

УДК 631.484

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Лисецкий Ф.Н., Маркова Е.В.

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород,
e-mail: liset@bsu.edu.ru*

В полевом опыте изучены особенности процесса разложения различного по своему химизму органического вещества в почвах, отличающихся по природным и антропогенным свойствам. Установлено, что скорость трансформации каждого вида растительного вещества определялась избирательным выбором предпочтительных физико-химических и биологических свойств из той совокупности, которой обусловлено своеобразие почвенных объектов. Показано, что структурные части и химический состав растительного вещества, поступающего в почву, являются более определяющим фактором интенсивности процесса разложения, чем ее физико-химические свойства.

Ключевые слова: биологическая активность, органическое вещество, скорость разложения, почвенные свойства.

FEATURES OF THE TRANSFORMATION OF VEGETABLE MATTER IN DIFFERENT LAND USE AND GENESIS

Lisetskii F.N., Markova E.V.

Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: liset@bsu.edu.ru

Features of the decomposition process with different in the chemistry of organic matter were studied in a field experiment for soils, which has different in natural and anthropogenic properties. Found that the rate of transformation of each type of vegetable matter was determined by selective choice of preferred physical, chemical and biological characteristics of that aggregate, which is due to the peculiarity of soil objects. It is shown that the structure and chemical composition of the plant material supplied, which come to the soil, are more determinant intensity of decomposition than its physical and chemical properties.

Keywords: biological activity, organic matter, the decomposition rate, soil properties.

Введение

Согласно аксиологической концепции “качества почвы” (Soil quality) [11], помимо широко используемых физических и химических характеристик почв (в сумме порядка 36) не менее большое значение имеют биологические параметры – их около 20, включая скорость трансформации органического вещества (ОВ). Задачи по воспроизводству почвенного плодородия, улучшению баланса питательных веществ в почвах должны решаться с учетом биоклиматического потенциала ландшафтов [10]. В системе почва-микроорганизмы происходят закономерные и планомерные изменения количества и качества микроорганизмов, направленности и напряженности микробиологических процессов, которые интегративно определяются [3] как микробиологическая сукцессия. Трансформация свежего ОВ, представляя собой многоступенчатый биологический процесс, при котором происходит как разложение, так и синтез сложных органических соединений, протекает с различной скоростью на поверхности почвы и в зоне ризосферы. Это зависит от многих факторов, но основными являются условия микроклимата, увлажнения, аэрации и биохимической активности [4]. Цель рабо-

ты состояла в установлении различий биологической активности почв, отличающихся по генезису и хозяйственному воздействию, по скорости трансформации различных по химизму видов ОВ в сопоставимых условиях.

Методика

Эксперимент по трансформации различных типов ОВ проходил в полевых условиях на территории Белгородского р-на Белгородской области (зона типичной лесостепи, 50° 38' с.ш., 36° 26' в.д.). В районе исследования средняя годовая температура воздуха составляет 6,5 °С, среднегодовая сумма атмосферных осадков – 553 мм. Опыт заложен 28.10.2012 г., в последующие три дня отмечены первые атмосферные осадки (обложные дожди). Время экспонирования образцов составило 173 дня при отсутствии растительного покрова. Для унификации гидротермических условий полевой опыт был заложен в одном месте, но в отдельную делянку была перенесена почва из слоя 0-20 см в соответствии с намеченными вариантами: целина, залежь, лесная полоса, эродированная, намытая и новообразованная почва (табл. 1). Глубина закладки образцов ОВ – 10 см. Для формирования гумусового профиля черно-

Таблица 1

Характеристика объектов, из которых сформированы варианты полевого опыта

Вариант опыта	Местоположение, угодье	Растительность	Почва	Валовое содержание, %		
				CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Платообразный уступ у днища балки. Целина.	Пырейная ассоциация	Смыто-намытая среднесуглинистая	1,31	0,12	1,61
2	Бровка балки. Прибалочная лесная полоса.	Многовидовая (клены остролиственный и татарский, вяз, береза).	Новообразованная лесная	1,41	0,14	1,92
3	Нижняя часть склона крутизной ок. 2°. Пашня.	Озимая пшеница	Пахотная слабосмытая	1,90	0,16	1,97
4	Балочный склон крутизной 15°. Целина.	Разнотравная	Среднесмытая среднесуглинистая (мощность гор. А+АВ – 12 см)	0,87	0,08	2,02
5	Вершина вала “Белгородской засечной черты”. Разреженная лесная полоса.	Рудеральное разнотравье	Новообразованная за 365 лет степная почва (при косвенном участии лесной полосы)	4,63	0,12	1,82
6	Пологий склон. Залежь (20 лет).	Восстановительная сукцессия	Постагрогенная слабосмытая	1,14	0,10	1,67

