

АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ В ФИТОГЕННОМ ПОЛЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
НА ТЕХНОГЕННЫХ ЭЛЮВИЯХ КУЗБАССА*

V.I. Ufimtsev, I.P. Belanov

THE ALLELOPATHIC MODE IN THE PHYTOGENOUS FIELD OF THE SCOTS PINE
ON TECHNOGENIC ELUVIUMS OF KUZBASS

Одним из ведущих факторов формирования фитогенных полей древесных растений является накопление аллелопатически активных веществ. Проведенные ранее исследования выявили три типа реакций на фитогенное поле деревьев сосны обыкновенной II класса возраста, произрастающих на отвалах угольной промышленности: в подкороновой зоне доминируют виды с положительной реакцией, в прикорневой – с приспособительной, во внешней – с отрицательной. Настоящие исследования направлены на изучение влияния подстилки в каждой зоне – на прорастание семян культур, обладающих различной комплементарной реакцией: соответственно сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), донника желтого (*Melilotus officinalis* L.) и редиса (*Raphanus sativus* L. convar. *radicula*) как универсальной тест-культуры. Использован метод биопроб А.М. Гродзинского. Изучены следующие показатели: динамика прорастания, энергия прорастания, всхожесть, длина проростков в момент подсчета всхожести; определено влияние колинов по шкале условных кумариновых единиц (УКЕ). Установлено, что прорастание семян сосны подавляется в вытяжке подстилки из внешней зоны, несколько меньше – из прикорневой, подавляется незначительно – в вытяжке из подкороновой зоны. Донник желтый, наоборот, сильно подавляется в подкороновой зоне, а в прикорневой и внешней показатели прорастания почти всегда соответствуют контролю. Прорастание редиса значительно подавляется в вытяжке из подкороновой зоны, несколько меньше, но с существенной разницей с контролем, подавляется в вытяжке из прикорневой зоны, а в вытяжке из внешней зоны подавление не отмечается. Таким образом, аллелопатическое воздействие колинов полностью соответствует реакции данных видов растений на фитогенное

поле деревьев сосны. Механизм данного явления связан с формированием деревьями защитной зоны, препятствующей поселению других видов, и выявляет неустойчивость сосны к колинам травянистых растений на стадии прорастания семян.

Ключевые слова: техногенный элювий, сосна обыкновенная, фитогенное поле, аллелопатия, всхожесть, энергия прорастания, условные кумариновые единицы.

One of the leading factors of formation of phytogenous fields of wood plants is accumulation of an allelopathic of active agents. The researches conducted earlier showed three types of reactions to a phytogenous field of trees of a scots pine the II class of age, growing on dumps of the coal industry: in an internal zone views with positive reaction, in transitional zone – with adaptive, in external zone – with negative dominate. The present researches are directed on studying the influence of a laying in each zone, on germination of seeds of the cultures possessing various complementary reaction – respectively – a scots pine (*Pinus sylvestris* L.), the tributary yellow (*Melilotus officinalis* L.) and a garden radish (*Raphanus sativus* L. convar. *radicula*) as universal test culture. The method of biological tests of A.M. Grodzinsky was used. The following indicators were studied: dynamics of germination, energy of germination, viability, length of sprouts at the time of viability calculation, influence of kolin was determined by a scale of the conditional coumarinic of units (CCU). It was established that germination of seeds of a pine was suppressed in a laying extract from external zone, it was slightly less in transitional zone, was suppressed slightly to an extract from internal zone. Tributary yellow, on the contrary, was strongly suppressed in internal zone, and in transitional zone and external zone germination indicators almost always correspond to control. Germination of a garden radish considera-

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-04-31088.

bly was suppressed in an extract from internal zone, it was slightly less, but with an essential difference with control, suppressed in an extract from transitional zone, and in an extract from external zone suppression isn't noted. Thus, allelopathic influence of kolin completely corresponds to reaction of these species of plants to a phytogenous field of trees of a pine. The mechanism of this phenomenon is connected with formation of trees of the protective zone interfering the settlement of other types and instability of a pine to knees of grassy plants at a stage of germination of seeds.

