

УДК 631.423.4:631.46

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕТИКИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ РАЗЛАГАЕМОЙ ЧАСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

С. КУЖЕЛ*, Л. КОЛАРЖ*, П. ШТИНДЛ*, Р.Ф. БАЙБЕКОВ, Н.Ф. ГАНЖАРА

(Кафедра почвоведения)

Предложен новый метод определения константы скорости биохимического окисления разлагаемой части почвенного органического вещества, определяемого как фракция углерода, экстрагируемая горячей водой, т. е. «активный углерод» (C_{hws}). Метод основан на вакуумном измерении биохимического расхода кислорода при использовании системы управления Oxi Top Control компании WTW Merck. Данные констант скорости сравнивали с соотношением $BOD_5 : COD$ (БРК₅ : ХРК), которое в химическом анализе воды является мерой разлагаемости органического вещества.

На основании работ [6-9, 11, 12] сделаны выводы о различии инертной и разлагаемой активной части почвенного органического вещества, характеризующейся содержанием активного органического углерода, т. е. фракции углерода, экстрагируемого горячей водой C_{hws} . Для более подробной оценки почвенного органического вещества в этой фракции мы использовали реакцию кинетику его биохимического окисления. Скорость биохимического окисления органического вещества как реакция первого порядка пропорциональна остаточной концентрации до сих пор неокисленных веществ.

$$\frac{dy}{dt} = K(L - y) = KL_2,$$

где L — полный биохимический расход кислорода (БРК), biochemical oxygen demand (BOD); y — БРК в момент времени, t ; K — константа скорости.

Интеграцией от 0 до t возможно получить $L_2 = Le^{-Kt}$, где L_2 — остаточное БРК; и при переводе на десятичный логарифм возможно писать для БРК во времени t : $y = L(1-10^{-kt})$, k — константа скорости [24 ч⁻¹]. Ее значение является мерой стабильности почвенного органического вещества фракции C_{hws} . Метод применяется для оценки лабильности (неустойчивости) органических веществ в химическом анализе воды.

Для определения полного биохимического расхода кислорода и БРК во времени не используют классические разбавляющие методы окисления. Очень удобен вакуумный метод Oxi Top Control германской фирмы WTW Merck, в котором использованы бутылки, оснащенные пьезоэлектрическим датчиком с инфракрасным управлением, регистрирующим изменение давления. С помощью этого датчика ведется коммуникация с контролером ОС 100 и полученные данные обрабатывают на компьютере с помощью программы АСНАТ ОС.

* Южночешский университет в Чешских Будейовицах, сельскохозяйственный факультет.

Подробное описание методики работы с этим устройством приведено в справочнике БРК на компактном диске фирмы WTW Metck и в единственной германской методической инструкции DEV 46. Версия 2000—Н 55.

Лабильность почвенного органического вещества во фракции C_{hws} коррелирует удивительно точно с лабильностью органического вещества целого почвенного образца, видимо, потому, что все последующие фракции почвенного органического вещества являются более стабильными, более устойчивыми к разложению, чем те, которые входят во фракцию C_{hws} . Для грубой оценки можно провести измерения в 5%-й почвенной взвеси в водопроводной воде, без добавления питательных элементов. Однако нейтрализация взвеси при $pH = 6$ и добавка ингибитора нитрификации необходимы.

Данные констант скорости можно сравнить с соотношением БРК : ХРК (химическое расхождение кислорода или Chemical oxygen demand — COD), которое в химическом анализе воды является мерой разлагаемости органического вещества.

Нами было выявлено, что вычисление констант скоростей из отдельных средних величин для коротких промежутков времени (1 день) слишком усложняет процесс. Мы определили, что реальный ход биохимического окисления почвенного органического вещества из категории C_{hws} точно соответствует теории и это реакция 1-го порядка. Ее скорость зависит от остаточной концентрации до сих пор не окисленных органических веществ. Поэтому для определения суммарного биохимического расхода кислорода (L) использовали БРК₂₀ (за 20-дневный период с начала опыта). Это соответствует принципам гидрохимического анализа, где БРК₂₀ считается практически равным БРК_{суммарный}. Для расчета величины L_2 использовали интервал между БРК₂₀ и БРК₅ — 15 дней.

Константа скорости — k может достигать разных значений в зависимости от исследуемого органического вещества.

