

УДК 655.523:504.054

**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ
НА СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА *CUPRESSUS*
SEMPERVIRENS L.**

Марчук Н.Ю., Ежов В.Н.

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, Ялта, Украина
E-mail: marchuk_n@i.ua*

Исследовано изменение содержания и состава эфирного масла кипариса вечнозеленого под воздействием антропогенного загрязнения среды. Отмечено уменьшение содержания дитерпенов в эфирном масле из хвои и увеличение доли производных терпенов в эфирном масле из шишек.

Ключевые слова: *Cupressus sempervirens* L., эфирное масло, α -пинен.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях повышенной плотности промышленных объектов и низкой эффективности очистных сооружений техногенное загрязнение становится одной из причин ослабления и усыхания зеленых насаждений городов, пригородных лесов. В связи с этим ранняя диагностика жизненного состояния растений приобретает важное практическое значение для предотвращения деградации насаждений и сохранения их средообразующих функций [1]. Воздействие на древесные растения различных стрессовых факторов (механическое повреждение, техногенные загрязнения, грибные болезни) вызывает ответную реакцию, прежде всего, на физиолого-биохимическом уровне, и уже затем развиваются видимые симптомы повреждения. Исходя из этого, эффективнее в качестве индикаторов использовать биохимические показатели [2]. Нередко в их качестве используют отдельные соединения в тканях, такие как аминокислоты, белки, углеводы и другие. Однако применение ограничивается рядом факторов, основными из которых являются существенная разнородность фондов первичного обмена и их сложная временная изменчивость не только в течение сезона, но и суток. В связи с этим, в настоящее время в качестве индикаторов состояния среды стали применять вторичные метаболиты [3–7].

Из вторичных метаболитов все большее распространение для оценки воздействия антропогенных факторов окружающей среды находят терпеноидные соединения ассимиляционного аппарата – эфирные масла [3, 8–10]. Установлено, что компоненты эфирного масла хвои сосны, в частности α -пинен, быстро реагируют на стрессовые воздействия загрязнений и являются оптимальными индикаторами ранней диагностики состояния деревьев [7].

Большое количество работ посвящены изучению вторичных метаболитов сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) [1, 5, 7, 10] и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.)

[3, 4, 6]. Совершенно не изучен в этом отношении широко распространенный в условиях ЮБК кипарис вечнозеленый (*Cupressus sempervirens* L.), использующийся для озеленения дорог, парков и скверов, который также весьма чувствителен к загрязнению воздушной среды [11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в мае 2010 г. Пробы хвои и шишек *C. sempervirens* отбирались у 50-летних деревьев, растущих в 1-2 м от полотна дороги на загазованном участке – на отрезке югобережного шоссе около Никитского сада. Контролем служили хвоя и шишки одновозрастных растений, находящихся в относительно чистых экологических условиях в арборетуме НБС-ННЦ. Для исследований брали образцы хвои и шишек с 10 опытных и контрольных растений. Эфирные масла выделяли методом гидродистилляции. После окончания перегонки и охлаждения отсчитывали объем отстоявшегося слоя эфирного масла и вычисляли его содержание в объемно-весовых процентах по отношению к воздушно-сырому сырью [12].

Состав эфирных масел определяли с помощью хроматографа Agilent Technology 6890 с масс-спектрометрическим детектором 5973, колонка HP-1 длиной – 30 м, внутренний диаметр – 0,25 мм. Температура термостата программировалась от 50 °С до 250 °С со скоростью 4 °С/мин. Температура инжектора – 250 °С, газ носитель – гелий, скорость потока 1 см³/мин. Перенос от газового хроматографа к масс-спектрометрическому детектору прогревался до 230 °С. Температура источника поддерживалась на уровне 200 °С. Электронная ионизация проводилась при 70 eV в ранжировке масс *m/z* от 29 до 450. Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST 05-WILEY (около 500000 масс-спектров).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что хвоя и шишки *C. sempervirens* содержат эфирное масло в различных концентрациях. Его содержание незначительно уменьшилось и в хвое (с 0,18 до 0,15%), и в шишках (0,7% трасса и 0,6% контроль). Это связано со снижением интенсивности биосинтеза фитоорганических веществ из-за загрязнения атмосферы [5].

