

ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКОТОЛА НА ДРЕВЕСНЫЕ САЖЕНЦЫ

Е.Р. КАРТАШОВА, *ст. науч. сотр. биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова,*
канд. биол. наук,

Н.В. ФИТИСКИНА, *ст. преподаватель МГУПП,*

А.В. ОЛЕСКИН, *проф. биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук*

nyfitiskina@mail.ru, aoleskin@rambler.ru

ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет

119991, Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, стр. 12

ФГБОУ ВПО Московский государственный университет пищевых производств

125080, Москва, Волоколамское ш., д. 11

Экотол получают биотехнологическим путем в результате деструкции «бывшего живого» вещества (соломы, листового опада и т.п.), осуществляемого мико- и микрофлорой в аэробных условиях. При этом мико- и микрофлора выступает также в роли биосинтетиков, обогащающих сумму биохимических веществ экотола. Поскольку в экотол входит широкий спектр разнообразных химических и биохимических веществ, для него характерна полифункциональность. Внесенный в почву экотол способствует усилению роста древесных саженцев, их устойчивости к повышенным температурам. Экотол участвует в иммобилизации загрязнителя почвы – свинца. Экологическая функция экотола, связанная с иммобилизацией тяжелого металла, заметно возрастает при наличии корневой системы древесных саженцев, высаженных в почву. Положительное влияние экотола при избытке свинца в почве отражалось на физиологическом состоянии саженцев *Fraxinus pensylvanica* и *Sorbus aucuparia*, L. за счет восстановления фотосинтеза и синтеза белка до уровня, отмечаемого при норме тяжелого металла, а также активации пероксидазной активности, значительно превышающей контрольный вариант (норма свинца в почве). Однако экотол не оказал положительного воздействия на фоне избытка свинца в почве на саженцы *Picea excelsa*, L. Это мы связываем с влиянием экотола на интенсивность микоризации корней, ведущей, как было нами показано, к увеличению поглощательной способности свинца корневой системой ели. Очевидно, именно за счет разницы в микоризации корней ели, для которой характерна эктомикориза, и микоризации лиственных древесных пород, с присущей им арбускулярной микоризой, наблюдается различие в поглощении свинца из почвы этими растениями под влиянием экотола. Следовательно, полифункциональность воздействия экотола охватывает всю систему: почва – растение (древесные саженцы) – симбионты растений – микориза.

Ключевые слова: экотол, древесные саженцы, засухоустойчивость, иммобилизация свинца, поглощательная способность корней, физиологическое состояние растений, интенсивность микоризации.

Заслуженный профессор лесного института Дмитрий Никифорович Кайгородов, написавший в 1879 г. замечательную книгу «Беседы о русском лесе», отмечал: «...Мы охотно бережем и охраняем только то, что любим, а наш русский лес очень нуждается в друзьях-охранителях» [1]. Прошло более ста тридцати лет, сегодня человечество осознало экологическую опасность для современной цивилизации, когда научно-технический прогресс стал угрожать многообразию и развитию биоса Земли и, что уже ощутимо, здоровью людей.

Экологическая обстановка в России такова, что появились территории, представляющие собой зоны экологического бедствия, а более чем в ста городах уровень загрязнения атмосферного воздуха характеризуется как высокий или очень высокий. В такой ситуации зеленые насаждения городов особо нуждаются в «друзьях-охранителях», встает также проблема приживаемости молодых посадок в новых реалиях города.

