

УДК 631.417.2

**МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫЙ СОСТАВ ФУЛЬВОКИСЛОТ
ГОРОДСКИХ ПОЧВ**

В.Г. МАМОНТОВ, А.И. ФИЛАТОВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Методом гель-хроматографии на сефадексе G-50 изучен молекулярно-массовый (ММ) состав фульвокислот, выделенных по методу Пономаревой из почв различных ценозов Северного административного округа г. Москвы. Установлено, что фульвокислоты (ФК) зональной дерново-подзолистой почвы Лесной опытной дачи состоят из трех фракций, среди которых абсолютно преобладает фракция с ММ 14000 а.е.м. и относительным содержанием – 86%. На долю фракций с ММ ≥ 23440 и 8910 а.е.м. приходится 5 и 9% соответственно. Примерная средневесовая ММ фульвокислот составила 14540 а.е.м.

ФК урбаноземов характеризуются более высокой дисперсностью и состоят из 4 или 5 фракций. В их составе возрастает относительное содержание фракции с ММ ≥ 23440 , на долю которой в некоторых почвах приходится 15–24% и, кроме того, появляются новые фракции с ММ < 14000 и < 7000 а.е.м., отсутствующие в составе ФК дерново-подзолистой почвы. В большинстве случаев примерная средневесовая ММ ФК урбаноземов превышает примерную средневесовую ММ ФК дерново-подзолистой почвы и находится в пределах 14670–17170 а.е.м. Различия в ММ составе ФК зональной почвы и урбаноземов могут быть следствием изменения условий гумусообразования в городских почвах или же поступления в них органических веществ искусственным путем.

Ключевые слова: городские почвы, урбанозем, фульвокислоты, фракция, молекулярная масса.

Изучению почвенного покрова городских территорий в последнее время уделяется все больше внимания, и постепенно эти исследования выделяются в самостоятельный раздел почвоведения. Уже получен значительный объем информации о некоторых физико-химических и агрохимических свойствах городских почв, загрязнении их тяжелыми металлами и полициклическими ароматическими углеводородами [1, 4, 6, 9, 16]. В меньшей мере изучены особенности органического вещества городских почв [2, 8], причем данные об особенностях гумусовых кислот в литературе практически отсутствуют несмотря на то, что от состава и свойств гуминовых и фульвокислот и их соотношения во многом зависит характер органонопрофиля почв и режим его функционирования.

Обязательной и специфической частью системы гумусовых веществ являются фульвокислоты (ФК), преобладающие в составе гумуса подзолистых, дерново-подзолистых, светло-серых лесных и некоторых других почв. В отличие от гуминовых кислот они изучены в меньшей степени. В частности, сведения о молекулярных массах (ММ) фульвокислот немногочисленны и нередко противоречивы.

По данным [5], фульвокислоты почв разных типов состоят из 5–6 фракций с молекулярными массами 170–330, 350–480, 720–955, 1030–1950, 2040–7180 и 11250–12300 а.е.м.

По мнению Д.С. Орлова и др. [11], фульвокислоты всех типов почв представлены одной или двумя фракциями, молекулярные массы которых лежат в пределах 4000–6000 а.е.м. и 10000–15000 а.е.м. При этом, как подчеркивают авторы, среднечисловые ММ фульвокислот не могут быть ниже 350–450, и, следовательно, нельзя признать достоверными величины ММ ФК порядка 250–300, поскольку такие низкие ММ скорее всего являются следствием плохой очистки препаратов ФК от неспецифических органических соединений.

В то же время приводятся данные о том, что ФК чернозема типичного и аллювиально-луговой почвы, полученные по методу Форсита, в котором предусмотрена их очистка от неспецифических органических соединений, представлены одной фракцией с ММ 9700 и 6700 а.е.м. При фракционировании ФК не подвергнутых очистке по методу Форсита было установлено, что они содержат 2 фракции: 10600–15200 и 4800–6100 а.е.м. [15].

Методика исследований

Объектами наших исследований служили почвы искусственных ценозов в пределах Северного административного округа г. Москвы: Петровского парка, сквера на 2-й Песчаной улице, газонов вдоль Тимирязевской улицы, междомовой территории по Тимирязевской улице и Коптевского бульвара. Контролем служила почва Лесной опытной дачи. ЛОД — 220 га смешанного леса, произрастающего в северной части г. Москвы. Сформировавшаяся там дерново-подзолистая почва является зональной почвой для южной части таежно-лесной зоны.

