

## МЕТОД БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПОЧВЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИЗОСФЕРНОГО ЭФФЕКТА ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

О.Д. Юрчук, И.Д. Свистова

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»,  
г. Воронеж, Россия*

**Аннотация.** Исследованы взаимоотношения растений и микробиома почвы с точки зрения анализа стимулирующего эффекта ризодепозитов на фитотоксическую активность почвы в природных и искусственных фитоценозах с помощью метода биотестирования. Биотестирование позволяет точно оценить положительный или отрицательный эффект аллелопатических веществ растений на зону ризосферы, не затрачивая значительные временные и материальные ресурсы. В основном методики биотестирования реализуются с помощью анализа водной вытяжки, но более достоверной оценкой почвенных проб является оценка твердой почвенную фазу. Следовательно, наиболее доступным методом для оценки стимулирующего действия ризодепозитов является метод биотестирования на почвенных пластинах с помощью тест-растения. Использование индикаторного растительного организма позволяет изучить воздействие на почвенную среду сразу совокупности факторов, как положительных, так и отрицательных и по их изменению сделать общую оценку токсичности данной среды. Результаты биотестирования почвы позволяют разработать наиболее эффективные методы обработки почвы для повышения ее плодородности.

**Ключевые слова:** биотестирование, биоиндикация, ризосфера, ризосферный эффект, корневые экссудаты, фитоценоз.

## A METHOD OF SOIL BIOTESTING TO ASSESS THE RHIZOSPHERE EFFECT OF NATURAL AND ARTIFICIAL PHYTOCENOSES

O.D. Yurchuk, I.D. Svistova

*Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia*

**Abstract:** The relationship between plants and the soil microbiome has been studied from the point of view of analyzing the stimulating effect of rhizodeposits on the phytotoxic activity of soil in natural and artificial phytocenoses using the biotesting method. Biotesting makes it possible to accurately assess the positive or negative effect of plant allelopathic substances on the rhizosphere zone without spending significant time and material resources. Basically, biotesting

techniques are implemented using the analysis of aqueous extract, but a more reliable assessment of soil samples is the assessment of the solid soil phase. Therefore, the most accessible method for evaluating the stimulating effect of rhizodeposits is the method of biotesting on soil plates using a test plant. The use of an indicator plant organism makes it possible to study the impact on the soil environment of a combination of factors, both positive and negative, and to make an overall assessment of the toxicity of this environment based on their changes. The results of soil biotesting allow us to develop the most effective methods of tillage to increase its fertility.

**Keywords:** biotesting, bioindication, rhizosphere, rhizosphere effect, root exudates, phytocenosis.

### **Введение**

Почвы являются главной составляющей любой экосистемы, так как они выполняют в них огромное количество структурных и экологических функций. Обладая свойствами значительной концентрационной и буферной способности, почвы способны накапливать в своём составе различные группы стимулирующих веществ, которые в норме активно включены в любые экосистемные процессы и проявляются в виде ризосферного эффекта. Корневые выделения растений оказывают значительное влияние на почвенную микрофлору различных фитоценозов. Именно ризодепозиты своим качественным и количественным составом, зависящим от вида, возраста и условий выращивания растений и почвенно-климатических условий влияют на почвенные микроорганизмы, вызывая сукцессию микробного сообщества.

Ризосферный эффект может быть, как положительным, так и отрицательным. При положительном ризосферном эффекте наблюдается улучшение структуры почвы, повышение ее плодородия, подавлении роста патогенных микроорганизмов и стимуляции роста полезных. Отрицательный ризосферный эффект проявляется в накоплении в почве токсичных веществ, угнетении роста растений и снижении их урожайности [8].

В настоящее время особое внимание уделяется оценке фитотоксической активности почв в зоне ризосферы, как в природных, так и в искусственных фитоценозах. Оценка ризосферного эффекта является важным аспектом изучения почв и растений. Она позволяет определить влияние растений на почву и микроорганизмы, а также выявить возможные негативные последствия этого влияния.

Существует несколько методов оценки ризосферного эффекта. Одним из наиболее распространенных методов является метод биотестирования почвы, который заключается в выращивании тест-растений в почве, которая подвергалась воздействию корневых выделений растений. По росту и развитию тест-растений судят о ризосферном эффекте.