Работая в области экологической проблематики, связанной с решением практической задачи – улучшить состояние зеленых насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий начиная с момента высаживания древесных пород, мы заинтересовались типом веществ, в настоящее время получившим название *exliving matter*, ELM («бывшего живым») [2, 4], к которым относится экотол. Для этих веществ характерно химико-биотическое взаимодействие, позволяющее говорить о биотическом формировании химизма биосферы и кондиционировании окружающей среды, что позволяет внести в концептуальный аппарат экологии формулировку: «биогенная миграция и иммобилизация химических элементов» [2]. Иммобилизация (лат. *immobilis* – неподвижный) – создание неподвижности тяжелых металлов наблюдалось в водной среде под действием экотола [3]. Термин «экотол» – от слов «экология» и «толерантность» для класса природных соединений, повышающих устойчивость организмов

к неблагоприятным условиям среды обитания, впервые ввел физиолог растений Г.В. Лебедев. Он же впервые предложил методы получения экотола, основанные на аэробной переработке микроорганизмами и грибами растительного сырья: соломы, листьев и т.п. [3]. Разложение биологического сырья в хорошо аэрируемой водной среде, благодаря нестерильным условиям быстро заселяющейся мико- и микрофлорой, приводит к накоплению в ней как неорганических, так и органических соединений, включающих лигнины, бензолы, фураны, хиноны, индолы и их производные [3], а также целый ряд других соединений, в том числе биогенных аминов, их предшественников и продуктов окислительного дезаминирования [4]. Наличие в экотолу биогенных аминов и их предшественников свидетельствует о том, что при образовании экотола наблюдается конверсия (лат. *conversion* – превращение). Наряду с распадом органических веществ мико- и микрофлора осуществляет также процессы биосинтеза. В последние годы биогенные амины, включая серотонин, катехоламины (дофамин, норадреналин, адреналин) и гистамин интенсивно исследуются как важные полифункциональные регуляторные и сигнальные вещества. У животных биогенные амины функционируют в качестве гормонов или/и нейромедиаторов; у растений и грибов – как важные регуляторные вещества, в том числе обуславливающие ростовые процессы.

В данной работе нас, прежде всего, интересовало, окажет ли экотол положительное влияние на рост древесных саженцев.

Для опыта были взяты двухлетние саженцы *Acer platanoides*, L. (клена остролистного). В 2008 г. саженцы высадили на территории опытной станции МГУ Чашниково в супесчаную почву, в которой содержание тяжелых металлов было ниже ПДК. Половина растений дважды в начале и середине летних сезонов 2008 и 2009 гг. поливались экотолом вокруг стебля (опыт), другая – водой (контроль) в количестве 5 мл (1 мл экотола содержит 2,4 мг сухого вещества). В 2010 и 2011 гг. растения экотолом не обрабатывались. В 2009 г. растения, обработанные экотолом, по ростовым параметрам практически не отличались от контрольных.

В сентябре 2010 г., после засушливого лета и нехарактерной тогда для Москвы и области жары 30 °С, саженцы, ранее обработанные экотолом, стали в среднем на $30 \pm 6,5$ см выше и имели в 1,3 раза большее число листьев, чем контрольный вариант. Преимущество в росте: высота, средний диаметр стволов и облиственность кленов, обработанных экотолом, сохранилось к концу эксперимента – май 2012 г. Средняя высота контрольной группы кленов составляла $107 \pm 15,7$ см, а кленов, обработанных экотолом, $147 \pm 12,3$ см, при этом средний диаметр стволов равнялся $3,6 \pm 0,5$ см, а кленов, обработанных экотолом – $4,9 \pm 0,7$ см. Число листьев также было большим на деревьях, обработанных экотолом. Это подтверждало, что в составе экотола имеются соединения, выполняющие роль эффекторов, воздействующих на ростовые процессы. При этом наглядный стимулирующий ростовой эффект проявился спустя год после повторной обработки растений, при неблагоприятных условиях среды, связанных с засухой. Стимулирующий ростовой эффект мог затронуть различные физиолого-биохимические системы, в частности, связанные с гормональными веществами. Это могли быть цитокинины, образующиеся в корнях и влияющие на ростовые процессы всего растения, или, что в данном случае нам кажется более вероятным, наличие связи с ИУК (индолилуксусной кислотой), синтезу которой в растениях, вероятно, способствует экотол, имеющий в составе индолы, 5-гидрокситриптамин (5-ГТ), 5-гидроксииндолилуксусную кислоту (5-ГИУК). Известно, что ИУК взаимодействует с мембранными структурами клеток, вследствие чего изменяется состояние ионных групп в структурах белков, ответственных, в свою очередь, за состояние клеточной воды, кроме того, клетки, обогащенные ИУК, становятся центрами притяжения воды и питательных веществ. Не анализируя ростовые процессы на молекулярном уровне, мы только констатируем факт положительного воздействия экотола на рост саженцев клена, наглядно проявившийся в условиях засухи.