земных почв верхний 10-сантиметровый слой имеет большое значение, т.к. размещенные в нем корни являются источником гумуса не только для этого же слоя, но и отчасти для всего почвенного профиля [8]. Почва ниже и выше образцов ОБ характеризовала микробиологическую ситуацию данного варианта. Устойчивые генетические особенности почв устанавливали по их валовому составу, который определяли на рентгенфлуоресцентном анализаторе “Спектроскан МАКС–GV”. Образцы ОБ представляли собой стандартную льняную ткань, а также зеленую фитомассу, подстилку и ветвь ковыля волосатика (*Stipa capillata*), отобранные на целинном степном участке. Так как льняная ткань более однородна по химическому составу и разлагается быстрее, чем структурные части злаков, то результаты по ней могут достоверно отражать исходную биологическую активность почвы по вариантам опыта. До закладки массу сухих индивидуальных образцов ОБ (в среднем по 8-9 г) взвешивали на аналитических весах AN200 “AXIS” с точностью до 0,001 г. Затем образцы были помещены в капроновые мешочки, обшитые синтетическими нитками. Повторность 3-кратная.

Результаты и их обсуждение

Биогеохимическую оценку почв проводили по анализу содержания в них питательных элементов растений, в частности соотношения сумм необходимых макроэлементов (Ca, K, Mg, P) и необходимых микроэлементов (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn) [2]. Варианты опыта по рангам сумм необхо-

димых макроэлементов располагаются в следующем порядке: $5 < 3 < 2 < 1,4 < 6$, а по сумме необходимых микроэлементов: $5 < 1 < 3 < 2 < 6 < 4$. Таким образом, особо выделяется по обеспеченности необходимыми элементами почва варианта 5, но за счет окисленности и повышенного содержания цинка. Наименее обеспечены питательными элементами для растений почвы вариантов 4 и 6 (обе расположены на трансаккумулятивных позициях в ландшафте). Для оценки уровня загрязнения почв использованы данные по пяти сильно- и умеренно- опасным металлам в почве (Ni, Cu, Cr, As, V). С учетом нижних пределов, установленных для указанных элементов по фитотоксичности, произведен расчет среднегеометрического показателя загрязнения почв тяжелыми металлами, который показал, что наибольшую агротехногенную нагрузку испытала почва варианта 3, близки почвы 1, 2 и 6, а среднесмытая (№4) и молодая почва (№5) из-за общей геохимической обедненности показали наименьшие значения показателя загрязнения. Хотя почва варианта 5 резко отличается от остальных почв более высоким содержанием стронция и свинца.

Влияние почвенных свойств на скорость разложения растительного вещества осуществляется двумя путями. Во-первых, от почвы зависит химический состав произрастающих растений, остатки которых при отмирании возвращаются в нее. Во-вторых, в зависимости от содержания ОБ, температурного, водно-воздушного режима почвы, ее физических и физико-химических свойств различным почвам присуща определенная биологическая активность и, соответственно,

потенциал преобразования растительного вещества в гумусовые соединения.

Используя среднесуточные климатические данные по району исследования, определена величина энергетических затрат на почвообразование – 1008 МДж/(м² год). В таких биоклиматических условиях средняя годовая продукция растительности (по массе сухого вещества) по методике расчета [7] составит 10,5 т/га. Типчаково-ковыльные ассоциации коренного облика обеспечивают скорость гумусообразования 2,4-2,5 т/га в год при ежегодном поступлении 12 т/га надземной и подземной (в слое 0-20 см) массы ОВ [6]. Учитывая скорость разложения отдельных структурных частей фитомассы и содержание в них важнейших элементов-органогенов (Са, К, Р), рассчитано [5], что с опадом ковыля волосатика поступает 58 кг/га этих зольных элементов. В случае наземного опада углерод высокомолекулярных биоорганических соединений может включаться в состав гумуса горизонта А лишь после микробиологической трансформации соединений, в результате которой образуются вещества, близкие по подвижности и способности к миграции [9]. Поэтому размещение ОВ в нашем опыте непосредственно в почву, выравнивает шансы включения в гумус углерода из различных соединений, как наиболее подвижных водорастворимых, так и более инертных. Это сближает процесс трансформации зеленой фитомассы, ветоши и подстилки с тем, как это происходит с корневым отпадом. Но продолжительность трансформации корней, близкой к завершению, достигает 5-7 лет [4].

За 6 месяцев (XI-IV) эксперимента средняя температура воздуха оценивается величиной -2,6°С, общая сумма атмосферных осадков, непосредственно влиявшая на условия увлажнения почвы, достигала 232 мм (42% от годовой суммы).

Используя W-критерий Вилкоксона, проведено сравнение результатов разложения отдельных видов ОВ (табл. 2) по парам.

Таблица 2

Результаты полевого опыта по разложению растительного вещества

Варианты опыта	Степень разложения за 6 месяцев, %			
	льняная ткань	зеленая фитомасса	ветошь	подстилка
1	70,94	61,70	31,20	25,58
2	98,71	62,00	33,05	27,09
3	88,50	79,04	34,95	25,40
4	61,32	67,98	31,08	23,40
5	54,00	58,97	30,75	19,12
6	87,84	61,99	38,17	22,61

Установлено, что статистически значимыми на уровне значимости 0,01 являются различия по вариантам в разложении льняной ткани, как с ветошью, так и с подстилкой ковыля. Также статистически значимыми оказались различия между двумя видами мортмассы ковыля и каждого из них с зеленой фитомассой.