Keywords: technogenic eluviums, scots pine, phytogenous field, allelopathy, viability, energy of germination, conventional coumarinic units.

Введение. Аллелопатия – важнейший фактор взаимоотношений растительных организмов в сообществе, который служит одним из биологических механизмов эндоэкогенеза. Древесные растения, особенно виды-эдификаторы лесных ценозов, трансформируя факторы внешней среды посредством фитогенных полей – освещенность, температуру, влажность, доступность элементов минерального питания и др., влияют на структуру подчиненных ярусов [4]. По мере роста и развития растения выделяют аллелопатически активные вещества, которые дополняют трансформацию экологических факторов, в совокупности приводя к горизонтальной дифференциации сообщества и формированию определенных связей между его компонентами.

Насаждения сосны обыкновенной, произрастающие на техногенных элювиях – отвалах угольной промышленности, представляют собой молодые формирующиеся экосистемы. С учетом молодого возраста насаждений (30–45 лет) механизмы взаимодействия их компонентов могут быть изменчивы и потому остаются малоизученными. Если трансформация факторов внешней среды может быть оценена общепринятыми для лесных фитоценозов параметрами, то для оценки внутренних взаимоотношений в сосняках, произрастающих на отвалах, необходимо использовать оригинальный подход с учетом пространственной структуры формирующихся фитогенных полей.

В природе аллелопатии ведущая роль принадлежит колинам – водорастворимым и физиологически активным веществам, присутствующим

в растительных выделениях. Колины, как правило, представляют собой очень сложную смесь различных физиологически взаимодействующих между собой веществ. Биологический эффект колинов может быть совершенно различным – в одних условиях они выступают ингибиторами, в других – стимуляторами роста, в третьих – не действуют. Учитывая избирательное действие колинов к природным объектам, необходимо рассматривать несколько видов растений, обладающих различной реакцией на фитогенное поле сосны во всех условиях его проявлений.

Цель работы. Изучение влияния аллелопатически активных веществ подстилки на ростовые процессы растений подчиненного яруса в фитогенном поле сосны обыкновенной на отвалах угольной промышленности.

Материалы и методы. Сосна обыкновенная является доминирующей древесной породой на отвалах Кузбасса во всех природно-климатических подзонах. В качестве модельного объекта выбраны насаждения, произрастающие на спланированных отвалах Кедровского угольного разреза без нанесения плодородного или потенциально плодородного слоя. Субстрат отвала состоит из гетерогенной смеси песчаников и алевролитов, с небольшой долей конгломератов и суглинков.

Образцы подстилки отбирались в фитогенном поле 27-летних модельных деревьев сосны. Изучение выделений подстилки на прорастание семян проводилось методом биопроб [1, 2]. В качестве тест-культур выбраны семена видов, показывающих различную комплиментарную реакцию на фитогенное поле: сосна обыкновенная (подрост) – с положительной реакцией, донник желтый – с приспособительной реакцией, редис как универсальный биоиндикатор предположительно обладает отрицательной реакцией. Семена сосны обыкновенной для эксперимента специально собирались с модельных деревьев в марте текущего года.

Для проращивания за 24 часа готовилась водная вытяжка с добавлением подстилки из расчета 1:100. Предварительно образцы подстилки измельчались в соответствии с пропорциями вещественного состава подстилки. В качестве контрольного варианта выбрано проращивание семян тех же культур в талой снеговой

воде. В чашки Петри на дно помещалась фильтровальная бумага в 5 слоев и размещались семена тест-культур в количестве 100 шт. Семена заливались 20 мл приготовленного настоя и накрывались крышкой. Чашки Петри помещались в темный термостат с постоянной температурой + 28°C. Учет проростков проводился ежедневно, начиная со 2-х суток с момента закладки семян. Процент всхожести семян биотеста пересчитывали в условные кумариновые единицы (УКЕ) по шкале Гродзинского.