Далее для нас было важно выяснить, будет ли экотол влиять на самоочищающую спо-

способность почвы, т.е. на ее природную барьерную функцию. О самоочищающей способности абиотической части почвы дают представление данные о подвижности тяжелых металлов [5].

Для анализа нами были взяты почвы близ дорожно-транспортного комплекса МКАД (5 м); с территории агробиостанции МГУ Чашниково и покупная почва на основе торфа. В этих почвах максимальное содержание подвижной формы свинца составляло 4,6 мг/кг (МКАД), а минимальное 1,0 мг/кг (почва на основе торфа). Чтобы результаты эксперимента по выявлению действия экотола на подвижность свинца выглядели наглядней, к почве МКАД было добавлено 3 дозы ПДК свинца ($\text{ПДК}_{\text{Pb}} = 32 \text{ мг/кг}$ в соответствии с МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест»), а к почве из Чашниково и почве на основе торфа – по 10 доз ПДК свинца. Опыты показали, что снижение подвижных форм свинца в почве под действием экотола невелико и в среднем составляет $12,6 \% \pm 5,3 \%$. При большем количестве общих загрязняющих веществ – почва МКАД – оно несколько ниже – $8,3 \%$. Снижение подвижных форм свинца под действием экотола в почве Чашникова составляло – 14% и $15,42 \%$ в почве на основе торфа. Если учесть, что внесенные дозы свинца в модельном эксперименте составляли количество, равное трем и десяти предельно допустимым концентрациям, то иммобилизация свинца в среднем на $12,6 \%$ является не такой уж малой величиной, т.е. экотол наглядно привносит в почву химико-биотическое взаимодействие.

Однако наиболее важным для нас было выяснить содержание валовых и подвижных форм свинца в почве после роста на ней древесных саженцев различной устойчивости к антропогенным воздействиям в условиях вегетационных опытов.

Объектами исследования в этих опытах являлись трехлетние саженцы *Fraxinus pensylvanica* (ясень пенсильванский) как наиболее устойчивые к антропогенным воздействиям, *Sorbus aucuparia*, L. (рябина обыкновенная) и *Picea excelsa*, L. (ель обыкновенная). Ель обыкновенная в оптимальных условиях является породой быстрорастущей, для нее

характерна значительная пластичность. Ель быстро изменяет свойства под воздействием среды, ее рост и физиологическое состояние зависят от качества почвы, влажности и загрязненности тяжелыми металлами.

Вегетационные опыты включали следующие варианты:

1. Pb норма (в пределах ПДК).
2. Pb норма + экотол.
3. Избыточные дозы Pb.
4. Избыточные дозы Pb + экотол.

Анализ форм свинца в почве, на которой в течение вегетационного периода росли древесные саженцы, выявил четкое различие в действии экотола на поглонительную способность тяжелого металла между устойчивым к антропогенным воздействиям ясенем пенсильванским и восприимчивой к загрязняющим веществам елью обыкновенной. Валовое содержание свинца после роста ясеня пенсильванского в почве на фоне избытка данного металла и экотола практически оставалось на том же уровне, как в варианте без экотола. При этом содержание подвижной формы металла уменьшалась в большей степени, чем это мы наблюдали под действием экотола на почве без растений (табл.1). Это не могло быть связано с поглощением свинца корневой системой ясеня, так как, еще раз подчеркнем, уменьшение валовой формы металла в почве было незначительным. Аналогичный эффект отмечался и при росте в тех же условиях саженцев рябины. Экотол и в данном случае уменьшал количество подвижной формы свинца на фоне его избытка, т.е. переводил его в менее доступное для растений состояние. Валовое содержание свинца в сосудах, где росли саженцы рябины, до их высадки и после роста в течение вегетационного периода, не претерпевало изменений.

