

РИС. 1. Аллелопатическая активность *Syringa vulgaris* L. относительно контроля (биотест — кресс-салат): а — сорт Мишель Бюхнер; б — сорт Тарас Бульба; в — сорт Мадам Лемуан; 1 — корни; 2 — цветки; 3 — листья; 4 — опад лепестков; 5 — опад листьев

качественный состав аллелопатически активных веществ, влияние опада на фитотоксичность почвы.

Объектами исследования служили сорта сирени обыкновенной коллекции Национального ботанического сада им. Н.Н. Гришко НАН Украины: Мишель Бюхнер, Тарас Бульба, Мадам Лемуан. Для анализа отбирали образцы в фазу цветения (листья, цветки, корни) и опад. Аллелопатическую активность определяли методом биологических проб на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) [3]. Использовали водные вытяжки из растительного материала в следующих концентрациях: 1 : 10, 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200. Выделение водо- и этанолрастворимых фенольных соединений проводили по разработанному нами методу фракционирования с последующим определением по [1], фенолкарбоновые кислоты по [5]. Содержание в почве фенольных веществ и фенолкарбоновых кислот, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) и фитотоксичность почвы по [2].

Проведенные исследования показали высокую аллелопатическую активность растительных остатков сирени. Показано, что активность опада по сравнению с вегетиру-

ющими органами выше в 1,5–6,0 раз, в зависимости от органа и сорта. Даже при концентрации экстрактов 1 : 200 отмечалось сильное ингибирование роста корней кресс-салата. Существенное значение имеет сортовая принадлежность сирени: опад листьев и лепестков наиболее активен у сорта Тарас Бульба. Наблюдалась достаточно четкая закономерность: чем выше аллелопатическая активность вегетирующего органа, тем больше активность опада. Аллелопатическая активность корней (определяли без учета степени их отмирания) значительно ниже, чем у других органов; наибольшей фитотоксичностью корней отличается также сорт Тарас Бульба (рис. 1). Следовательно, при деструкции растительных тканей образуются низкомолекулярные вещества, оказывающие влияние на биологические тесты. Понятно, что состав образующихся веществ разнообразен, как и различно их физиологическое действие.

В химическом взаимодействии особую роль играют фенольные вещества [3, 6, 7, 11, 13]. Поэтому основное внимание уделяли изучению свободных фенольных соединений. Для приближения экспериментальных исследований к естественному состоянию



фитоценоза выделяли водо- и этанолрастворимые фенольные соединения методом фракционирования, используя самый мягкий способ экстракции: водой, затем этанолом. В результате получены данные об образовании гидрофильных низкомолекулярных фенольных веществ в процессе деструкции растительных остатков. Установлено, что из опада листьев водой экстрагируется основное количество фенолов и только 5–8 % из них — этанолом. В корнях этанолрастворимые вещества составляют 10–12 % общего количества, в опаде лепестков — до 20 % (табл. 1). Следует отметить, что при деструкции растительных тканей существенно возрастает количество фенольных соединений — более чем в 2 раза (табл. 2), особенно в опаде лепестков.

Основными компонентами фенольных веществ, образующихся при деградации и окис-

лении лигнина под действием микроорганизмов, являются фенолкарбоновые кислоты [12]. Исследования показали, что в опаде листьев и лепестков количество свободных этанолрастворимых фенолкарбоновых кислот увеличивается на 30–50 % (табл. 3).

Более высокое содержание фенолкарбоновых кислот отмечено в корнях и лепестках сирени. Очевидно, это определяется качественным составом структурных единиц данных органов: большим количеством лигнина в корнях по сравнению с листьями, а в лепестках — антоцианов и лейкоантоцианов. Такое существенное увеличение фенолкарбоновых кислот в опаде листьев и лепестков объясняется переходом их в свободное состояние при деструкции растительных тканей.