ФК экстрагировали из смешанных образцов 0,1 н. раствором NaOH после предварительного декальцинирования почвы. Полученный щелочной экстракт подкисляли 0,5 н. раствором HCl. После осаждения гуминовых кислот отделяли надосадочный раствор и выделяли из него ФК по методике В.В. Пономаревой [12].

Следует отметить, что данная методика, несмотря на ее относительную простоту, практически не используется при изучении состава и свойств гумусовых кислот. Однако еще в свое время такой признанный авторитет в области органического вещества почв, как Д.С. Орлов [10], отмечал, что она может быть весьма перспективна в биохимических исследованиях. Поэтому мы предприняли попытку использовать метод Пономаревой для изучения молекулярно-массового состава ФК городских почв.

Фракционирование ФК проводили с использованием сефадекса G-50. Концентрация фульвокислот наносимых на колонку составила 10 мг/мл, растворителем и элюентом служила дистиллированная вода, отбор проб проводили через 2 мл, оптическую плотность измеряли на КФК — 2 при длине волны 315 нм. Свободный объем определяли с помощью голубого декстрана, молекулярные массы рассчитывали по эмпирической формуле [7].

Результаты исследований

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ФК городских почв являются полидисперсными соединениями и имеют сложный молекулярно-массовый состав. Судя по гель-хроматограммам, в составе ФК городских почв имеется от 3 до

5 фракций, различающихся содержанием и величиной молекулярных масс. Высокомолекулярные фракции, выходящие со свободным объемом, не всегда разрешаются отчетливыми пиками и содержатся в незначительном количестве. То же касается и низкомолекулярных фракций. Основная масса ФК располагается в средней области гель-хроматограмм (рис. 1).

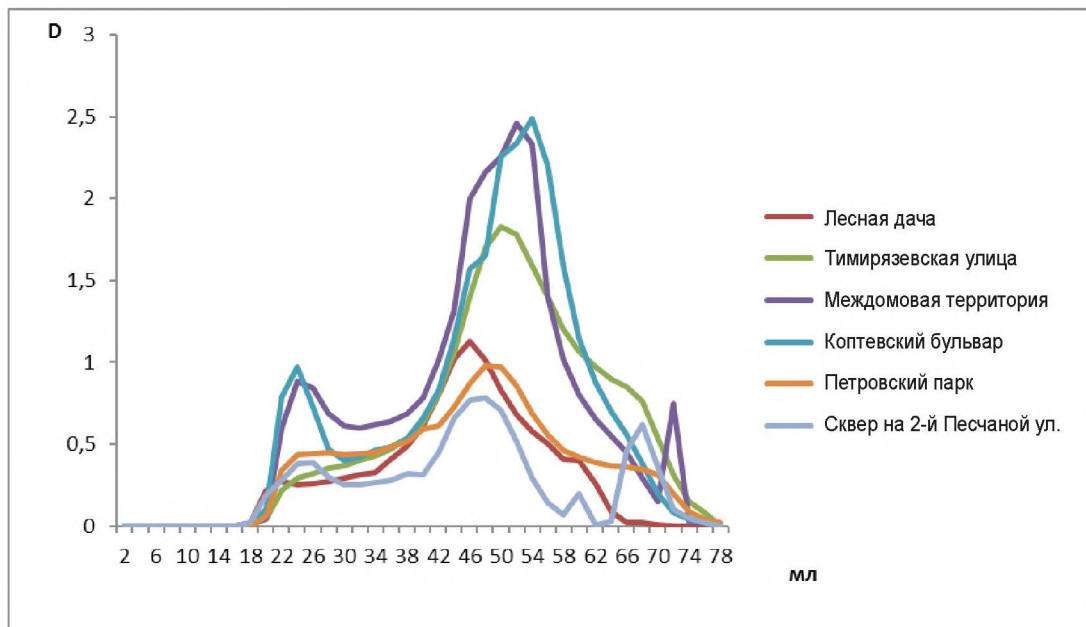


Рис. 1. Гель-хроматограммы фульвокислот городских почв

Молекулярные массы фракций ФК и их относительное содержание приведены в таблице 1.

