

УДК 630*892.6:674.032.475.4

В.М. Максимов

Максимов Владимир Михайлович родился в 1949 г., окончил в 1975 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент, декан лесохозяйственного факультета Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 67 печатных работ в области изучения биосистематики древесно-кустарниковых пород России.



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ С СОДЕРЖАНИЕМ МОНОТЕРПЕНОВ *Pinus sylvestris* L. В УСЛОВИЯХ УСМАНСКОГО И ХРЕНОВСКОГО БОРОВ

На основе исследования индивидуального состава живицы и эфирного масла хвои типов леса Усманского и Хреновского боров Воронежской области проведено распределение всех изученных деревьев в пределах ранее установленных типов и групп биосинтеза монотерпенов. Полученные результаты указывают на различный внутренний структурный фон каждого изучаемого объекта по этому признаку.

Ключевые слова: эфирное масло, терпентинное масло, монотерпены, биосинтез, тип леса, живица, смолопродуктивность.

Исследователи, занимающиеся изучением монотерпенов в живице и хвойном эфирном масле сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), приводят данные о возможности использования показателей его состава в решении вопросов о повышении эффективности селекционного отбора [1–3].

В насаждениях сосны обыкновенной, произрастающих в одинаковых условиях, деревья различаются по содержанию монотерпенов терпентинного и эфирного масел и такому важному для лесного хозяйства показателю, как смолопродуктивность, т. е. массе живицы, получаемой с единицы площади за единицу времени [1].

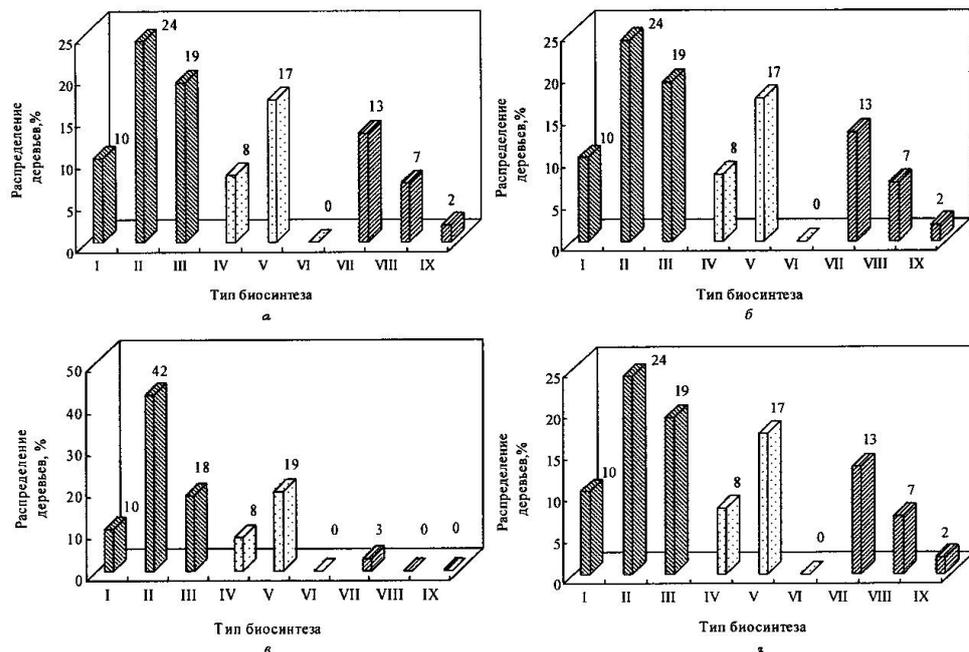
Объектами для исследования служили естественные древостои, лесные культуры, семенные плантации, посевы и посадки сосны обыкновенной Воронежской, Липецкой и Тамбовской областей Центрально-Черноземного района. Изучены уникальные 130–230-летние насаждения сосны обыкновенной Хреновского бора, выделенные как памятники природы и особо ценные лесные массивы, сохранившиеся в типичных условиях местопроизрастания сосны. Это участки в кварталах 511 (урочище «Заказник»), 258 (урочище «Морозовская роща»), 17, 65, 124 (урочище «Элита»), 494 (урочище «Здоровье»).