На важную роль фенольных веществ в химическом взаимодействии растений указывает и содержание их в водных экстрактах

ТАБЛИЦА 1. Содержание фенольных веществ в растительных остатках *Syringa vulgaris*, мг/г воздушно-сухого вещества

Сорт	Опад листьев			Опад лепестков			Корни		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Мишель Бюхнер	54,0 ± 2,2	3,0 ± 0,1	57,0 ± 2,3	20,0 ± 0,8	5,1 ± 0,2	25,1 ± 1,0	16,3 ± 0,6	1,9 ± 0,1	18,2 ± 0,7
Тарас Бульба	41,6 ± 1,2	3,6 ± 0,2	45,2 ± 1,8	31,2 ± 1,2	7,4 ± 0,3	38,6 ± 1,5	15,9 ± 0,5	2,0 ± 0,1	17,9 ± 0,7
Мадам Лемуан	43,0 ± 1,3	2,7 ± 0,1	45,7 ± 1,4	28,0 ± 0,8	5,8 ± 0,2	33,8 ± 1,3	19,0 ± 0,8	2,1 ± 0,1	21,1 ± 0,8

Примечание: 1 — водорастворимые, 2 — этанолрастворимые, 3 — сумма.

ТАБЛИЦА 2. Количество этанолрастворимых фенольных веществ в *Syringa vulgaris*, мг/г сухого вещества

Сорт	Листья		Лепестки		Корни
	1	2	1	2	
Мишель Бюхнер	54,0 ± 1,6	55,1 ± 2,2	36,8 ± 1,5	77,9 ± 3,1	26,8 ± 0,8
Тарас Бульба	48,9 ± 1,5	61,2 ± 2,4	44,4 ± 1,3	101,6 ± 4,1	31,0 ± 0,9
Мадам Лемуан	39,6 ± 1,2	44,0 ± 1,3	36,6 ± 1,5	70,2 ± 2,9	38,6 ± 1,1

Примечание: 1 — вегетирующие органы, 2 — опад.

ТАБЛИЦА 3. Суммарное содержание свободных этанолрастворимых фенолкарбоновых кислот, мкг/г сырого вещества

Сорт	Листья		Лепестки		Корни
	1	2	1	2	
Мишель Бюхнер	172 ± 5	227 ± 7	200 ± 4	297 ± 4	250 ± 7
Тарас Бульба	151 ± 4	204 ± 6	219 ± 6	310 ± 9	342 ± 10
Мадам Лемуан	182 ± 7	232 ± 7	193 ± 4	275 ± 8	397 ± 8

Примечание: 1 — вегетирующие органы, 2 — опад.

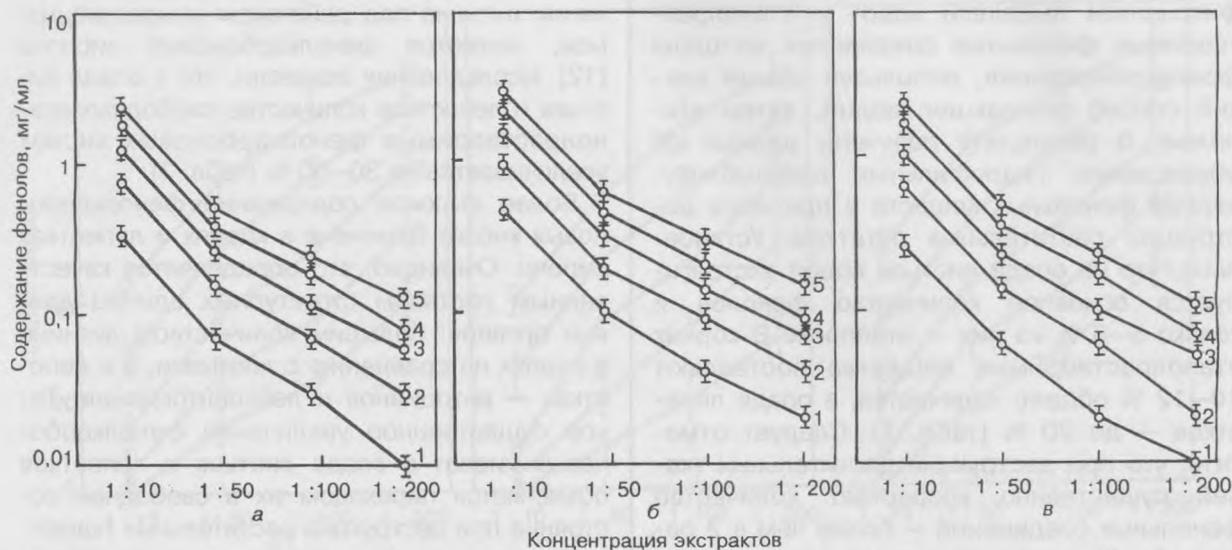


РИС. 2. Содержание водорастворимых фенольных веществ, мг/мл. Условные обозначения см. на рис. 1