ФК дерново-подзолистой почвы состоят из трех фракций, среди которых абсолютно преобладает фракция с молекулярной массой 14000 а.е.м. и относительным содержанием 86%. Фракции с $MM \geq 23440$ и 8910 а.е.м. содержатся в незначительном количестве, не более 10%. В соответствии с этим примерная средневесовая ММ ФК составила 14540 а.е.м.

Таким образом, фульвокислоты дерново-подзолистой почвы городского лесного ценоза, испытывающей сравнительно незначительную антропогенную нагрузку, имеют не очень высокую степень дисперсности. Представлены они в основном среднемoleкулярной фракцией (14000 а.е.м.), на долю которой приходится более 80% от массы ФК.

Фульвокислоты урбаноземов отличаются от ФК дерново-подзолистой почвы как молекулярными массами отдельных фракций, так и степенью дисперсности.

Молекулярно-массовый состав фульвокислот урбанозема газона Тимирязевской улицы очень похож на таковой ФК дерново-подзолистой почвы Лесной опытной дачи. Они имеют такую же степень дисперсности, в их составе абсолютно преобладает вторая фракция с ММ 12300 а.е.м. и относительным содержанием 79,1%. На

Молекулярно-массовый состав фульвокислот городских почв

№	Объект	№ фракции	Молекулярная масса фракции, а. е. м.	Относительное содержание, %	Примерная средне-весовая молекулярная масса а. е. м.
1	Лесная опытная дача	1	≥23440	5,2	14540
		2	14000	86,0	
		3	8910	8,8	
2	Тимирязевская улица	1	≥23440	6,5	13250
		2	12300	79,1	
		3	7350	14,4	
3	Коптевский бульвар	1	≥23440	12,7	14670
		2	14000	27,3	
		3	12300	16,7	
		4	10810	43,3	
4	Междомовая территория	1	≥23440	15,0	15100
		2	13120	40,1	
		3	11530	41,4	
		4	6050	3,6	
5	Петровский парк	1	≥23440	14,2	16090
		2	16980	21,9	
		3	13120	52,9	
		4	6890	11,0	
6	Сквер на 2-й Песчаной ул.	1	≥23440	23,5	17170
		2	18100	13,6	
		3	13120	44,5	
		4	8910	2,6	
		5	6890	15,8	

долю высокомолекулярной фракции (≥ 23440 а.е.м.) приходится всего 6,5%, а содержание третьей фракции, имеющей ММ 7350 а.е.м., равно 14,4%. ММ 2-й и 3-й фракций меньше по сравнению с аналогичными фракциями ФК дерново-подзолистой почвы, поэтому и примерная средневесовая ММ ФК урбанозема оказалась несколько меньше и составила 13250 а.е.м.

Более высокую степень дисперсности имеют ФК урбанозема газона Коптевского бульвара, в составе которых присутствует 4-е фракции. Преобладает среди них фракция с ММ 10810 а.е.м., ее относительное содержание составило 43,3%. Второй по значимости является 2-я фракция, имеющая ММ 14000 а.е.м. и относительное содержание 27,3%. Содержание остальных фракций: 1-й и 3-й с ММ ≥ 23440 и 12300 а.е.м. — довольно близкое и составило 12,7 и 16,0% соответственно. При более высокой степени дисперсности и наличии 2-х новых фракций в своем составе примерная средневесовая ММ ФК урбанозема газона Коптевского бульвара близка к таковой ФК дерново-подзолистой почвы и равна 14670 а.е.м.

ФК урбаноземов газонов междомовой территории и Петровского парка также состоят из 4 фракций, молекулярные массы которых, за исключением высокомолекулярной фракции, являются иными, и отсутствуют в составе ФК дерново-подзолистой почвы и урбаноземов газонов Тимирязевской улицы и Коптевского бульвара.

ФК урбанозема междомовой территории преимущественно состоят из фракций с ММ 13120 и 11530 а.е.м., относительное содержание которых составило 40,1 и 41,4%. На долю высокомолекулярной фракции (≥ 23440 а.е.м.) приходится 15,0%. Фракция с ММ 6050 а.е.м. присутствует в составе ФК урбанозема практически в виде примеси, поскольку ее относительное содержание составило всего лишь 3,6%. Примерная средневесовая ММ ФК урбанозема междомовой территории составила 15100 а.е.м.