Сделана попытка сравнить насаждения сосны обыкновенной Усманского бора в различных условиях произрастания по типам биосинтеза монотерпенов эфирного масла хвои. Типы леса выделены в соответствии с рекомендациями Е.М. Сеницына и классификацией типов леса Усманского бора [5, 6]. Анализ показал, что для сосны обыкновенной на территории Усман-

ского бора характерны три основных типа биосинтеза монотерпенов (с определенным составом основных компонентов фракции α -пинена и Δ^3 -карена): каренистый, промежуточный и пиненистый.

Выделение типов биосинтеза имеет принципиальное значение для характеристики исследуемых популяций. Данные о распределении деревьев сосны обыкновенной по типам биосинтеза монотерпенов эфирного масла хвои в различных типах леса Усманского бора представлены на рисунке.

В связи с этим производили отбор проб и статистически контролировали его результаты [7]. Обработка хроматограмм, полученных при анализе хвойных экстрактов, показывает, что устойчивый выход основных компонентов монотерпеновой фракции эфирного масла сосны обыкновенной (α -пинен и Δ^3 -карен) устанавливается при экстрагировании диэтиловым эфиром проб хвои массой 2 г и более. Влияние времени (24, 48 и 72 ч), в течение которого отбирали пробы живицы, не сказалось на качестве хроматограмм и выходе компонентов монотерпеновой фракции терпентинного масла. Различия между показателями двух методов при уровне значимости 5 % недостоверны.



Распределение деревьев сосны обыкновенной по типам биосинтеза: а – сосняк лишайниковый ($A_{0,1}$); б – сосняк зеленомошниковый (A_2); в – сосняк черничниковый (B_3); г – сосняк травяно-болотный (B_4); I – III – пиненистый; IV – VI – промежуточный; VII – IX – каренистый тип биосинтеза

Полученные результаты позволяют рекомендовать метод экстрагирования, обеспечивающий достаточную точность опыта и не требующий сложного оборудования при использовании в массовых анализах.

В настоящее время наибольшую информацию по этому вопросу дают исследования ряда авторов [2, 3, 8], которые указывают на достаточно большое разнообразие полученных результатов.

В связи с разноречивостью имеющейся информации и полным отсутствием исследований сопряженности смолопродуктивности с составом хвойного эфирного масла необходимо продолжить эти исследования, что важно для решения проблем создания высокопродуктивных насаждений сосны обыкновенной на генетико-селекционной основе.

При изучении структуры типов леса Усманского и Хреновского боров по составу монотерпеновой фракции хвойного эфирного масла сосны обыкновенной накопился определенный фактический материал, который позволит рассмотреть вопрос о смолопродуктивности сосны в пределах изученных объектов.

На основе исследования индивидуального состава живицы и эфирного масла хвои проведено распределение смолопродуктивности всех изученных деревьев в пределах ранее установленных по содержанию α -пинена и Δ^3 -карена типов и групп биосинтеза монотерпенов. Типы биосинтеза определены на основе изучения монотерпеновой фракции хвойного эфирного масла, и использование их при распределении деревьев надо рассматривать как разделение всей выборки на более мелкие группы по содержанию основных компонентов для изучения динамики смолопродуктивности.

Отмечена большая внутрипопуляционная изменчивость при изучении химического состава эфирных масел и скипидаров различных видов сосен [9, 10].

С учетом сказанного изучали состав монотерпеновой фракции эфирного масла более чем у 2 тыс. деревьев сосны обыкновенной. Выделено 9 групп, объединенных в три типа биосинтеза монотерпенов эфирного масла. Характеристика типов биосинтеза монотерпенов по содержанию α -пинена и Δ^3 -карена в ЭМ хвои сосны приведена в таблице.