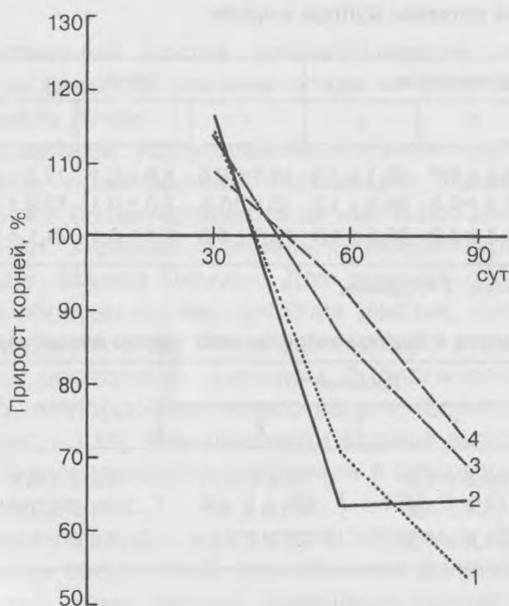


РИС. 3. Аллелопатическая активность почвы при деструкции растительных остатков относительно контроля (биотест—кресс-салат): 1 — опад лепестков, 2 — опад листьев, 3 — корни, 4 — смесь растительных остатков

различных концентраций. Установлено, что количество фенолов снижается при уменьшении концентрации экстрактов и согласуется с аллелопатической активностью. Водные вытяжки, полученные из вегетирующих орга-

нов и опада сорта сирени Тарас Бульба, имели самое высокое содержание фенольных веществ и, соответственно, наиболее активны, на что мы указывали выше.

Существенное увеличение фенольных соединений в опаде по сравнению с вегетирующими органами указывает на прямую зависимость аллелопатической активности от содержания водорастворимых фенолов (рис. 2). Проведенные исследования позволяют констатировать, что растительные остатки сирени имеют высокий аллелопатический потенциал, активность которых обуславливают фенольные вещества. Попадая в почву и подвергаясь микробиологическому воздействию, растительные остатки создают определенную биохимическую среду в корнеобитаемом слое. Исследование процессов, происходящих в корнеобитаемой среде, и возможность их регулирования имеют большое научное и практическое значение.

В модельном опыте изучали динамику трансформации растительных остатков сирени в течение 90 сут. Измельченные корни, опад листьев и цветков, а также их смесь (1 : 1 : 1) вносились (2 % массы почвы) в серую лесную почву. Опыт проводили в оптимальных условиях для микробиологических процессов ($t = 25^{\circ}\text{C}$, влажность 60 %).

