

СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ФРАКЦИЙ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭФИНОГО МАСЛА В ХВОЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРОВЕНИЕНЦИЙ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ

Ребко С.В., Ламоткин С.А., Поплавская Л.Ф., Найденов Б.А.

Белорусский государственный технологический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

rebko@belstu.by

В 63-летних географических культурах ели европейской, произрастающих на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза, в 6 вариантах происхождения (Минская, Витебская, Новгородская, Вологодская, Ивано-Франковская и Гродненская провенции) определены состав и содержание основных компонентов эфирного масла в хвое деревьев и выявлены имеющиеся фракционные различия.

Объектом исследования являются географические культуры ели европейской (*Picea abies* L. Karst.), созданные впервые на территории Беларуси весной 1961 г. в Негорельском учебно-опытном лесхозе (Дзержинский р-н, Минская обл.) на площади 0,5 га и включают шесть географических вариантов происхождения (провениенций): минский, витебский, новгородский, вологодский, ивано-франковский и гродненский. Участок, отведенный под географические культуры, представлял собой старую вырубку, вышедшую из-под елового насаждения.

Почва на участке – дерново-подзолистая, сильнооподзоленная, супесчаная, на супеси связной, подстилаемой суглинком легким моренным, а с глубины 180 см сменяемым песком связным. Тип условий местопроизрастания – С₂. В качестве посадочного материала использовались трехлетние саженцы ели европейской. Размещение посадочных мест – 2,0×0,7 м, исходная густота культур – 7 140 шт./га.

Один климатип ели европейской представлен одним участком. Для создания географических культур ели в Негорельском учебно-опытном лесхозе были получены семена от шести лесохозяйственных учреждений: трех лесохозяйственных учреждений Беларуси, расположенных в двух геоботанических подзонах и трех геоботанических округах, двух предприятий лесного хозяйства России, находящихся в подзоне Южной тайги в округе Русской равнины и одного лесохозяйственного предприятия Украины в подзоне широколиственных лесов в округе Восточных Карпат [1].

Образцы древесной зелени ели европейской отбирались в феврале месяце 2024 г. в географических культурах с деревьев возрастом 63 лет. Зимний период заготовки древесной зелени для проведения анализа является наиболее благоприятным временем с точки зрения стабилизации всех процессов обмена веществ в растениях. Методики отбора древесной зелени и определения содержания эфирного масла в хвое описаны нами ранее в работе [2]. Оценка экологической обстановки в регионе отбора образцов показала, что она наиболее благоприятна для произрастания растений, а техногенная нагрузка минимальна.

Измеренные значения мощности дозы гамма составляли 0,10 мкЗв/час (10 мкР/час), а удельная активность радионуклидов в хвое ели Cs^{137} и Sr^{90} составляла соответственно 10–15 и 15–20 Бк/кг. Такие результаты по загрязнению хвои радиоактивными элементами являются фоновыми, принимались нами за минимальные и использовались как эталонные при оценке влияния радиоактивного излучения на ассимиляционный аппарат ели европейской.

Кроме того, в районе произрастания географических культур ели европейской отсутствуют промышленные объекты, а транспортная магистраль М1 расположена на удалении от мест отбора проб древесной зелени на расстоянии 1,5 км.

Только лишь в непосредственной близости от участка географических культур ели европейской на расстоянии 50 м расположено полотно железнодорожного пути сообщения Минск-Брест. Определение содержания токсичных элементов в хвое ели европейской различного географического происхождения показало их достаточно низкое содержание (мг/100 г а.с.д.): Pb (свинец) – 0,01; Cu (медь) – 0,28; Mn (марганец) – 8,1; Ni (никель) – 0,36; Zn (цинк) – 11,6; S (сера) – 88,1.

В качестве основных характеристик, определяющих экономические и качественные показатели эфирного масла при входном контроле сырья на производстве, является выход эфирного масла, рассчитанный на абсолютно сухое сырье, а также показатели плотности и преломления. Для всех отобранных образцов древесной зелени содержание эфирного масла ели европейской не высокое и составляет около 0,15–0,20 % или около $0,3 \pm 0,1$ % на а.с.м. при влажности хвои 60 ± 1 %. Такое невысокое содержание эфирного масла отмечается в ряде работ для хвои ели европейской, отобранной в различных регионах мира [3–5].