Для оценки физиологического состояния данных саженцев мы выбрали следующие параметры: флуоресценцию хлорофилла, измеряемую с помощью импульсно-модулированного флуорометра. Данный экспрессивный биофизический метод, основанный на измерении кинетических характеристик флуоресценции хлорофилла в коре древесных побегов, был разработан на кафедре

**Флуоресценция хлорофилла, активность пероксидазы и количество белка
в листьях ясеня при различном содержании свинца в почве**
**Chlorophyll fluorescence, peroxidase activity and the amount of protein in the leaves
of ash with different contents of lead in soil**

Варианты	Содержание свинца в почве				Флуоресценция хлорофилла в коре побегов		Активность пероксидазы в листьях		Количество белка в листьях	
	Валовое		Подвижные формы							
	мг/кг	%	мг/кг	%	F_v / F_m	%	усл. ед/г сырой биомассы	%	мг белка на г сырой биомассы	%
Pb _н контроль	30,5±0,10	100	3,05±0,20	100	0,733±0,036	100	12,0±0,05	100	18,9±0,2	100
Pb _н + экотол	29,7±0,19	97.4	2,9±0,14	95,1	0,749±0,032	102,8	8,4±0,01	70	21,8±0,1	115
Pb _{изб}	342,2±0,31	100	76,53±0,24	100	0,630±0,040	85,9	2,2±0,10	18	16,1±0,2	85
Pb _{изб} + экотол	328,8±0,25	96.1	43.73±0.30	57.1	0,756±0,031	103.1	16,9±0,10	141	18,4±0,2	97

биофизики биологического факультета МГУ. Метод хорошо отражает состояние фотосинтетического аппарата растений [6]. Он был рекомендован для мониторинга городских зеленых насаждений и санитарно-защитных зон городов.

Кроме того, мы определяли в листьях саженцев содержание белка и активность пероксидазы. Пероксидазный фермент используется как биоиндикатор физиологического состояния растений при загрязнении среды обитания. Результаты экспериментов приведены в табл.1.

Из данных таблицы видно, что избыточные дозы свинца несколько уменьшали фотосинтетическую активность растений. Внесенный на этом избыточном фоне экотол не только полностью снимал ингибирующее воздействие металла, но и увеличивал фотосинтетическую активность по сравнению с контролем. Избыток свинца в почве отражался резким снижением пероксидазной активности в листьях ясеня, практически на 80 %. При этом экотол не только снимал ингибирующий эффект свинца на пероксидазную активность, но и активировал фермент по отношению к контролю, что не наблюдалось при внесении экотола на фоне нормы свинца. Данные по общему содержанию белка в листьях ясеня выявили его снижение, вызванное избыточными дозами тяжелого металла в почве. Экотол на фоне избыточной дозы свинца нивелировал отрицательный эффект тяжелого металла. Некоторое повышение содержания белка – 15 % под воздействием

экотола – отмечено на фоне концентраций свинца в пределах ПДК. Данное увеличение содержания белка под действием экотола мы объясняем тем, что экотол содержит вещества, способствующие синтезу белка и ростовым процессам [3]. Учитывая многообразный спектр веществ, содержащийся в экотоле, его положительное влияние на физиологические показатели саженцев ясеня может быть связано не только с воздействием экотола на тяжелые металлы почвы.

Совсем иную картину представляло воздействие экотола на поглотительную способность тяжелого металла саженцами ели на фоне избытка свинца в почве. Добавление экотола в почву с избытком свинца явно способствовало поглощению тяжелого металла растениями, т.к. в почве уменьшалось его валовое количество, равно как и подвижной формы (табл. 2).

