

ЛЕТУЧИЕ МЕТАБОЛИТЫ ЯВОРА

В.В. Слепых

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сочинский национальный парк»
Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Кисловодский сектор
научного отдела, Кисловодск, Россия, e-mail: niprozemles@yandex.ru

Введение

Фитоорганический фон летучих метаболитов, создаваемый зелеными насаждениями курортов, рассматривается в настоящее время в качестве самостоятельного курортного ресурса. Летучие метаболиты парковых насаждений используются для лечения хронических неспецифических заболеваний легких, сердечно-сосудистых и других заболеваний. Процедура протекает в естественных условиях в результате применения лечебного терренкура в сочетании с нахождением больных в куртинах определенных пород деревьев. Для научно обоснованного назначения естественной аэрофитотерапии необходимо изучение биологической активности летучих метаболитов отдельных пород деревьев и кустарников, качественного и количественного состава их летучей органики. Явор широко распространен в парках региона в виде чистых куртин и в смеси с другими породами. Задачей этого исследования являлось определение бактериостатичности летучих метаболитов явора, динамики бактериостатичности под воздействием факторов окружающей среды, компонентного состава летучих фитоорганических веществ, выделяемых этой древесной породой.

Объект исследования

Объект исследования – насаждение явора или клена ложноплатанового (*Acer pseudoplatanus* L.) в возрасте 35 лет, произрастающее по маршруту терренкура 2Б в Кисловодском курортном парке региона Кавказские Минеральные Воды Ставропольского края. Высота произрастания над уровнем моря – 949 м. Площадь – 0,15 га. Участок расположен на дне котловины, имеющей уклон 3° западной экспозиции. Микрорельеф с разностью высот около 1 м. Нанорельеф представлен понижениями в виде полос, возникшими, очевидно, в процессе посадки культур. Схема посадки: 2,5х1,0 м. В растительности выделяются синузии явора и травяного покрова. Таксационные показатели древостоя представлены в таблице 1. Уход за древостоем не проводился. **Подрост** в количестве 5 тыс. шт./га, представлен в основном явором, а также, ясенем обыкновенным. Вследствие значительной затененности материнским пологом подрост не благонадежен. Его высота – 0,1 м, отдельные экземпляры – до 1,0 м. **Подлесок** представлен единичными экземплярами бузины черной высотой до 1,5 м. Среди **травяного покрова**, равномерно распределенного по площади, выделяется одна синузия сныти обыкновенной – сор.¹ высотой до 1,0 м. Проективное покрытие почвы – 90%. В южной части участка, граничащей с прогалиной, вследствие повышенной освещенности, отмечается злаковая растительность. Моховой покров из *Drepanocladus*, встречающийся на отдельных камнях, жизнеспособный, плотный, мощностью живого слоя – 1,5 см. Степень покрытия почвы – 5%. Почва – деградированный чернозем.

Таблица 1 – Основные таксационные показатели насаждения явора

Состав древостоя	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Бонитет	Полнота	Количество деревьев, шт./га	Древесный запас, м ³ /га	Тип условий произрастания
10 Яв	35	17,5	14,4	1а	1,0	1800	234	Д ₂

Методы исследования

Бактериостатичность (фитонцидность) летучих метаболитов (ЛМ) явора изучали по усовершенствованной нами методике Б.П. Токина [1, 2]. На поверхность питательной среды

(МПА, 6% NaCl) в чашки Петри высевалось заданное количество микробных клеток (КОЕ=216±22) культуры *Staphylococcus aureus* 209p. В чашку помещали навеску листы явора весом 4 г с расчетом отсутствия контакта между нею и поверхностью питательной среды. *S. aureus* 209p выращивали 36 часов при температуре 37°C; pH – 7,3. По количеству проросших колоний в чашках Петри с листвой и в контроле определяли процент угнетения тест-культуры. Листву для опыта отбирали в полдень в середине лета. В момент отбора листы фиксировали основные метеорологические условия.

В целях определения компонентного состава ЛМ отбор проб воздуха проводили в полдень под пологом насаждения явора путем прокачивания воздуха аспиратором модели 822 через стеклянные трубки с сорбентом тенакс. Экспозиция составляла от 20 до 40 мин. Скорость прокачивания – 0,1 л/мин. Анализ проб осуществлен в лаборатории химического факультета Санкт-Петербургского государственного университета на хроматомасс-спектрометре LKB-2091 шведского производства с использованием стальной капиллярной колонки (45 м x 0,02 мм) с неподвижной фазой динонилфталат в режиме программирования температуры от комнатной до 130°C со скоростью 3°/мин. Пробы десорбировались в токе гелия (0,8 мл/мин). При термодесорбции контейнер с пробой нагревался от комнатной температуры до 300° в течение 20 мин. Масс-спектры разделенных на капиллярной колонке компонентов записывали при энергии ионизирующих электронов – 70 эВ. Идентификацию соединений производили сопоставлением полученных спектров с опубликованными [3]. Полученный экспериментальный материал обрабатывали статистически [4].