В качественном составе эфирных масел изменения произошли в увеличении компонентов среди сесквитерпенов и производных терпенов (табл.1). Состав эфирного масла из хвои и шишек изменился по-разному. Если для эфирного масла, полученного из хвои, характерно увеличение доли сесквитерпенов и уменьшение доли производных терпенов, то для эфирного масла, экстрагированного из шишек, снижение содержания монотерпенов и увеличение производных терпенов.

Помимо этого отмечается перераспределение массовой доли в составе терпеноидов. Ожидаемого снижения α -пинена [10] в хвое не наблюдалось. Для состава эфирного масла из хвои наиболее значимыми являются снижение α -кедролола, эпиманоилоксида, 13(16),14-лабдадиен-8-ола на фоне роста доли Δ^3 -карена.

Для состава эфирного масла из шишек наиболее значимыми являются увеличение вклада γ -терпинена и терпинен-4-ола с одновременным уменьшением α -пинена.

Таблица 1.

Состав эфирного масла хвои и шишек *Cupressus sempervirens* L. на разных участках, % от суммы компонентов

Время выхода, мин	Компонент	Хвоя		Шишки	
		Контроль (НБС)	Трасса	Контроль (НБС)	Трасса
1	2	3	4	5	6
Монотерпены					
5.48	трициклен	0,289	0,313	0,278	0,230
5.61	α -туйен	0,307	0,300	0,471	0,614
5.87	α -пинен	49,590	49,013	41,769	37,002
6.11	α -фенхен	0,317	0,670	0,545	0,517
6.16	камфен		0,372	0,347	0,314
6.82	сабинен	0,667	1,019	3,159	3,445
6.90	β -пинен	2,620	2,549	1,958	1,719
7.31	мирцен	3,922	3,715	3,657	3,693
7.70	α -фелландрен				0,167
7.91	Δ^3 -карен	15,051	16,287	12,817	13,369
8.06	α -терпинен	0,201	0,211	0,650	1,148
8.32	пара-цимен	0,264	0,258	0,282	0,416
8.44	лимонен	4,517	4,208	2,615	2,935
9.37	γ -терпинен	0,427	0,435	1,099	1,896
10.32	терпинолен	2,776	3,379	3,695	4,209
Сумма монотерпенов		80,948	82,729	73,342	71,674
Сесквитерпены					
20.26	юнипен			0,264	0,161
20.43	α -кедрен	0,112	0,113	0,328	0,458
20.59	кариофиллен	0,159	0,306	0,903	0,631
21.19	β -кубебен		0,181		
21.34	α -гумулен	0,200	0,442	0,644	0,311
21.55	эпи-бициклосесквифелландрен		0,388		
21.83	α -аморфен			0,159	
21.92	гермакрен D	0,631	1,681	1,900	2,210
22.25	эпизонарен		0,190		0,183
22.72	δ -кадинен			0,313	0,229
22.73	каламенен		0,287		
23.82	кариофилленоксид			0,318	0,204
24.18	α -кедрол	4,831	3,639	3,011	3,630
24.34	кубенол	0,259			
24.79	эпи- α -кадинол		0,257	0,283	
25.00	α -кадинол	0,714	0,590	0,242	0,209
Сумма сесквитерпенов		6,906	8,074	8,365	8,226

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Дитерпены					
28.29	пимара-8(14),15-диен		1,187		
29.67	эпиманоиллоксид	3,268	1,465	0,422	0,347
30.41	абиета-8(14),9(11),12-триен	0,412	0,385	0,809	0,203
30.72	2-окси-12-метокси-19-нор- подокарпа-4,8,11,13-тетраен-3- он		0,977		
31.00	13(16),14-лабдадиен-8-ол	2,239	0,490	0,127	
31.31	8-окси-сандаракопимарен				0,086
32.93	трикозан		0,419		
33.25	тотарол	0,212	0,188	0,312	0,047
Сумма дитерпенов		6,131	5,111	1,67	0,683
Сумма терпенов		93,985	95,914	83,377	80,583
Производные терпенов					
11.45	цис-пара-мент-2-ен-1-ол				0,171
12.05	транс-пара-мент-2-ен-1-ол				0,124
12.17	камфора				0,084
12.33	цис-пара-мент-1,5-диен-8-ол				0,084
12.97	борнеол			0,722	0,513
13.31	терпинен-4-ол	0,711	0,715	5,873	8,978
13.78	α -терпинеол	0,431	0,366	1,879	2,054
16.90	борнилацетат		0,129	0,953	1,077
18.59	терпинен-4-ол ацетат	0,422	0,390	0,590	0,697
18.88	α -терпинилацетат	3,286	2,398	4,033	4,343
Сумма производных терпенов		4,85	3,998	14,05	18,125
Нетерпеновые соединения					
15.53	метилкарвакрол	0,244	0,087		
Сумма нетерпеновых соединений		0,244	0,087	0	0
Количественное содержание идентифицированных компонентов		99,079	99,999	97,427	98,708