Известно, что подкисление почвы увеличивает подвижность и доступность для растений тяжелых металлов, но это не может быть отнесено к экотолу, для которого характерна нейтральная концентрация водородных ионов. рН почвы, измеренное нами в варианте с избытком свинца, равнялось 7,11 единиц, а в варианте избыток свинца плюс экотол – 7,12. То, что экотол в данном случае способствовал поглощению тяжелого металла, подтвердили опыты по определению содержания свинца в самих саженцах ели. Так, в хвое ели содержание свинца при его избытке в почве составляло 0,67 мг/кг, а при наличии экотола – 1,1 мг/кг,

Содержание свинца в почве и саженцах ели при наличии и отсутствии экотола
The lead content in the soil and plants spruce in the presence and absence of ekotol

Варианты	Содержание свинца в почве				Содержание свинца в ели			
	Валовое		Подвижные формы		В корнях		В хвое	
	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
Pb _{норма}	65,2±0,35	100	27,9±0,15	100	—	—	—	—
Pb _{норма} + ЭКОТОЛ	64,5±0,24	98,9	25,7±0,20	92,1	—	—	—	—
Pb _{изб}	597,7±0,41	100	334,6±0,30	100	242,0±0,02	100	0,67±0,01	100
Pb _{изб} + ЭКОТОЛ	356,7±0,32	59,7	184±0,33	55	527,8±0,06	218	1,10±0,05	164,2

т.е. на 64,2 % больше. Еще более внушительной оказалась разница в содержании свинца в корнях ели. На фоне избытка свинца плюс экотол содержание тяжелого металла в корнях ели было на 118 % больше, чем в варианте без экотола. Если брались не все корни, а микоризированные корневые окончания, то разница выглядела еще более внушительно.

Одно из возможных предположений, объясняющих усиленное поглощение тяжелых металлов саженцами ели обыкновенной, может быть связано с особенностями микоризации корней. То, что микориза корневой системы растений оказывает влияние на поглощение тяжелых металлов, показано.

Например, установлено влияние арбускулярных микориз на увеличение накопления в корневой системе Cu, Ni, Pb и Zn. При этом увеличение общего поглощения тяжелых металлов отдельными видами растений можно рассматривать как потенциально выгодное явление при возобновлении растительности. Поглощение арбускулярно микоризными грибами тяжелых металлов часто приводит к повышению концентрации элементов в корнях, но при этом отмечается ограничение транспорта в побеги. Объяснение этому видят в том, что тяжелые металлы связываются на поверхности гиф, а также возможностью изолирования металлов в гифах без дальнейшей передачи растениям [7]. В наших опытах в варианте с избытком свинца в почве и варианте с избытком свинца плюс экотол переход свинца в наземные органы саженцев (хвоя) имел место. В случае варианта с избытком свинца в корнях была отмечена задержка тяжелого металла в 344 раза, а в варианте избыток свинца плюс экотол – в 461 раз, т.е. на 34 % больше, чем без экотола.

Для более ясной картины мы решили проанализировать систему корни–микориза в условиях различной концентрации свинца и экотола путем анализа плотности корневых окончаний на определенном отрезке корней саженцев ели и плотности микориз, находящихся с корневыми окончаниями в симбиозе. В этой серии опытов для анализа плотности корневых окончаний и микориз, а также интенсивности микоризации, отбиралось по 50 см проводящих корней последнего и предпоследнего порядка с каждого варианта, согласно методике [8, 9], и подсчитывалось количество определяемых структур, приходящееся на данную длину корня. Далее полученные результаты относились к 10 см длины корня. Полученные значения представляют собой плотность корневых окончаний и микориз. Интенсивность микоризации рассчитывали как отношение числа микоризных окончаний к общему числу зарегистрированных корневых окончаний. Зафиксированный материал окрашивали анилиновым синим [8, 10], что давало возможность идентификации и визуального наблюдения микориз под микроскопом и последующего их пересчета на 10 см корней (табл. 3).