Результаты и обсуждение

Бактериостатичность ЛМ явора соответствовала 39% угнетения культуры *S. aureus* 209p, что характеризует явор как породу средней бактериостатичности [2].

В результате исследований установлена связь бактериостатичности явора со скоростью ветра (м/с) и влажностью воздуха, выраженной в абсолютных (упругость водяного пара, гПа) единицах (таблица 2).

Коэффициенты корреляции установленных парных связей имеют низкие значения: $r=0,43-0,44$. В то же время значимость связи для абсолютной влажности воздуха не превышает уровень значимости 3%, а для скорости ветра 5%, что свидетельствует о достаточной достоверности полученных моделей.

Кривая регрессии бактериостатичности явора от значений абсолютной влажности воздуха по форме приближается к прямой и имеет обратно пропорциональную направленность (рисунок 1), что отражает общую тенденцию обратно пропорциональной связи бактериостатичности древесных пород с влажностью воздуха в пределах фиксированного опытом интервала этого метеопказателя [2].

Бактериостатичность явора в пределах фиксированных опытом параметров метеоусловий находится в пропорциональной зависимости от скорости ветра (таблица 2), (рисунок 2).

Таблица 2 – Модели бактериостатичности явора в зависимости от метеорологических условий

Порядковый номер модели	Метеорологические факторы	Уравнения регрессии бактериостатичности явора (%) под влиянием метеоусловий	Коэффициент корреляции (r)	Значимость (p)	Интервал фиксированных значений метеоусловий
1	Абсолютная влажность воздуха (e, гПа)	$Y=77,8024545-4,9814570e+0,093274011e^2$	0,44	0,02445	6,9–22,2
2	Скорость ветра (V, м/с)	$Y=-2,1148566+29,6994071V-4,5529674V^2$	0,43	0,04117	0,6–2,1
3	Абсолютная влажность воздуха (e, гПа) и скорость ветра (V, м/с)	$Y=94,1150021-9,4351460e+0,239491698e^2+21,3712153V-7,1481596V^2$	0,59	0,01093	Те же

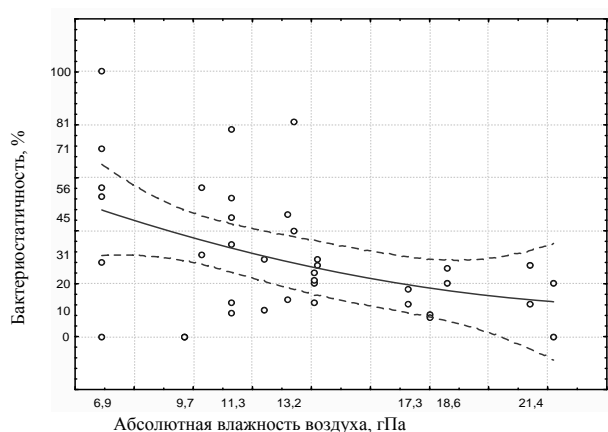


Рисунок – 1 Динамика бактериостатичности явора в зависимости от значений абсолютной влажности воздуха

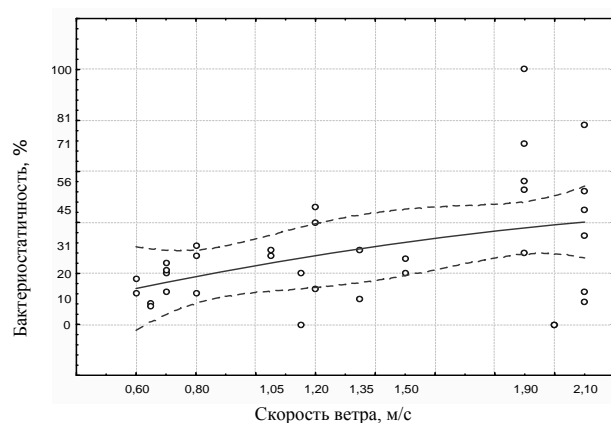


Рисунок – 2. Динамика бактериостатичности явора под влиянием скорости ветра

Множественная модель регрессии бактериостатичности явора от совместного влияния абсолютной влажности воздуха и скорости ветра демонстрирует усиление корреляции с $r=0,44$ и $0,43$ соответственно до $R=0,59$. При этом достоверность связи увеличилась фактически до 1% уровня значимости: $p=0,01093$ (таблица 2, рисунок 3).