При использовании метода биотестирования почвы для оценки состояния почвенной микрофлоры рекомендовано определять численность бактерий, усваивающих минеральные соединения азота, и почвенных грибов, видового разнообразия микромицетов и фитотоксическую активность почвы. Большинство методов биотестирования являются вполне доступными и позволяет при относительно небольших временных и материальных вложениях достаточно точно оценивать экологическое состояние почвы и судить о степени ее фитотоксической загрязнённости. Данные исследования имеют огромное практическое

значение растениеводства, понимание аллелопатических взаимодействий растений и почвенного микробиома позволяют выявить причины отрицательных явлений: почвоутомление, истощение почвы, фитотоксическая активность и разработать наиболее эффективные мелиоративные мероприятия для закладки новых плодовых деревьев [1, 4].

Результаты биотестирования почвы обрабатывают с помощью статистических методов. Статистические методы позволяют определить, существует ли статистически значимая разница между ростом корня, всхожестью семян тест-растений, выращенных в почве, которая подвергалась воздействию корневых выделений растений, и ростом, и развитием тест-растений, выращенных в контрольной почве.

Активное выделение корнями растений в окружающую среду различных органических соединений обеспечивает питательными веществами почвенные микроорганизмы, что создает благоприятные условия для их существования в зонах ризосферы и ризопланы. Корневые выделения представляют собой низкомолекулярные органические вещества, являющиеся продуктами фотосинтеза и метаболизма растений, а также физиологически активные вещества – антибиотики, фунгициды, фитонциды, колины, которые определяют биологическую активность почв [5].

Если рост и развитие тест-растений, выращенных в почве, которая подвергалась воздействию корневых выделений растений, выше, чем рост и развитие тест-растений, выращенных в контрольной почве, то это свидетельствует о *положительном ризосферном эффекте*. Напротив, снижение данных показателей свидетельствует об *отрицательном ризосферном эффекте* [8].

**Целью работы** было изучение влияния природных и искусственных фитоценозов на фитотоксическую активность почвы.

**Объекты и методы исследования.** Почва: чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый среднегумусный среднемощный. Варианты опыта – искусственные фитоценозы: молодой сад - плодовые семечковые культуры (9 лет, ботсад им. Келлера ВГАУ), и старый яблоневый сад (50 лет, Опытная станция ВГАУ). Контроли опыта – природные фитоценозы: почва без растений, целина (разнотравная растительная ассоциация), дубрава, пригородная лесопарковая зона.

Пробы были отобраны из слоя 0-20 см под проекцией кроны в сентябре 2022 г. Анализировали воздушно-сухую почву. Фитотоксическую активность почвы определяли с помощью метода биотеста на почвенных пластинах, тест-растение редис [5].

**Результаты и их обсуждение.** При определении фитотоксичности почвы в выбранных вариантах нами был использован метод биотестирования на почвенных пластинках, для которого главным показателем является длина корня проростков. В качестве тестового растения были выбраны семена горчицы, так как растения семейства крестоцветные являются менее прихотливыми и прорастание семян не занимает много времени.

Для приготовления почвенных пластинок, необходимо взвесить на весах 50 г почвы и увлажнить ее до 60% полной полевой влагоемкости. После чего приготовленная масса помещается в чашку Петри, поверхность выравнивается шпателем затем на почвенной пластинке размещаются 50 семян горчицы (рис. 1) [7].