Проведенная работа выявила следующие моменты: избыток свинца практически не влиял на плотность корневых окончаний, плотность микориз и интенсивность микоризации.

Экотол на фоне нормы свинца одинаково увеличивал как плотность корневых окончаний, так и плотность микориз. В результате чего интенсивность микоризации сохранялась на том же уровне.

Экотол на фоне избыточных доз свинца, мало влияя на плотность корневых окон-

Корневые окончания и микориза саженцев ели на фоне различных концентраций свинца и экотол в почве

Root end and mycorrhizae of the spruce plants with various concentrations of lead and ekotol in soil

Варианты	Плотность корневых окончаний		Плотность микориз		Интенсивность микоризации, %
	на 10 см корней, шт.	%	на 10 см корней, шт.	%	
Pb _{норма}	78,8±3,25	100	13,2±1,42	100	16,8
Pb _{норма} + экотол	131,6±2,21	167	21,6±1,90	164	16,4
Pb _{изб}	80,4±1,90	102	14±2,13	106	17,4
Pb _{изб} + экотол	87,2±4,22	111	29,2±3,15	221	33,5

чений, значительно увеличивал плотность микориз ~ на 121 % и соответственно интенсивность микоризации увеличивалась в 1,9 раза по сравнению с вариантом, где на фоне избытка свинца экотол не было.

Можно предположить, что именно биогенные амины, содержащиеся в экотол и воздействующие на рост, способствуют увеличению плотности корневых окончаний и плотности микориз в условиях нормы свинца в почве. При избытке же свинца в почве при наличии экотол плотность корневых окончаний значительно снижается на 56 % по сравнению с вариантом Pb_{норма} + экотол, а плотность микориз возрастает на 57 % (по сравнению с тем же вариантом). Возрастание интенсивности микоризации корней под действием экотол на фоне избытка свинца и приводит, по всей видимости, к увеличению поглотительной способности свинца корнями ели, а точнее системой корень–микориза. Отмечено, что для ели обыкновенной характерна эктомикориза [8, 9], особенно для молодых растений, а для лиственных древесных пород, представителями которых в наших исследованиях были ясень пенсильванский и рябина обыкновенная, больше характерна арбускулярная микориза [7. С. 18]. Очевидно, разность в микоризации корней ели и лиственных древесных пород отражается на поглотительной способности свинца.

Так или иначе, при выборе древесных растений для санитарно-защитных зон и для озеленения городов ель обыкновенная не лучший вариант, но она практически и не используется при озеленении. Что касается экотол, то он участвует в иммобилизации свинца – распространенного загрязнителя среды,

очевидно, и других тяжелых металлов [3]. Это дает основание поддержать предлагаемую экологом С.А. Остроумовым формулировку для веществ «exliving matter» (ранее входящих в состав живого), связанную с участием их в «биогенной миграции и иммобилизации химических элементов» [2]. Проведенные нами исследования позволяют также полагать, что экотол усиливает метаболические процессы, направленные на защиту от тяжелых металлов у растений, приспособившихся к симбиозу с микоризой, поглотительная деятельность которой не направлена на тяжелые металлы. В нашем случае это представители лиственных древесных растений.

Библиографический список.