Однако следует понимать, что содержание эфирного масла в хвое, а также показатель преломления и плотность являются интегральными характеристиками и дают лишь общую картину качества эфирного масла.

Анализ содержания эфирного масла в образцах древесной зелени показал, что в пределах ошибки измерений, данная характеристика практически одинакова во всех случаях. То же самое следует сказать и о таких характеристиках эфирного масла как плотность и показатель преломления. Величина этих показателей изменялась незначительно и указывает на достаточно высокую стабильность состава эфирного масла, выделенного из разных образцов древесной зелени. Количественное содержание компонентов весьма существенно различается.

Так основными соединениями во всех проанализированных образцах эфирных масел являются α -пинен, камфен, мирцен, 1,8-цинеол, камфора, борнеол, α -терпинеол, борнилацетат. Суммарно содержание данных компонентов превышает 50 % (таблица 1). Количество одноименных компонентов в различных образцах отличается незначительно и в пределах ошибки его можно считать постоянным. Количественное содержание компонентов несколько отличается от приведенных в литературе [6, с. 7], что

еще раз подтверждает зависимость состава эфирного масла от многочисленных факторов.

Таблица 1 – Состав и содержание фракций отдельных компонентов эфирного масла хвои ели европейской различного географического происхождения

Соединение	Провениенция ели европейской (содержание, % масс.)						
	новго- родская	витеб- ская	ивано- франковская	минская	грод- - ненс- кая	воло- годская	средн ее значе ние
Сантен	2,0	1,4	1,6	0,9	0,4	0,2	1,1
Трициклен	2,2	1,5	1,5	1,6	0,8	1,4	1,3
α -пинен	11,0	9,1	9,5	7,2	7,5	7,4	7,6
Камфен	19,2	16,6	18,1	14,8	14,1	14,4	13,6
Сабинен	0,5	0,4	0,4	0,7	0,6	0,1	0,4
β -пинен	1,6	2,4	2,0	0,5	1,7	1,4	1,4
Мирцен	3,9	4,7	4,2	3,4	4,0	2,8	3,4
Лимонен	11,4	13,4	12,1	16,6	17	16,9	11,8
1,8-цинеол	8,6	8,6	8,9	8,5	8,8	8,2	7,2
Терпинолен	0,8	0,6	0,7	0,6	0,9	0,8	0,6
Всего монотерпенов	61,2	58,7	59,0	54,8	55,8	53,6	57,2
Камфора	4,1	2,0	2,9	1,8	3,6	3,6	2,4
Цитронеллаль	2,3	1,6	1,8	1,1	1,3	0,4	1,4
Борнеол	3,7	2,9	2,9	4,6	3,4	3,2	2,9
Терпинен-4-ол	0,6	0,8	0,8	0,9	1,2	1,0	0,7
α -терпинеол	2,3	2,2	2,1	2,9	2,7	1,7	2,0
Борнилацетат	15,5	14,1	17,1	22,9	18,9	22,3	14,8
Всего терпеноидов	28,5	23,6	27,6	34,2	31,1	32,2	29,5
β -кариофиллен	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	1,3	0,2
α -мууролен	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
γ -кадинен	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,9	0,2
δ -кадинен	0,6	1,1	1,0	0,9	0,9	1,2	0,8
Всего сесквитерпенов	1,0	1,8	1,6	1,5	1,4	4,0	1,9
Итого	90,7	84,1	88,2	90,5	88,3	89,8	88,6

Авторами ряда работ [8, с. 9] предложено выделять фракционный состав в связи с различным целевым использованием не только отдельных компонентов, а целых фракций.

Основными фракциями для эфирного масла ели европейской выделенных образцов являются монотерпеновая (53,6–61,2 %) и

терпеноидная (23,6–34,2 %), содержание сесквитерпеновой фракции незначительно и находится на уровне 1,0–4,0 %.

Основными компонентами монотерпеновой фракции являются α - и β -пинены, камфен и лимонен. Кислородсодержащие соединения в достаточном количестве содержат борнилацетат, камфору, борнеол и 1,8-цинеол. Сесквитерпены представлены β -кариофиленом, кадиненами, γ -мууроленом и γ -гумуленом и их содержание весьма незначительно. Интересно отметить, что при биосинтезе компонентов эфирного масла ели европейской различного географического происхождения практически отсутствует преобразование α -терпенил катиона через 1,3-гидридный сдвиг в катион карановой структуры и дальнейшее образование 3-карена.