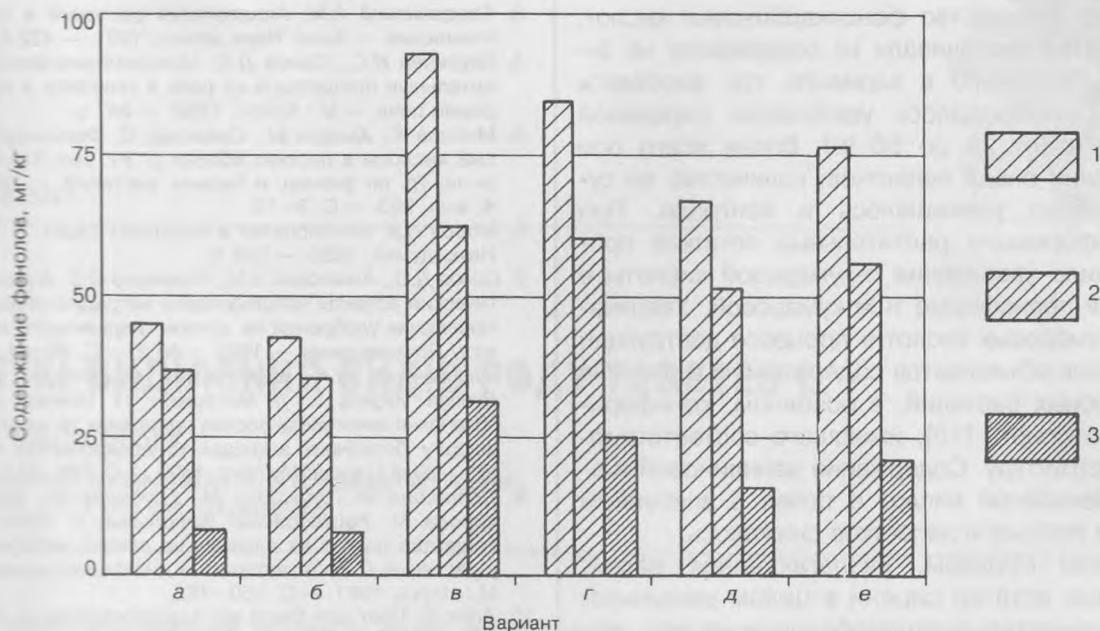


РИС. 4. Количество фенольных веществ в почве после 90 сут инкубации, мг/кг (модельный опыт): 1 — суммарное содержание, 2 — водно-ацетоновая фракция, 3 — этанольная фракция, а — почва до инкубации, б — почва без растительных остатков (контроль), в — опад листьев, г — опад лепестков, д — корни, е — смесь растительных остатков

Установлено, что в процессе компостирования растительных остатков увеличивается фитотоксичность почвы. Самая высокая фитотоксичность отмечена при внесении опада листьев и лепестков, что подтверждалось биотестированием водной вытяжки (2 : 1) и прямым методом с различными тест-объектами (*Amaranthus paniculatus* L., *Lepidium sativum* L., *Triticum aestivum* L.) (рис. 3). Внесенные в почву растительные остатки изменяли ее биохимическое состояние. Они снижали окислительно-восстановительные процессы в почве, особенно опад листьев и лепестков, более подверженный разрушению. Известно, что, чем быстрее проходит разложение растительных остатков, тем ниже показатель ОВП [4]. Наиболее существенное снижение ОВП фиксируется через 60 сут инкубации, тогда как в почве без растительных остатков он не изменялся. В процессе разложения растительных остатков происходило образование подвижных форм органических веществ, на что указывают показатели оптической плотности водных экстрактов из почвы. Характеризуя интенсивность разложения следует отметить, что оптическая плотность водных экстрактов из

почвы ($\lambda = 465$ нм) с растительными остатками была наиболее высокой после 60 сут инкубации и превышала в 4,0–4,5 раза контроль. После 90 сут происходило ее снижение, свидетельствующее об активной минерализации остатков.

Растительные остатки сирени способствовали накоплению свободных фенольных веществ в почве. Важно отметить, что в контроле уменьшалось количество фенольных соединений, тогда как внесенные остатки увеличивали их в 1,6–2,2 раза, причем в более свободной форме. Так, в контрольной почве фракция этанолрастворимых фенолов составила 20 %, с остатками увеличилась до 50 % общего количества. Следовательно, в почве возрастает количество наиболее доступных фенольных соединений, которые оказывают аллелопатическое действие на растения (рис. 4).

Среди фенольных веществ почвы важное место занимают фенолкарбоновые кислоты, определяющие микробную активность и степень гумификации. Инкубация почвы с растительными остатками в течение 90 сут изменяла качественный и количественный состав фенолкарбоновых кислот. В контроле умень-



шалось количество фенолкарбоновых кислот, а остатки увеличивали их содержание на 8–26 %, особенно в варианте, где вносилась смесь. Наблюдалось увеличение сиреневой кислоты (от 25 до 50 %), более всего при внесении опада лепестков; количество ее существенно уменьшалось в контроле. При трансформации растительных остатков происходило увеличение *п*-кумаровой кислоты в *цис*- и трансформе и *м*-кумаровой. Увеличение кумаровых кислот в процессе деструкции остатков объясняется содержанием в лигнине древесных растений, в основном, кониферолового спирта [10], имеющего соответствующую структуру. Содержание ванилиновой и *п*-оксибензойной кислот в почве с внесением опада листьев и лепестков снижалось.

Таким образом, разлагающиеся растительные остатки сирени в целом увеличивали количество фенолкарбоновых кислот, что, безусловно, сказывается на ростовых процессах. В частности, показано прямое воздействие на метаболизм растений фенолкарбоновых кислот, находящихся в почве в подвижном состоянии [9].