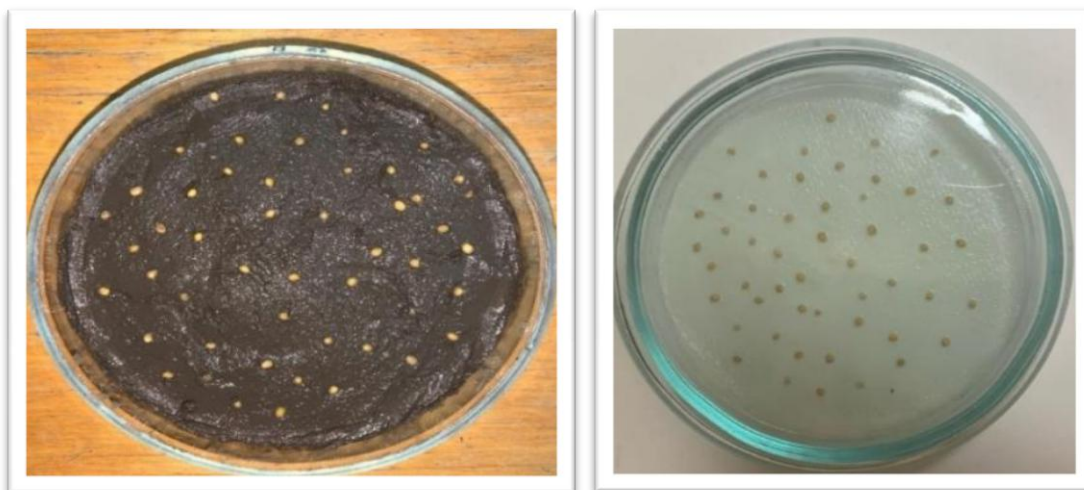


Рисунок 1 – Метод биотестирования на почвенных пластинках [фото автора]

Выращивание семян происходит при комнатной температуре. После 3 суток выдержки оценивается рост корня проростка. Полученные в результате опыта данные представлены в таблице № 1 (табл. 1).

При изучении результатов прорастания корней у молодых растений не было обнаружено особых токсических воздействий почвы, так как значительного замедления роста корней проростков не наблюдалось. Но необходимо отметить, что под старым плодовым садом уровень плодородия почвы приблизился по своим показателям к целинному чернозему, что скорее всего связано с постепенным уменьшением выделения корневых веществ старыми растениями. В свою очередь, под молодыми плодовыми деревьями наблюдалось стимулирующее воздействие ризодепозитов на рост корней проростков по сравнению с контрольной группой без растений, разнотравьем и дубравой. Можно предположить, что в данном случае в почве прослеживается положительный ризосферный эффект от секретируемых молодыми растениями аллелопатических соединений.

Наибольшие показатели стимулирующего эффекта выявлены по молодым яблоневым садом по сравнению с контрольной пробой без растений длина корешков проростков больше в 4,1 раза, разнотравьем – 1,6 и дубравой – 2,2 раза. Самый низкий показатель роста корешков наблюдается в почвенной пробе из-под старого яблоневого сада по сравнению с контрольной пробой без растений длина корешков проростков больше в 1,7 раза, разнотравьем – 0,6 и дубравой – 0,9 раз.

Полученный результат доказывает положительный стимулирующий эффект ризодепозитов, выделяемых молодыми плодовыми растениями, так как они необходимы для создания благоприятных условий для всхожести семян и прорастания проростков (рис. 2).

Таблица 1. Фитотоксическая активность почвы (рост корня проростка)

Вариант опыта	Длина корня проростка, мм	Стимулирование роста корня, раз		
		по сравнению с контролем	по сравнению с разнотравьем	по сравнению с дубравой
Без растений (контроль)	5,6±0,1	1	0,4	0,5
Разнотравье	14,4±1,4	2,6	1	1,4
Дендропарк	10,0±0,7	1,8	0,7	1,0
Дубрава	10,4±1,0	1,9	0,7	1
<i>Плодовый сад 9 лет</i>				
Слива	11,6±0,6	2,1	0,8	1,1
Абрикос	14,5±3,6	2,6	1,0	1,4
Груша	16,4±4,1	3,0	1,2	1,6
Яблоня	22,9±0,6	4,1	1,6	2,2
<i>Плодовый сад 50 лет</i>				
Яблоня	9,2±3,2	1,7	0,6	0,9

Напротив, под старыми плодовыми насаждения наблюдается снижение положительного ризосферного эффекта и увеличение отрицательного влияния аллелопатических веществ на токсическую активность почвы, снижая ее плодородие.



Рисунок 2 – Метод биотестирования на почвенных пластинках; результаты: почвенная проба старый плодовый сад (50 лет) и плодовый сад (4 года) [фото автора]

На наш взгляд, результаты биотестов почвы из природных и искусственных фитоценозов доказывают положительный эффект растительных ризодепозитов для стимулирования роста молодых растений. Активная экссудация корнями растений в почву разнообразных органических соединений, позволяет обеспечить питательными веществами почвенный микробом, что способствует созданию благоприятных условий для его существования в зонах ризосферы и ризопланы.