1. Кайгородов, Д. Беседы о русском лесе / Д. Кайгородов. – М.: Белый город, 2010. – 304 с.
2. Остроумов, С.А. Химико-биотические взаимодействия и новое в учении о биосфере В.И. Вернадского / С.А. Остроумов. – М.: МАКС Пресс, 2013. – 91 с.
3. Лебедев, Г.В. Производство и применение / Г.В. Лебедев, Е.Д. Сабина, Н.Г. Лебедева, З.И. Бубенчикова и др. – М.: ВИМИ, 2004. – 116 с.
4. Карташова, Е.Р. Сохранение свойств экотол и способностей его воздействия на растения во временном аспекте / Е.Р. Карташова, А.В. Олескин, Т.П. Юрина, С.Д. Терешкина, Н.В. Фитискина // VI Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Материалы. – М.: Экспо-биотехнология, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – Ч. 2. – С. 37–38.
5. Ильин, В.Б., Гармаш Г.А. Поступление тяжелых металлов в растения при их повышенном содержании в почве / В.Б. Ильин, Г.А. Гармаш // Изв. СОАН СССР. Сер. биол. наук, 1980. – Вып. 2. – № 10. – С. 54–58.
6. Венедиктов, П.С. Изучение физиологического состояния древесных растений по характеристикам флуоресценции в коре однолетних побегов деревьев / П.С. Венедиктов, Н.В. Казимиренко, Т.Е. Кренделева, Г.П. Кухарская и др. // Экология. – 2000. – № 5. – С. 338–342.

7. Смит, С.Э. Микоризный симбиоз / С.Э. Смит, Д.Дж. Рид – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 776 с.
8. Селиванов, И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза / И.А. Селиванов. – М.: Наука, 1981. – 232 с.
9. Веселкин, Д.С. Реакция эктомикориз хвойных на техногенное загрязнение: дисс. ... канд. биол. наук / Д.С. Веселкин. – Екатеринбург, 1999.
10. Mycorrhizal associations [Electronic resource]: The Web Resource. Section 10. Methods for identifying mycorrhizas / Mark Brundrett. 2008. Available at: <http://www.mycorrhizas.info/ecm.html> (accessed 15 November 2013).

MULTIFUNCTIONAL EFFECTS OF ECOTOL ON TREE SEEDLINGS

Kartashova E.R., Senior Research, Biology Faculty, Lomonosov Moscow State University, Ph.D (Biol.); **Fitiskina N.V.**, senior teacher, Moscow State University for Food Industry; **Oleskin A.V.**, Prof. Biology Faculty, Lomonosov Moscow State University, Dr.Sci. (Biol.)

nvfitiskina@mail.ru, aoleskin@rambler.ru

Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Lenin Hills, 1(12)

Moscow State University for Food Production, 125080, Moscow, Volokolamsky Road, 11

*In terms of biotechnology, ecotol can be obtained by degrading ex-living matter (ELM) (straw or leaf litter) with myco- and microflora under aerobic conditions. Myco- and microflora also perform the functions of a biosynthetic agent: it enriches ecotol in biochemical substances. The multifunctional role played by ecotol is conditioned by a wide spectrum of chemical and biochemical substances contained in it. Supplementing soil with ecotol promotes the growth of tree seedlings and enhances their resistance to high temperatures. Ecotol is involved in immobilizing lead, a soil pollutant. This ecological function of ecotol is performed more efficiently if the tree seedlings placed in the soil possess a developed root system. The positive influence of ecotol on the soil with lead present in excess manifested itself in an improved physiological state of *Fraxinus pennsylvanica* and *Sorbus aucuparia*, L. seedlings; this was due to the restoration of photosynthetic activity and protein synthesis. These activities attained the level that is characteristic of normal heavy metal contents. In addition, peroxidase activity was stimulated to achieve the level of the control system (with a normal lead concentration). However, ecotol failed to produce a positive effect on *Picea excels*, L. seedlings against the background of excessive lead in the soil. The reason for this seems to be the influence of ecotol on the intensity of root mycorrhization that results in increasing the lead-absorbing capacity of the spruce root system. Obviously, it is the different degree of mycorrhization of spruce roots (ectomycorrhiza) and deciduous trees (arbuscularmycorrhiza) that accounted for the difference in the extent of lead absorption from the soil that occurred under the influence of ecotol. Thus, the multifunctional effects of ecotol influence the whole soil – plants (tree seedlings) – plant symbionts-mycorrhiza system.*

Keywords: ecotol, tree seedlings, drought resistance, immobilization of lead, the absorption capacity of the roots, the physiological condition of the plants, the intensity of mycorrhization.