Энергию прорастания (сутки) определяли по формуле

$$E = \frac{x_1 + x_2 \times 2 + x_3 \times 3 + \dots + x_n \times n}{X},$$

где $x_1 \dots x_n$ – число проросших семян в первые, вторые и последующие сутки, %; n – стандартный срок для определения всхожести семян каждой культуры (для редиса и донника – на 3-и сутки, для сосны – на 7-е); X – полная лабораторная всхожесть семян, %.

После завершения срока проращивания проводились учет всхожести и биометрические из-

мерения проростков. Для достижения репрезентативности эксперимент проведен троекратно, последовательно после получения данных предыдущей серии.

Результаты и их обсуждение. Вещественный состав верхнего опадного слоя подстилки в подкрановой зоне – в пределах периферии кроны – наполовину состоит из хвои, 2/5 сухой массы составляют шишки, остальное – мелкие ветки, доля морт-массы травянистых растений не существенна (табл.). В прикрановой зоне – в радиусе 1,0–1,5 м от периферии кроны – хвоя и шишки составляют примерно равные доли в массе подстилки, доля мелких веток снижается практически до нуля, доля массы травянистого опада составляет более 1/10. Во внешней зоне подстилка почти исключительно состоит из опада травостоя, хвоя попадает спорадически и существенной роли в формировании опада не выполняет. Таким образом, в фитогенном поле сосны формируется два типа подстилки – в подкрановой и прикрановой зонах подстилка состоит преимущественно из опада сосны, во внешней – из морт-массы луговых трав.

Структура растительного опада в фитогенном поле моделей, %

Зона ФП и горизонт взятия образца	Хвоя	Трава	Шишки	Ветки
Подкрановая	52,0±2,3	0,6±0,3	41,0±0,73	6,5±1,5
Прикрановая	39,5±10,7	13,5±6,5	45,7±14,1	1,3±1,3
Внешняя	0,1±0,06	99,9±0,06	0,0	0,0

В эксперименте семена донника желтого начинают активно прорастать в первые сутки. В вытяжке из подкрановой зоны (П) прорастание донника замедленное, на вторые сутки количество проросших семян в два раза ниже, чем в контроле (К) (рис.1). Энергия прорастания здесь составляет 2,6±0,1 суток (в контроле – 1,9±0,21 суток), всхожесть – 84±2,1 % (в контроле – 99±0,6 %), длина проростков – 11±1,1 мм (в контроле – 44,6±1,3 мм). В двух других вариантах динамика прорастания на 5–10 % ниже, при этом длина проростков за аналогичный промежуток времени составляет 88–92 % от контрольных значений (рис. 2). Показатели энергии прорастания и всхожести во внешней зоне (В)

достоверно не отличаются от контрольного варианта.

Редис во всех вариантах начинает прорастать на вторые сутки, при этом снижение показателей прорастания прослеживается в первых двух зонах, на третьи сутки в вытяжке из прикрановой зоны (ПК) динамика прорастания приближается к контролю и показателю внешней зоны, которые статистически значимых различий между собой не имеют (см. рис.1). Наибольшее ингибирование отмечается в подкрановой зоне: энергия прорастания составляет 3,9±0,2 % (контроль – 3,1±0,2 суток); всхожесть – 64±2,1 % (контроль – 79±1,2 %); длина проростков – 6,3±0,8 мм (контроль – 13,4±0,9 мм); в

прикрановой зоне всхожесть близка к контрольным значениям – $77 \pm 2,3$ %, однако несколько увеличенный срок прорастания ($3,3 \pm 0,1$ суток) и

значительно меньшая длина проростков ($5,7 \pm 1,4$ мм) свидетельствуют о существенном влиянии аллелопатии в данной зоне (рис. 2)