### Заключение

Таким образом, с помощью метода биотестирования нами было изучено влияние природных и искусственных фитоценозов на микробное сообщество почвы. Нами было доказано, что ризодепозиты могут оказывать как положительное действие на почву природных и искусственных фитоценозов, вызывая ризосферный эффект, так и отрицательное влияние, приводя к почвоутомлению и токсикозу. В ходе исследования выявлено, что корневые экссудаты именно молодых плодовых растений оказывают стимулирующее влияние на всхожесть семян и рост молодых проростков. В свою очередь под старыми плодовыми деревьями отмечается уменьшением ризосферного эффекта, что связано со снижением секреции корнями ризодепозитов.

Для почв под старыми плодовыми деревьями, характеризующихся отрицательным ризосферным эффектом необходимо проведение мероприятий по восстановлению плодородных свойств почвы и постоянный мониторинг ее показателей. Для проведения мониторинга фитотоксической активности почвы наиболее доступны и точным является метод биотестирования на почвенных пластинах с применением тест-растения.

### Список литературы

1. Берестецкий, О.А. Токсикоз почв под многолетними плодовыми насаждениями // Почвоведение. 1971. №7. С. 56-64.
2. Кондратьев, М.Н. Взаимосвязи и взаимоотношения в растительных сообществах: учебное пособие для подготовки магистров по направлению 35.03.04 «Агрономия» / ред. М.Н. Кондратьев, Г.А. Карпова, Ю.С. Ларикова. Москва, 2014.
3. Лукнер, М. Вторичный метаболизм у микроорганизмов, растений и животных / М. Лукнер – Москва: Мир, 1979. 548 с.
4. Мирчинк, Т.Г. Почвенная микология - Москва: МГУ, 1988. 220 с.
5. Свистова, И.Д. Формирование комплекса микроорганизмов чернозема выщелоченного в зависимости от типа агрофитоценоза / И.Д. Свистова, Л.О. Фролова, А.П. Щербаков // Сельскохозяйственная биология. - 2003. - Т. 38. - № 5. С. 55-62.
6. Тишин, А.С. Метод и способы фитотестирования почв: обзор / А.С. Тишин, Ю.Р. Тишина // Международный научно-исследовательский журнал. - 2021. - №11-2 (113). С. 93-97.
7. Феоктистова, Н.В. Ризосферные бактерии / Н.В. Феоктистова, А.М. Марданова, Г.Ф. Хадиева и др. // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2016. – Т. 158, кн. 2. С. 207–224.

### References

1. Berestetsky, O.A. Toxicosis of soils under perennial fruit plantations // Soil science. 1971. No.7. pp. 56-64.
2. Kondratiev, M.N. Interrelations and relationships in plant communities: a textbook for the preparation of masters in the field of 35.03.04 "Agronomy" / Ed. M.N. Kondratiev, G.A. Karpova, Yu.S. Larikova. Moscow, 2014.

3. Lukner, M. Secondary metabolism in microorganisms, plants and animals / M. Lukner – Moscow: Mir, 1979. 548 p.
4. Mirchink, T.G. Soil mycology - Moscow: Moscow State University, 1988. 220 p.
5. Svistova, I.D. Formation of a complex of microorganisms of leached chernozem depending on the type of agrophytocenosis / I.D. Svistova, L.O. Frolova, A.P. Shcherbakov // Agricultural biology. - 2003. - Vol. 38. - No. 5. pp. 55-62.
6. Tishin, A.S. Method and methods of phytotesting soils: review / A.S. Tishin, Y.R. Tishina // International Scientific Research Journal. - 2021. - №11-2 (113). Pp. 93-97.
7. Feoktistova, N.V. Rhizospheric bacteria / N.V. Feoktistova, A.M. Mardanova, G.F. Khadieva et al. // Scientific Journal. The cauldron. un-ta. Ser. Of course. science. - 2016. – Vol. 158, book 2. pp. 207-224.