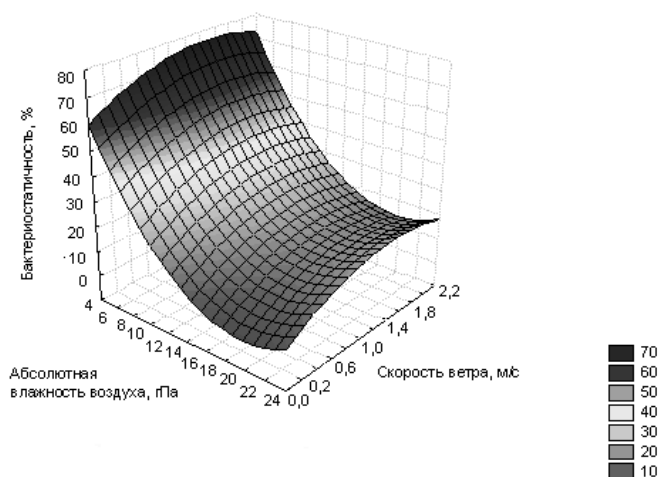


Рисунок – 3 Совместное влияние влажности воздуха и скорости ветра на бактериостатичность явора

Состав летучих метаболитов явора довольно разнообразен, что характерно для лиственных пород в целом, выделения которых относятся к большему числу соединений, чем у хвойных растений (таблица 3). Обращает внимание наличие в составе метаболитов явора большого количества бициклических (α -пинен, β -пинен) и присутствие моноциклических (лимонен, β -фелландрен и др.) терпенов, которые типичны для выделений хвойных пород.

Таблица 3 – Компонентный состав летучих метаболитов явора

Компонент	Присутствие компонента	Компонент	Присутствие компонента
1. Углекислый газ с примесью пропана (Carbone dioxydum cum Propano)	++	15. 3-Пентанон (3-Pentanolum)	+
2. 1-Бутен (1-Butenum)	+	16. Толуол (Toluolum)	+
3. Ацетальдегид с примесью изопентана (Acetaldehydum cum Izopteno)	++	17. Метилпропенилкетон (Methylpropenylum-ketonom)	+
4. Фуран (Furanum)	+	18. α -Пинен (α -Pinenum)	++
5. Ацетон (Acetonum)	+	19. Этилфуран (Aethylfuranum)	+
6. Этанол (Aethanolum)	+	20. Стирол (Styrolum)	+
7. α -Метилакролеин+2-Метилфуран (α -Methylumacroleinum+ 2- Methylfuranum)	+	21. β -Пинен (β -Pinenum)	++
8. Бутаналь+Метилвинил-кетон (Butanalum+Methylvinylketonom)	+	22. Мирцен (Mirzenum)	+
9. Бутанон-2 (Butanonum-2)	+	23. 3-Карен (3-Carenum)	+
10. 3-Метилфуран+Кротональ (3-Methylfuranum + Crotonalum)	+	24. Лимонен (Limonenum)	+
11. Бензол (Benzolum)	+	25. β -Фелландрен (β -Fellandrenum)	+
12. Метилизопропил-кетон (Methylisopropylum-ketonom)	++	26. n-Цимол (n-Cimolum)	+
13. Метилизопропенилкетон (Methylisopropenylum-ketonom)	+	27. Бензальдегид (Benzaldehydum)	+
14. Силоксан (Siloxanum)	+		

Примечание: (++) – основной компонент; (+) – компонент присутствует; (сл.) – следы компонента.

Присутствие в летучих метаболитах явора значительного количества терпенов определяет возможность аналогичного сосне использования этих пород в целях естественной аэрофитотерапии [2, 5].

Выводы

1. Бактериостатичность летучих метаболитов явора соответствует 39% угнетения культуры *S. aureus* 209p, что характеризует явор как породу средней бактериостатичности.

2. Установлена зависимость фитонцидной активности явора от влажности воздуха и скорости ветра. Полученные модели парной и трехмерной регрессии позволяют прогнозировать бактериостатичность насаждений явора в зависимости от состояния данных метеофакторов.

3. В результате анализа летучих метаболитов явора идентифицировано 27 соединений. Присутствие в летучих метаболитах явора в качестве основных компонентов α -пинена и β -пинена приближает эту листовенную древесную породу по своему воздействию на объекты окружающей среды к представителям рода *Pinus*.

4. Наличие в летучих метаболитах явора значительного количества терпенов определяет возможность аналогичного сосне использования этой породы в целях естественной аэрофитотерапии.

Список литературы

- Токин, Б.П. Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах / Б.П. Токин. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. – 280 с.
- Слепых, В.В. Фитонцидные и ионизирующие свойства древесной растительности. / В.В. Слепых. – Кисловодск, 2009. – 180 с. – ISBN 5-89421-005-4.
- Каталог сокращенных масс-спектров / Под ред. А.М. Колчина. – Новосибирск: Наука, 1981.
- Боровиков, В. СТАТИСТИКА: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.
- Акимов, Ю.А. Методические рекомендации по применению местных и интродуцированных пород в санаторных парках Южного Берега Крыма. / Ю.А. Акимов, И.Ф. Остапчук, Г.С. Захаренко. – Ялта: Изд-во Никитск. ботан. сада, 1987. – 31 с.