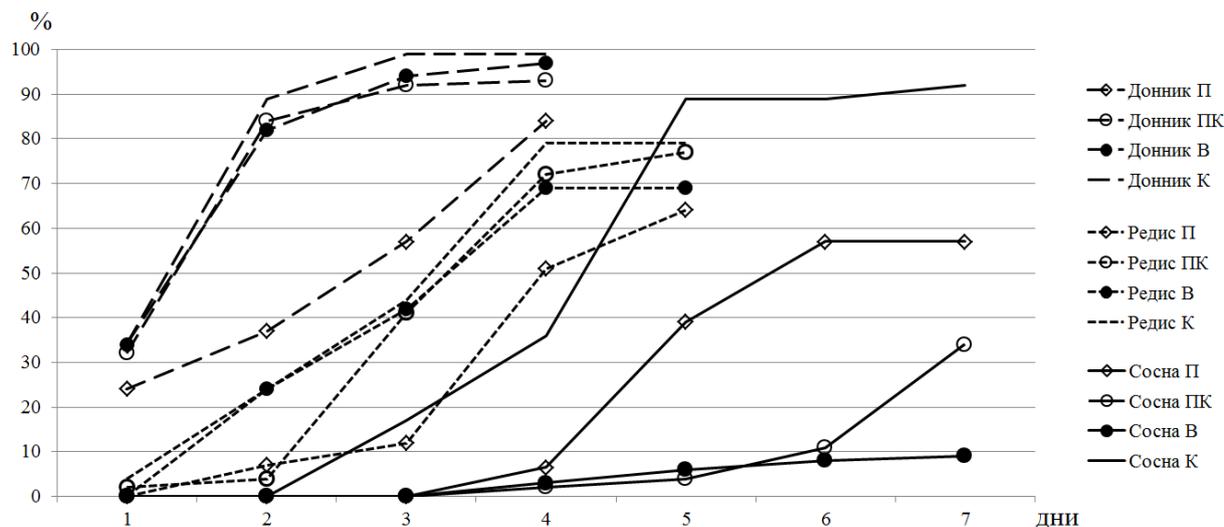


Рис. 1. Динамика прорастания семян тест-культур в вытяжке подстилки по зонам фитогенного поля

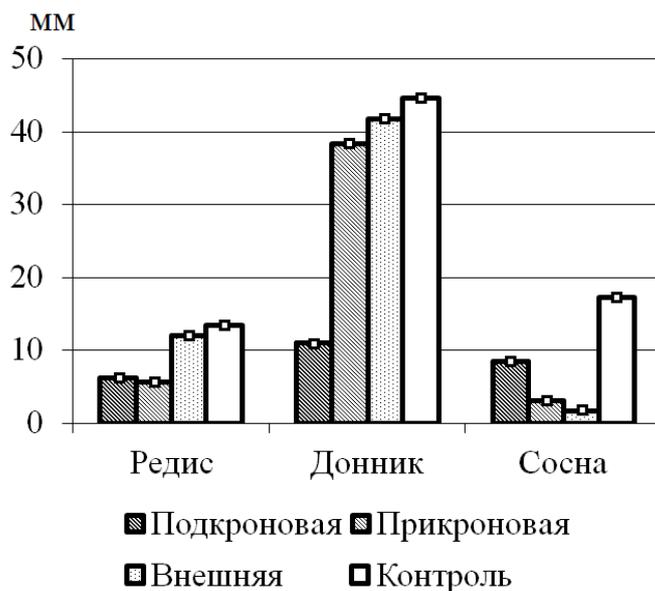


Рис 2. Средняя длина проростков при учете всхожести семян, мм

Сосна обыкновенная в контроле начинает прорастать на третьи сутки, в вариантах с подстилкой – на четвертые. Во внешней зоне энергия прорастания семян составляет 12,2 суток, всхожесть – $9 \pm 3,7$ %, длина проростков – $1,7 \pm 0,34$ мм. В прикрановой зоне энергия прорастания в два раза выше – $6,9 \pm 0,9$ суток, всхожесть достигает 34 %, длина проростков – $3,1 \pm 0,6$ мм. Наиболее высокие показатели в

подкрановой зоне: энергия прорастания – $5,8 \pm 0,5$ суток (в контроле – $4,5 \pm 0,7$); всхожесть – $57 \pm 1,9$ % (в контроле – $92 \pm 1,0$); длина проростков – $8,5 \pm 0,7$ мм (в контроле – $17,3 \pm 3,3$).