ВЫВОДЫ

1. Под влиянием антропогенного загрязнения среды содержание эфирного масла в хвое и шишках *C. sempervirens* снижается.
2. Прогнозируемое уменьшение количества α -пинена нашло подтверждение только для эфирного масла шишек *C. sempervirens*.
3. Для определения влияния стресса лучше использовать содержание дитерпенов для эфирного масла из хвои и производных терпенов в эфирном масле из шишек *C. sempervirens*.

Список литературы

1. Сотникова О.В. Влияние аэрогенного загрязнения на рост и химический состав вегетативных органов сосны обыкновенной. Автореф. дис. канд. хим. наук. – Красноярск, 2004. – 20 с.

2. Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н.Е. Судаčkова, И.В. Шеин, Л.И. Романова [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1997. – 176 с.
3. Есякова О.А. Ассимиляционный аппарат ели сибирской как индикатор загрязнения городской атмосферы / О.А. Есякова, В.М. Воронин, Р.А. Степень // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – Т.25, № 1-2. – С. 109–112.
4. Неверова О.А. Химический состав хвои ели в условиях техногенного загрязнения г. Кемерово / О.А. Неверова // Сиб. экологический журн. – 2002. – № 1. – С. 59–65.
5. Сотникова О.В. Эфирные масла сосны как индикатор загрязнения / О.В. Сотникова, Р.А. Степень // Химия раст. сырья. – 2001. – № 3. – С. 79–84.
6. Степень Р.А. Влияние антропогенного загрязнения среды на содержание и состав эфирного масла хвои ели / Р.А. Степень, О.А. Есякова // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – Т.24, № 1. – С.122–127.
7. Фуксман И.Л. Биохимические реакции *Pinus sylvestris* L. на действие стрессовых факторов / И.Л. Фуксман // Растительные ресурсы. – 2002. – Т. 38, вып. 2. – С.126–134.
8. Степень Р.А. Влияние техногенных выбросов на состояние пригородных лесов Красноярска / Р.А. Степень, Р.А. Коловский, Г.С. Калачева // Экология. – 1996 – № 6. – С. 410–414.
9. Степень Р.А. Летучие терпеноиды сосновых лесов / Р.А. Степень, С.М. Репях. – Красноярск: СибГТУ, 1998. – 406 с.
10. Фуксман И.Л. Содержание α -пинена в хвое сосны как оптимальный индикатор состояния древостоев в условиях техногенного загрязнения / И.Л. Фуксман // Экология. – 1999. – № 4. – С. 251–256.
11. Захаренко А.Н., Лукьянова Н.М. Влияние автомобильных выбросов на содержание пигментов некоторых голосеменных растений / А.Н. Захаренко, Н.М. Лукьянова // Труды Никит. ботан. сада. – 1989. – Т. 108. – С. 111–118.
12. Определение содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М.: Медицина, 1987. – Вып. 1. – С. 290-295.

Марчук Н.Ю. Вплив антропогенного забруднення середовища на зміст і склад ефірної олії *Cupressus sempervirens* L. / Н.Ю. Марчук, В.М. Єжов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 151-155.

Досліджено зміну вмісту та складу ефірної олії кипариса вічнозеленого під впливом антропогенного забруднення середовища. Відзначено зменшення вмісту дитерпенів в ефірній олії з глиці та збільшення частки похідних терпенів в ефірній олії з шишок.

Ключові слова: *Cupressus sempervirens* L., ефірна олія, α -пінен.

Marchuk N.Yu. The influence of anthropogenic pollution on the content and composition of essential oil *Cupressus sempervirens* L. / N.Yu. Marchuk, V.N. Ezhov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 151-155.

The change in the content and composition of essential oil of *Cupressus sempervirens* L. under the influence of anthropogenic pollution has been studied. Decrease in the content of diterpenes in the essential oil from the needles and increase of the part of the derived terpenes in the essential oil from the cones has been marked.

Keywords: *Cupressus sempervirens* L., essential oil, α -pinene.

Поступила в редакцію 12.11.2011 г.