В целом проведенные исследования доказывают, что состав компонентов эфирного масла ели европейской различного происхождения, а также их содержание зависит от происхождения климата, при этом практическое использование масла должно определяться в первую очередь количеством сырьевых запасов и наличием перерабатывающих предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребко С.В., Поплавская Л.Ф., Тупик П.В. Рост и состояние климатических экотипов ели европейской в Беларуси // Природные ресурсы. – 2024. – № 1. – С. 37–44.
2. Ребко С.В., Мельник П.Г., Ламоткин С.А., Тупик П.В., Поплавская Л.Ф., Носников В.В. Анализ содержания основных компонентов эфирного масла в хвое различных климатических типов и подвидов сосны обыкновенной // Природные ресурсы и технологии. – 2021. – № 3. – Т. 18. – С. 17–36.
3. Сур С.В. Методы выделения, идентификации и определения терпеновых соединений // Химико-фармацевтический журнал. – 1990. – Т. 24. – № 5. – С. 42–50.
4. Шутова А.Г. Состав эфирных масел представителей рода *Juniperus* L., интродуцированных в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси // Труды БГУ. Сер. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2009. – Т. 4. – № 1. – С. 115–130.
5. Zheljazkov V.D. Distillation time alters essential oil yield, composition, and antioxidant activity of male *Juniperus scopulorum* trees // Journal Oleo Sci. – 2012. – Vol. 61. No 10. – P. 537–546.
6. Герлинг Н.В., Пунегов В.В., Груздев И.В. Компонентный состав эфирного масла и ультраструктура секреторных клеток смоляного канала хвои *Juniperus communis* (Cupressaceae) // Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 6. – С. 62–69.
7. Orav A. Comparative analysis of the composition of essential oils and supercritical carbon dioxide extracts from the berries and needles of Estonian juniper (*Juniperus communis* L.) // 5th Symposium by Nordic Separation Science. – No. 2. – 2009. – P. 161–167.
8. Дерума В.Я. Основные принципы отбора и подготовки образцов

древесной зелени для изучения ее химического состава // Изучение химического состава древесной зелени. Методические основы. – Рига: Зинатне, 1983. – С. 22–26.

9. Ткачева А.В. Изменение состава эфирного масла при разных сроках хранения сырья // Химия растительного сырья. – 2002. – № 1. – С. 19–30.



УДК 630*232.3 (004.352.2 + 676.032.475.442)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L. VAR. *NEGORELSKAYA*) НА ВСХОЖЕСТЬ В КОНТЕЙНЕРАХ

Ребко С.В.¹, Новиков А.И.², Новикова Т.П.², Петрищев Е.П.²

¹Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
rebko@belstu.by

²Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Российская Федерация
arthur.novikov@vgtu.ru

Изучено влияние морфометрических характеристик сортовых семян сосны обыкновенной на их всхожесть в контейнерах. Показано влияние размеров, массы и окраски семенного материала на успешное прорастание семян при их высеве в контейнерах.

Прорастание семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) является важным этапом жизненного цикла дерева и определяет последующую продуктивность и выживаемость, в конечном счете влияя на состав растительного сообщества. Всхожесть семян связана с различными их биологическими характеристиками, включая индивидуальную массу, окраску и параметры семени. Количество питательных веществ эндосперма, содержащихся в жизнеспособных семенах, может определять энергию, доступную для прорастания. Экспериментальных свидетельств влияния индивидуальной массы семян на прорастание все еще достаточно мало. В наших исследованиях объектом являются семена сосны обыкновенной полученного впервые в Республике Беларусь сорта «Негорельская» [1].

Для апробации технологии производства посадочного материала с закрытой корневой системой с учетом индивидуальных для каждого сортового семени сосны обыкновенной (сорт «Негорельская») морфометрических характеристик нами были сформированы 3 случайные (рандомные) выборки, каждая из которых набором по 400 обескрыленных семян (всего 1200 шт.), которые были высеяны вручную в 40-ячеистые SideSlit-контейнеры в автоматизированном лесном питомнике в Воронежской области Российской Федерации (рис. 1–2). Заготовка сортового