В составе ФК урбанозема Петровского парка абсолютно преобладает 3-я фракция с ММ 1320 а.е.м., относительное содержание которой составило 52,9%. Второй по значимости является 2-я фракция, имеющая ММ 16980 а.е.м. и относительное содержание 21,9%. 1-я и 4-я фракции с ММ ≥ 23440 и 6890 а.е.м. присутствуют примерно в равных количествах: 14,2 и 11,0% соответственно. Примерная средневесовая ММ ФК урбанозема Петровского парка равна 16090 а.е.м.

Таким образом, по сравнению с ФК дерново-подзолистой почвы ЛОД ФК урбаноземов междомовой территории и Петровского парка не только более дисперсны, но и имеют более высокие средневесовые молекулярные массы.

Фульвокислоты урбанозема сквера на 2-й Песчаной улице имеют самую высокую степень дисперсности и состоят из 5 фракций. Преобладает среди них 3-я фракция с ММ 13120 а.е.м., на долю которой приходится 44,5%. В отличие от ФК всех остальных почв в составе ФК этого урбанозема второй по значимости является фракция с ММ ≥ 23400 а.е.м., ее содержание равно 23,5%. Примерно равные количества — 13,6 и 15,8% — приходятся на долю второй и пятой фракций, ММ которых составляют 18110 и 6890 а.е.м. Присутствует в составе ФК урбанозема и фракция с ММ 8910 а.е.м., содержащаяся в составе ФК дерново-подзолистой почвы, однако содержание ее очень низкое — всего 2,6%. Примерная средневесовая масса ФК составила 17170 а.е.м. В целом ФК урбанозема сквера на 2-й Песчаной улице отличаются от ФК других почв. Они не только имеют самую высокую средневесовую молекулярную массу, но и характеризуются наибольшей дисперсностью.

Заключение

При нарушении естественного хода почвообразовательного процесса под влиянием человеческой деятельности в условиях городской среды ММ состав ФК претерпевает неоднозначную трансформацию.

С одной стороны, фракционный состав ФК городских почв зависит от состава органических веществ тех материалов, которые использовались для конструирования верхних горизонтов почв. С другой стороны, он обусловлен изменением условий и характера гумификации.

Многим городским почвам, находящимся в зоне кислых ненасыщенных основаниями дерново-подзолистых почв, присуща нейтральная, и даже слабощелочная реакция среды, насыщенность ППК Са и Mg, значительный вклад в ежегодный опад травянистой растительности [3, 13, 14]. Все это способствует активизации процесса гумусообразования и новообразованию гумусовых кислот. Косвенно об этом можно судить по увеличению в составе ФК урбаноземов относительного содержания фракции с ММ ≥ 23400 а.е.м. Однако нельзя исключить и возможность поступления веществ этой фракции в почвы искусственным путем.

Так или иначе, молекулярно-массовый состав ФК урбаноземов не всегда соответствует молекулярно-массовому составу фульвокислот, образующихся при зональном типе почвообразования. Можно предположить, что такое несоответствие будет способствовать неустойчивости органофила городских почв и его ускоренной деградации, в результате чего почвенный покров не сможет в полной мере выполнять свои экологические функции.