References

1. Kaygorodov D. *Besedy o russkom lese* [Conversations about Russian forest]: *Tekst napechatan po izdaniyu «Besedy o russkom lese» (1910-1911)* [The text is printed on the publication of «Conversations on Russian Forest» (1910-1911)]. Moscow, Belyy gorod Publ., 2010, 304 p.
2. Ostroumov S.A. *Khimiko-bioticheskie vzaimodeystviya i novoe v uchenii o biosfere V.I. Vernadskogo* [Chemical-biotic interactions and new in the teaching of the biosphere V.I. Vernadsky]. Moscow, MAKSPress Publ., 2013, 91 p.
3. Lebedev G.V., Sabinina E.D., Lebedeva N.G., Bubenchikova Z.I., Abramenkova N.A., Zhiznevskaya G.Ya., Prokhorov S.F., Vostrov I.S., Pleshkov D.A., Leonova S.S., Demidov A.S. *Ekotoly. Proizvodstvo i primeneniye* [Ekotol. Production and use]. Moscow, FGUP VIMI, 2004, 116 p.
4. Kartashova E.R., Oleskin A.V., Yurina T.P., Tereshkina S.D., Fitiskina N.V. *Sokhraneniye svoystv ekotola i sposobnostey ego vozdeystviya na rasteniya vo vremennom aspekte* [Retention of properties and abilities Ekotol its effects on plants in terms of time]. *Materialy VI Moskovskogo mezhdunarodnogo kongressa «Biotekhnologiya: sostoyaniye i perspektivy razvitiya»* [Proc. VI Moscow Int. Congress «Biotechnology: State and Prospects for Development»]. Moscow, ZAO «Ekspo-biotekhnologiya», RKhTU im. D.I. Mendeleeva, 2011, ch. 2, pp. 37-38.
5. Il'in V.B., Garmash G.A. *Postupleniye tyazhelykh metallov v rasteniya pri ikh povyshennom soderzhanii v pochve* [Entrance of heavy metals in plants at their elevated levels in the soil]. *Izv. SOAN SSSR. Ser. biol. Nauk* [Math. SOAN USSR. Ser. biol. Sciences]. 1980, issue 2, no. 10, pp. 54-58.
6. Venediktov P.S., Kazimirenko N.V., Krendeleva T.E., Kukharskaya G.P. i dr. *Izucheniye fiziologicheskogo sostoyaniya drevesnykh rasteniy po kharakteristikam fluorestsentsii v kore odnoletnikh pobegov derev'ev* [The study of the physiological state of woody plants on the characteristics of the fluorescence in the bark of annual shoots of trees]. *Ekologiya* [Ecology]. 2000, no. 5, pp. 338-342.
7. Smit S.E., Rid D.Dzh. *Mikoriznyy simbioz* [Mycorrhizal symbiosis]. *Per. s tret'ego angliyskogo izdaniya E.Yu. Voroninoy* [Per. from the third English edition EJ Voronina]. Moscow, Tovarichestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012, 776 p.
8. Selivanov I.A. *Mikosimbiotrofizm kak forma konsortivnykh svyazey v rastitel'nom pokrove Sovetskogo Soyuz* [Mikosimbiotrofizm as a form consorts connection in the vegetation of the Soviet Union]. Moscow, Nauka Publ., 1981, 232 p.
9. Veselkin D.S. *Reaksiya ektomikoriz khvoynykh na tekhnogennoye zagryazneniye: Diss. ... kand. biol. nauk* [Reaction ektomikoriz conifers to industrial pollution: thesis. ... cand. biol. Sciences]. Ekaterinburg, 1999.
10. Mycorrhizal associations [Electronic resource]: The Web Resource. Section 10. Methods for identifying mycorrhizas / Mark Brundrett. 2008. Available at: <http://www.mycorrhizas.info/ecm.html> (accessed 15 November 2013).