В фитоценозе растительные остатки постоянно отчуждаются в окружающую среду, где они разлагаются гетеротрофными микроорганизмами, минерализуются, и сравнительно небольшое количество их преобразуется в постоянный гумус. При нарушении микробиологических процессов в почве, как правило, идет накопление органических веществ в свободном состоянии и наблюдается их аллелопатическое действие. Актуальность вопроса состоит в том, чтобы активизировать почвенную микрофлору с целью ускорения процессов минерализации и гумификации, а также снижения уровня свободного органического вещества. Дальнейшие исследования направлены на поиск путей оптимизации процессов в корнеобитаемой среде сирени.

1. Александрова Л.П., Осипова В.И. Методика фракционирования фенольных соединений тканей хвойных // Исследования обмена веществ древесных растений. — Новосибирск: Наука, 1985. — С. 96–102.
2. Гродзинский А.М., Горобец С.А., Крупа Л.И. Руководство по применению биохимических методов в аллелопатических исследованиях почв. — Киев, 1988. — 18 с.

3. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление. — Киев: Наук. думка, 1991. — 432 с.
4. Кауричев И.С., Орлов Д.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. — М.: Колос, 1982. — 247 с.
5. Мийдла Х., Халдре Ы., Сависаар С. Фенолкарбоновые кислоты в листьях яблони // Уч. зап. Тарт. гос. ун-та: Тр. по физиол. и биохим. растений. — 1975. — 4, вып. 363. — С. 3–13.
6. Мороз П.А. Аллелопатия в плодовых садах. — Киев: Наук. думка, 1990. — 208 с.
7. Орлов Д.С., Аммосова Я.М., Якименко О.С. Агрэкологічні аспекти використання нетрадиційних органічних добрив на основі гідролізного лігніна // Почвоведение. — 1993. — № 2. — С. 36–44.
8. Павлюченко Н.А. Алелопатичні особливості сортів *Syringa vulgaris* L. // Матеріали 11 Міжнар. конф. "Вивчення онтогенезу рослин природних та культурних флор у ботанічних закладах та дендропарках Європі". — Біла Церква: Мустанг, 1999. — С. 208–211.
9. Поспишил Ф., Цвикрова М., Грубцова М., Шинделарова М. Растворимые фенольные и гуминовые вещества почв и их влияние на общий метаболизм у растений // Рост растений и дифференцировка. — М.: Наука, 1981. — С. 150–162.
10. Adler E. Über den Stand der Ligninforschung // Z. Papier. — 1961. — 15. — S. 604–609.
11. Blum U. Allelopathic interactions involving phenolic acids // Journal of Nematology. — 1996. — 28. — P. 259–267.
12. Harborne J.B. Phytochemical methods. — London: Chapman and Hall, 1973. — 278 p.
13. Rice E.L. Allelopathy. — London: Acad. Press, 1984. — 422 p.

Поступила 02.02.2001

РОСЛИННІ РЕШТКИ SYRINGA VULGARIS L.
ЯК ФАКТОР АЛЕЛОПАТИЧНОЇ ҐРУНТОВТОМИ

С.О. Горобець, Н.А. Павлюченко, А.А. Блюм
Національний ботанічний сад
ім. М.М. Гришка НАН України, Україна, Київ

Вивчали алелопатичні властивості вегетуючих органів та рослинного опаду *Syringa vulgaris* L. Алелопатична активність рослинного опаду була вищою в 1,5–6,0 разів та залежала від сорту. Встановлено тісний позитивний взаємозв'язок між активністю рослинних решток та вмістом фенольних речовин. Досліджено вплив рослинних решток на біохімічний стан та фітотоксичність прикореневого середовища.

PLANT REMAINS OF SYRINGA VULGARIS L.
AS A FACTOR OF ALLELOPATHIC SOIL FATIGUE

S.A. Gorobets, N.A. Pavlyuchenko, A.A. Blyum
M.M. Gryshko National Botanical Gardens,
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Allelopathic properties of vegetating organs and plant remains of *Syringa vulgaris* L. were studied. The allelopathic activity of plant remains was 1.5–6 times higher and depended on cultivars. The high positive correlation between allelopathic activity of plant remains and content of phenolics was established. The effect of plant remains on biochemical characteristics and phytotoxicity of soil rhizosphere was investigated.