Тип биосинтеза	Группа	Содержание компонентов, %	
		α -пинен	Δ^3 -карен
Пиненистый	I	≥ 54	≤ 12
	II	42 ... 54	18 ... 30
	III	31 ... 41	12 ... 24
Промежуточный	IV	18 ... 30	18 ... 30
	V	31 ... 41	31 ... 41
	VI	42 ... 48	42 ... 48
Каренистый	VII	12 ... 24	31 ... 41
	VIII	18 ... 30	12 ... 54
	IX	≤ 12	≥ 54

Число групп и содержание компонентов устанавливали, классифицируя выборки для определения меры близости многомерных объектов и границ между однородными группами по результатам реципрокного контролируемого скрещивания.

Анализ полученных данных в целом показывает, что наибольшую продуктивность по выходу живицы на одного дерева имеют типы леса в наилучших условиях местопроизрастания. В Усманском бору это сосняк травяно-болотный ($\bar{x} = 4,2 \pm 0,7$ г), в Хреновском сосняк пристеппной ($\bar{x} = 5,4 \pm 0,7$ г). Наименьшая продуктивность отмечена в типах леса с жесткими условиями среды обитания – в сосняках лишайниковых (соответственно $\bar{x} = 2,3 \pm 0,5$ г и $\bar{x} = 3,9 \pm 0,8$ г). Наименьший выход живицы в сосняке черничниковом Усманского бора ($\bar{x} = 2,3 \pm 0,2$ г) является не показателем его продуктивности, а результатом резкого понижения температуры окружающего воздуха от 26 до 18 °С в период сбора живицы. Все это дополнительно подтверждает установленную связь смолопродуктивности сосны обыкновенной с почвенными и климатическими факторами [1].

Результаты статистической обработки показателей смолопродуктивности четырех типов леса Усманского бора, распределенных по группам в зависимости от процентного содержания α -пинена и Δ^3 -карена в составе монотерпенов живицы, показывают, что различия средней смолопродуктивности групп и типов от общей средней смолопродуктивности недостоверны при наивысшем пороге вероятности безошибочного суждения. Исключением являются минимальные выборочные средние для сосняка лишайникового группы IV ($\bar{x} = 1,5 \pm 0,2$ г) и сосняка травяно-болотного группы I ($\bar{x} = 3,1 \pm 0,3$ г), отсутствие достоверных различий для них установлено при 1%-м уровне значимости.

Анализ вариаций показателей смолопродуктивности каждой группы в общей совокупности по каждому типу леса показал, что наблюдаемую разницу в дисперсиях массы живицы различных групп и типов нельзя признать существенной. Для сосняка травяно-болотного критерий Фишера (F) в большинстве случаев приближается к 1, отсутствие различий можно ожидать при 1 %-м уровне значимости.

Максимальная средняя смолопродуктивность сосняка черничникового для группы VII равна $2,5 \pm 0,1$ г, сосняка травяно-болотного для группы II – $5,3 \pm 0,7$ г, сосняка лишайникового для группы VIII – $2,9 \pm 0,8$ г.

Минимальная средняя смолопродуктивность также отмечена в разных группах всех изученных типов леса Усманского бора. Таким образом, при индивидуальном распределении смолопродуктивности деревьев сосны обыкновенной Усманского бора и анализе изменчивости средних значений по группам в зависимости от содержания в живице α -пинена и Δ^3 -карена установлено, что особи с разной 24-часовой смолопродуктивностью представлены в различных группах.

Достоверность различий выборочных средних групп от средних типов биосинтеза и генеральной средней типа леса подтверждаются при 5 %-м уровне. Разница в дисперсиях массы живицы выделенных групп в сравнении с дисперсиями массы живицы типов биосинтеза и всей выборки в объеме типа леса в 9 случаях из 10 признается существенной при 5 %-м уровне значимости.