Библиографический список

1. *Большаков В.А., Кахнович З.Н.* Тяжелые металлы в почвах района «Ховрино» г. Москвы // Почвоведение. 2002. № 1. С. 121–126.
2. *Безуглова О.С., Горбов С.Н., Приваленко В.В.* Гумусовый профиль и микроэлементный состав почв рекреационных территорий г. Ростов-на-Дону // Почвоведение. 2000. № 9. С. 1142–1148.
3. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы. Генезис, география, рекультивация. М.: Ойкумена, 2003. 270 с.
4. *Еремченко О.З., Москвина Н.В.* Свойства почв и техногенных поверхностных образований в районах многоэтажной застройки г. Пермь // Почвоведение. 2005. № 7. С. 782–789.
5. *Карпунин А.И., Фокин А.Д.* Применение гелевой хроматографии для изучения фульвокислот и железосульфатных соединений // Особенности почвенных процессов дерново-подзолистых почв. М.: МСХА, 1977. С. 102–114.
6. *Ладонина Н.Н., Ладонин Д.В., Наумов Е.М., Большаков В.А.* Загрязнение тяжелыми металлами почв и травянистой растительности Юго-Восточного округа г. Москвы // Почвоведение. 1999. № 7. С. 885–893.
7. *Мамонтов В.Г., Гладков А.А., Кузелев М.М.* Практическое руководство по химии почв: Учебное пособие. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 225 с.
8. *Мамонтов В.Г., Озеров Ю.А., Родионова Л.П.* Состав гумуса почв г. Москвы (на примере САО и СЗАО) // Известия ТСХА. 2011. Вып. 5. С. 8–12.
9. *Никифорова Е.М., Алексеева Т.А.* Полициклические ароматические углеводороды в почвах придорожных экосистем Москвы // Почвоведение. 2002. № 1. С. 47–58.
10. *Орлов Д.С., Гришина Л.А., Ерошичева Н.Л.* Практикум по биохимии гумуса. М.: МГУ, 1969. 157 с.
11. *Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И.* Химия почв. М.: Высшая школа, 2005.
12. *Пономарева В.В.* Теория подзолообразовательного процесса. Москва-Ленинград, Наука. 1964. 379 с.
13. *Почва, город, экология.* М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.

14. *Строганова М.Н., Азаркова М.Г.* Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв Юго-Западной части г. Москвы) // Почвоведение. 1992. № 7. С. 16–24.
15. *Уланкина А.В.* Сравнительная характеристика фульвокислот, выделенных по методам Тюрина и Форсита: Автореферат дисс. канд. биол. н. М., 2002. 24 с.
16. *Soil in the Urban Environments.* Blackwell Scientific publications. Oxford, 1991. 174 p.

MOLECULAR-MASS COMPOSITION OF FULVIC ACIDS IN URBAN SOILS

V.G. MAMONTOV, A.I. FILATOVA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

The objects of the research are various soils of artificial cenosis located within the Northern district of Moscow. The molecular-mass composition of fulvic acids segregated by means of Ponomareva's technique from urban soils was studied by size-filtration method using sephadex G-50 chromatography. The fulvic acids of urban soils were found to be more disperse and have higher weight-average molecular mass compared to fulvic acids extracted from typical sod-podzolic soils. The experimental forest cenosis has been changed only a little. This forest is located within the city limits. According to the data obtained the fulvic acids of sod-podzolic soil in the experimental forest consist of 3 fractions with molecular mass ≥ 23400 , 14000 and 8910 atomic mass units (a.m.u.). Their relative content is 5; 86.0 and 9% respectively. The weight-average molecular mass of fulvic acids predominantly reached 14500 a.m.u.

The fulvic acids of urban soils are more disperse and contain 4 or 5 fractions. Their molecular masses are within the certain limits: fraction 1 — $\geq 23\ 400$ (12.7–14.2%), fraction 2 — 13120–16980 (21.9–42.4%), fraction 3 — 11530–13120 (1.7–52.9%), fraction 4 — 6050–10810 (3.7–43.3%). The average molecular mass of fulvic acids in the typical sod-podzolic soil is 16100 and 1470 a.m.u. And fulvic acids of some urban soils comprise 5 fractions that are characterized by the following molecular masses and percentages: ≥ 23400 (23.5%), 18100 (1.6%), 13120 (44.5%), 8910 (2.6%) and 6890 (15.8%) a.m.u. The average molecular mass is 17170 a.m.u. The human influence predominates over the natural soil formation processes in the latter. Such difference in fulvic acids composition of typical sod-podzolic and urban soils may result either from the changes in humus formation process in an urban settings or from the increased input of organic substances by artificial means.

Key words: urban soils, fulvic acids, fraction, molecular mass.

Мамонтов Владимир Григорьевич — д. б. н., проф. кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-16-17; e-mail: mschapochv@mail.ru).

Филатова Анастасия Игоревна — маг., инж. кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-16-17; e-mail: mschapochv@mail.ru).

Mamontov Vladimir Grigorievich — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Soils Science, Geology and Landscape Science, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-16-17; e-mail: mschapochv@mail.ru).

Filatova Anastasiya Igorevna — Master student, engineer of the Department of Soils Science, Geology and Landscape Science, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-16-17; e-mail: mschapochv@mail.ru).