Таким образом, донник желтый, произрастание которого в фитогенном поле приурочено к прикрановой зоне и который в связи с этим обладает приспособительной реакцией, минимальные показатели прорастания семян пока-

зывает в подкроновой зоне, а на воздействие колинов прикроновой зоны не реагирует. Редис, предположительно обладающий отрицательной реакцией на фитогенное поле сосны, как и большинство луговых видов отвалов, формирующих сомкнутый травостой во внешней зоне фитогенных полей, резко отрицательно отзывается на воздействие аллелопатически активных веществ подкроновой зоны и снижает ростовые процессы под влиянием колинов прикроновой зоны.

Сосна обыкновенная, подрост которой обладает положительной реакцией на фитогенное поле взрослых особей, хуже всего прорастает под влиянием колинов внешней зоны, несколько

лучше – прикроновой, а в подкроновой зоне показывает удовлетворительные показатели прорастания. Количественная оценка колинов по шкале условных кумариновых единиц показывает значительное их влияние на прорастание семян сосны во внекромовом пространстве (1075–1280 УКЕ), в подкромовом же пространстве влияние ингибиторов либо значительно ослабевает (290–350 УКЕ), либо активизируется действие избирательных стимуляторов, которое не распространяется на большинство других видов, в связи с этим не обладающих положительной реакцией на фитогенное поле сосны (рис. 3).

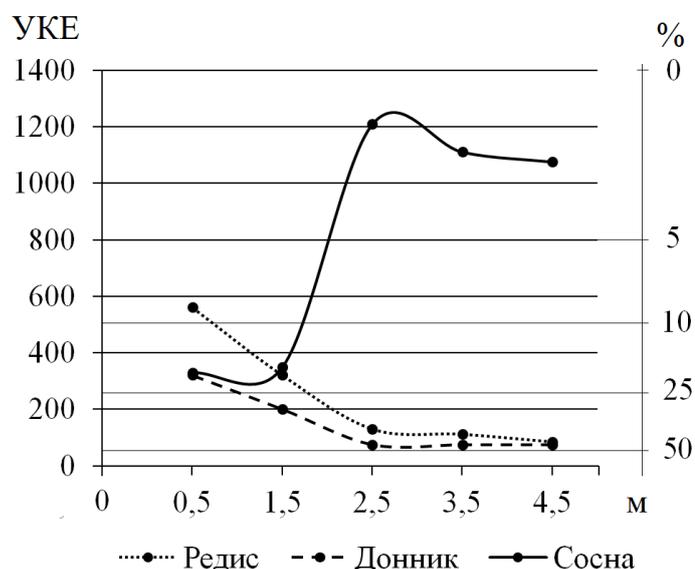


Рис. 3. Активность колинов (УКЕ) в подстилке в ингибировании прорастания тест-культур (%) по мере удаления от ствола дерева (м)

Учитывая сходный вещественный состав подстилки в подкроновой и прикроновой зонах и в то же время сильное различие влияния колинов на прорастание семян сосны в данных зонах, можно предположить о существовании нескольких факторов, определяющих состав колинов. В частности, повышенное увлажнение прикромовой зоны может усиливать экстакцию колинов в подстилке, их специфичность также может быть обусловлена усиленным развитием мохового покрова в данной зоне [3]. В подкромовой зоне с дефицитным увлажнением моховой покров отсутствует, поэтому процесс формирования комплекса аллелопатически активных веществ протекает, вероятно, в ином направлении.

