299.
3. *Вильямс В. Р.* Почвоведение. Избранные сочинения. М.: Юрайт, 2020. С. 334.
4. *Иванова Т. Г.* География почв с основами почвоведения / Т. Г. Иванова, И. С. Синицын. М.: Юрайт, 2019. С. 228.
5. *Курбанов С. А.* Почвоведение с основами геологии. М.: Лань, 2020. С. 288.
6. *Лопаева Н. Л. и др.* Экологические аспекты урбанизированных территорий // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение развития животноводства и биотехнологий. 2020. С. 111-113.