Выявить наиболее биологически активную почву по результатам опыта не удастся: у каждого вида растительного вещества в процессе его трансформации имелись определенные предпочтения в той совокупности физико-химических и биологических почвенных свойств, которые характеризовали варианты опыта. Почвенные свойства и микробиологическая активность новообразованной лесной почвы благоприятствовали наиболее сильной трансформации льняной ткани, а также степной подстилки. Зеленая фитомасса ковыля наиболее интенсивно разложилась в пахотной окультуренной слабосмытой почве, а ветошь – в постагrogenной (залежной) почве.

По всем видам растительного вещества самая низкая биологическая активность отмечена для почвы, новообразованной за 365 лет, но испытывавшей в недавнее время антропогенные воздействия из-за близости к дороге и жилой зоне.

Попарные расчеты рангового коэффициента корреляции показали, что результаты по трансформации льняной ткани наиболее тесно связаны с интенсивностью разложения ветоши и подстилки. Все три вида растительного вещества ковыля взаимно не коррелируют по вариантам опыта. Исключение составляет почва варианта 5, для которой все оценки активности разложения структурных частей ковыля имеют самые низкие значения.

По ранговым коэффициентам корреляции не выявлена связь интенсивности разложения льняной ткани с содержанием в почве питательных элементов растений. В то же время степень разложения ветоши имеет очень тесную положительную связь с содержанием как уже имеющихся в почве необходимых макроэлементов, так и микроэлементов. Степень разложения подстилки положительно коррелирует с содержанием в почве микроэлементов, а трансформация зеленой фитомассы имеет отрицательную связь с содержанием в почве макроэлементов.

Эти результаты свидетельствуют о большой роли химического состава разлагаемого растительного вещества и избирательной роли физико-химических свойств почвы в стимулировании или ослаблении процессов трансформации поступившей органики.

Состав новообразованных гумусовых кислот определяется, прежде всего, химическим соста-

вом разлагающихся растительных остатков. Поступающие зольные элементы с надземной массой ковыля можно расположить с следующий ранжированный ряд (%): SiO_2 (72,9) < K_2O (13,4) < CaO (8,2) < MgO (2,6) < P_2O_5 (2,5) < Na_2O (0,5) и, предполагается, что за счет минерализации растительных остатков в почвенных условиях происходит синтез новых вторичных глинистых минералов [1].

Показательно сравнить полученные результаты по таким видам разлагаемого вещества, как лён, – стандартный тест, оперативно отражающий биологическую активность привнесенной в делянки почвы, и фитомасса ковыля, для которой требуется более разнообразный состав микробценоза на более длительное время. Наиболее благоприятные стартовые условия для разложения ОВ имела почва из лесной полосы (вариант 2). Затем следует пахотная окультуренная почва вариант (вариант 3), которой несколько уступает старозалежная и целинная смыто-намытая почва (варианты 6 и 1). Однозначно наихудшими условиями для трансформации ОВ характеризовалась молодая почва (вариант 5). В среднесмытой почве (вариант 4) очень активно трансформировались свежие растительные остатки, но темпы деградации льняной ткани были замедлены.

Заключение

Интегральное представление о биологической активности различных по генезису и хозяйственному использованию почв было достигнуто благодаря тому, что при одинаковых гидротермических условиях эксперимента по степени разложения отдельных видов органических веществ, отличающихся по степени предшествующей трансформации (подстилка < ветошь < зеленая фитомасса < льняная ткань), можно судить о включении в процесс специализированных видов микроорганизмов. Показано, что особенно-

сти структуры и химического состава поступающего в почву растительного вещества, являются более определяющим фактором интенсивности процесса разложения, чем физико-химические свойства, приобретенные в результате природно-антропогенной эволюции почв.

Список литературы

1. Айдинян Р.Х. Состав золы лугово-степной растительности Каменной степи и его влияние на образование почвенных минеральных коллоидов // Почвоведение. – 1954. – № 1. – С. 45-53.
2. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. – СПб: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2011. – 368 с.
3. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 256 с.
4. Лисецкий Ф.Н. Особенности трансформации растительного вещества степных экосистем // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3 (часть 2). – С. 245–249.
5. Лисецкий Ф.Н. Периодизация антропогенно обусловленной эволюции степных экосистем // Экология. – 1992. – № 5. – С. 17–25.
6. Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная организация агроландшафтов. – Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2000. – 304 с.
7. Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная оценка растительной продукции как фактора почвообразования // Почвоведение. – 1997. – № 9. – С. 1055–1057.
8. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). – Л.: Наука, 1980. – 221 с.
9. Фокин А.Д. Участие различных соединений растительных остатков в формировании и обновлении гумусовых веществ почвы // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 60–65.
10. Цыгуткин А.С., Смирнова Л.Г. Сохранение плодородия почв – важнейший фактор стабилизации агропромышленного производства // Земледелие. – 2004. – № 5. – С. 47–48.
11. Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation // Soil Science Society of America Journal. – 1997. – V. 61. – P. 4–10.