Ошибочно утверждать, что выделения опада сосны не способствуют угнетению собственного подростка. В природе сосна часто формирует одновидовые насаждения, особенно в жестких лесорастительных условиях, вследствие чего, вероятно, сформировался подобный аллелопатический режим. Благодаря ему сосна формирует защитную зону, где прочие виды испытывают гораздо более сильное угнетение, чем молодое возобновление самой сосны [3]. На некотором удалении от материнских деревьев, где аллелопатический режим сосны ослабевает, прорастание семян сосны подавляется коллинами травянистых растений, имеющих по отношению к сосне более выраженный ингибирующий эффект. Возможно и обратное: у подростка сос-

ны обыкновенной, обладающей повышенной устойчивостью в олиготрофных условиях, отсутствует механизм устойчивости при конкуренции со стороны травянистой растительности, по крайней мере до тех пор, пока воздействие внешних экологических факторов, в т.ч. и техногенных, не приведет к формированию свободных экологических ниш, которые сосна способна активно освоить.

Заключение. Устойчивость видов растений, присутствующих в растительном опаде подкроновой, прикроновой и внешней зон на отвалах, к аллелопатически активным веществам полностью соответствует комплиментарности этих видов к присутствию фитогенных полей сосны обыкновенной. Таким образом, приуроченность видов растений, обладающих положительной, приспособительной и отрицательной реакцией на фитогенное поле взрослых деревьев сосны, определяется не только факторами внешней среды, которые в фитогенном поле претерпевают значительную трансформацию, но и аллелопатическим режимом, складывающимся на отвалах угольной промышленности при эндоэкогенезе насаждений сосны обыкновенной.

Литература

1. Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. – Киев: Наук. думка, 1965. – 200 с.
2. Аллелопатическое влияние деревьев на формирование травянистого покрова в их

подкроновом пространстве / О.П. Лаврова, Д.А. Петров, Е.В. Аржаева [и др.]. – URL: <http://www.rae.ru/forum2012/266/2804> (дата обращения: 15.11.2015).

3. Лебедева В.Х., Тиходеева М.Ю., Ипатов В.С. Оценка влияния деревьев на виды травяно-кустарничкового и мохового ярусов в сосняке чернично-зеленомошном // Ботан. журн. – 2006. – Т. 91, № 2. – С. 176–192.
4. Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. – М.: Наука, 1965. – Т. 1. – С. 251–254.

Literatura

1. Grodzinskij A.M. Allelopatiya v zhizni rastenij i ikh soobshhestv. – Kiev: Nauk. dumka, 1965. – S. 200.
2. Allelopaticheskoe vliyanie derev'ev na formirovanie travyanistogo pokrova v ikh podkronovom prostranstve / O.P. Lavrova, D.A. Petrov, E.V. Arzhaeva [i dr.]. – URL:<http://www.rae.ru/forum2012/266/2804> (data obrashheniya: 15.11.2015).
3. Lebedeva V.Kh., Tikhodeeva M.Yu., Ipatov V.S. Otsenka vliyaniya derev'ev na vidy travyanokustarnichkovogo i mokhovogo yarusov v sosnyake chernichno-zelenomoshnom // Botan. zhurn. – 2006. – Т. 91, № 2. – S. 176–192.
4. Uranov A.A. Fitogennoe pole // Problemy sovremennoj botaniki. – М.: Nauka, 1965. – Т. 1. – S. 251–254.

УДК 631.4-631.82

И.И. Шепелев, И.С. Стыглиц,
Е.Н. Еськова, А.М. Жижяев

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И ТОКСИЧНЫХ СВОЙСТВ НЕФЕЛИНОВЫХ ШЛАМОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

I.I. Shepelev, I.S. Styglits,
E.N. Eskova, A.M. Zhyzhaev

THE RESEARCH OF CHEMICAL AND TOXIC PROPERTIES NEPHELINE SLIME WITH THE PURPOSE OF THEIR USE IN THE AGRICULTURE

Целью исследования являлась оценка возможности использования отходов глиноземного производства в качестве мелиоранта кислых почв для повышения плодородия почв

Красноярского края. В качестве объекта исследований выбраны нефелиновые шламы – отходы глиноземного производства ОАО «РУСАЛ Ачинск». С применением физико-