При исследовании органического вещества стабилизированных фекальных вод k находится в интервале 0,1-0,19 день⁻¹, чистого глюкоза $k = 0,87$ день⁻¹, пептона 0,74 день⁻¹. В категории C_{hws} находим в отдельных почвенных образцах данные констант скорости в интервале 0,15-0,55 день⁻¹. Более высокие значения характерны для почв органически удобряемых и почв, где выращивают бобовые. Более низкие величины встречаются на почвах органически не удобряемых; при применении больших доз минеральных удобрений, особенно после внесения извести; в почвах легкого механического состава и в хорошо аэрированных почвах.

Чувствительность этого метода высокая, по данным k можно отличить часть пастбища, где идет выпас, от той, где животных ещё на пастбище не выпустили. Зафиксированно незначительно сниженное содержание органических веществ, но скорость их биохимического окисления всегда выше. Мы объясняем это тем, что, с одной стороны, выпас способствует уменьшению глубины корней и таким образом снижению количества корневых выделений, а с другой — животные уплотняют поверхность пастбища, в результате чего окисление органических веществ в почве происходит медленно и доля хорошо разлагаемого почвенного органического вещества увеличивается (таблица).

Органическое вещество почвы, которое не входит во фракцию C_{hws} , имеет в условиях этого метода, наоборот, необыкновенно низкую скорость окисления. У свободных и связанных гумусовых веществ константа скорости окисления равна нулю. Поэтому возможно со сравнительно малой ошибкой без изоляции почвенного органического вещества C_{hws} определение k

Характеристика органического вещества почвы и кинетика окисления его разлагаемой части

Место отбора образца	C _{org} , %	C _{hws} , mg/1000g	БРК _{суммарный}	БРК ₅	ХПК	k, 24 ч ⁻¹	БРК ₅ : ХПК
			mg O ₂ /1000g				
Koryto	1,72	530	594±57	243±22	51520	0,338±0,027	4,72 · 10 ⁻³
Kříst'anov	2,5	1060	1195±14	194±23	85400	0,238±0,028	2,27 · 10 ⁻³
Skříněřov	3,26	850	810±80	211±21	85770	0,270±0,027	2,46 · 10 ⁻³
Hosin	1,65	200	220±16	101±8	32160	0,370±0,030	3,14 · 10 ⁻³
Lišov	1,49	400	380±34	194±18	44600	0,410±0,037	4,35 · 10 ⁻³
Libin	1,28	460	465±56	293±35	30300	0,540±0,065	7,65 · 10 ⁻³

проводить прямо в естественных образцах почвы. Необходимо использовать просев через сито с диаметром около 1 мм и параллельно определять содержание сухого вещества. Такой упрощенный метод возможно использовать только для производственного контроля, в научных целях необходима изоляция фракции C_{hws}.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почв и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. — 2. *Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А.* Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв. М.: Агроконсалт, 1997. — 3. *Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф.,*

Кауричев И.С. и др. Концепция оптимизации органического вещества почв в агроландшафтах. М.: Изд-во МСХА, 1993. — 4. *Kolar L., Klimes F., Ledvina R., Kuzel S.* // Plant Soil Environ., 49, 2003 (1): 8—11. — 5. *Kolar L., Gregel J., Sindelarova M., Kuzel S.* // Rostl.Vyr., 48 (9): 377-381. — 6. *Korschens M.* // Acker-Pfl. Boden., 1980. 24: 585-592. — 7. *Korschens M., Schulz E., Bohm R.* // Zbl. Mikrobiol., Jena, 1990.145:305- 311.— 8. *Kubat J., Novakova J., Mikanova O., Apfelthaler R.* // Rostlinna vyroba, 1999. 45: 389-395. — 9. *Kubat J., Vesely L.* // Rostl. Vyr., 1986. 32: 643-648. — 10. *Kubat J., Vrzakova E.* // Rostl. Vyr., 1984. 30, 1145-1149. — 11. *Schulz E.* // Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch Wiss Berlin, 1990. 295: 269-275. — 12. *Schulz E.* // Arch. Acker-Pfl.Boden., 1997. 41: 465-483.

SUMMARY

A new method was proposed that complements the value of active carbon in the soil expressed as hot-water soluble carbon C_{hws}. The method is based on vacuum measurements of biochemical oxygen demand (BOD) of soil suspensions using an Oxi Top Control system manufactured by the WTW Merck Company that is designed for hydrochemical analyses of organically contaminated waters. Measurements will provide BOD values for particular days of incubation; total limit BOD_t can be determined from these values, and it is possible to calculate the rate constant k of mineralization of a decomposable part of soil organic matter. It is typical of soil organic matter (SOM) of a given soil sample and comparable with the BOD₅: COD (chemical oxygen demand) ratio that is used to evaluate degradability of water organic contamination in hydrochemical analysis.