В этой связи пиненистый тип биосинтеза с $\bar{x} = 4,2 \pm 0,2$ г сосняка лишайникового и промежуточный с $\bar{x} = 3,5 \pm 0,2$ г сосняка зеленомошникового имеют достоверные различия от генеральной средней своих типов леса. Максимальная смолопродуктивность для сосняка черничникового определена в III группе пиненистого типа ($\bar{x} = 2,8 \pm 0,1$ г); для сосняка травяно-болотного во II группе того же типа биосинтеза ($6,5 \pm 0,6$ г); для сосняка зеленомошникового в группе IV промежуточного типа ($\bar{x} = 5,1 \pm 0,5$ г) и сосняка лишайникового во II группе пиненистого типа биосинтеза ($\bar{x} = 4,4 \pm 0,2$ г).

Минимальный выход живицы в сосняке черничниковом ($\bar{x} = 1,6 \pm 0,1$ г) установлен у группы II пиненистого типа; в сосняках: зеленомошниковом ($\bar{x} = 1,7 \pm 0,3$ г) и лишайниковом ($\bar{x} = 1,5 \pm 0,3$ г) в группах VIII и VII каренистого типа; в сосняке травяно-болотном ($\bar{x} = 2,9 \pm 0,5$ г) в группе V промежуточного типа.

Сведения о распределении смолопродуктивности по типам биосинтеза хвойных эфирных масел указывают на формирование групп деревьев сосны, которые по количеству выделившейся живицы отличаются от средней величины, приходящейся на одно дерево, в пределах как типа биосинтеза монотерпенов, так и всей выборки для изучаемого типа леса.

Проведенный по составу живицы анализ распределения показателей 24-часовой смолопродуктивности по методике ЦНИИЛГиС [4] деревьев трех типов леса Хреновского бора показал аналогичное отсутствие достоверных различий средних значений отдельных групп от общей средней всей выборки каждого типа леса при 5 %-м уровне значимости. Но как и в сосняках травяно-болотном и лишайниковом Усманского бора, в Хреновском бору максимальные средние различия в сосняке пристепном для групп I, IV, V, а в сосняке лишайниковом для группы V могут наблюдаться при втором пороге точности, и изменчивость массы живицы в группах I и IV сосняка пристепного бора существенно отличается от показателей других групп ($F_{I,0,5} = 18,0$; $F_{IV,0,5} = 5,29$).

Самая высокая смолопродуктивность у сосны пристепного бора в группе II ($\bar{x} = 71,7 \pm 11,7$ г), самая низкая в группе IV ($\bar{x} = 34,1 \pm 4,5$ г); для сосняка молиниевое соответственно для групп IV ($\bar{x} = 54,2 \pm 3,0$ г)

и III ($\bar{x} = 32,2 \pm 7,2$ г); для сосняка лишайникового наибольшая в группе IV ($\bar{x} = 53,0 \pm 5,6$ г), наименьшая в группе VII ($\bar{x} = 30,2 \pm 7,4$ г).

По составу живицы в пределах изучаемой выборки деревьев с разной смолопродуктивностью распределились по всем принятым группам без отклонений от распределения изучаемых выборок для каждого типа леса. Группы с максимальной и минимальной средней смолопродуктивностью для изучаемых типов леса неоднородны и представлены различным соотношением α -пинена и Δ^3 -карена.

При исследовании средних значений, полученных в результате индивидуального распределения смолопродуктивности сосны по группам и типам биосинтеза монотерпенов в эфирном масле хвои, отмечены группы деревьев с однородным выходом живицы. В сосняке пристепного бора это группы I, II, III, VIII и IX, в молиниевом II, III, VII, в лишайниковом III и V. В связи с этим промежуточный тип биосинтеза сосняка молиниевого и каренистый сосняка лишайникового имеют существенную разницу в дисперсиях массы живицы с остальными типами биосинтеза ($F_{m05} = 2,29$; $F_{л05} = 11,2$).

Максимальная смолопродуктивность ($\bar{x} = 71,5 \pm 2,6$ г) определена у сосняка пристепного бора в группе II для пиненистого типа биосинтеза, минимальная ($\bar{x} = 28,5 \pm 1,7$ г) в группе VIII для каренистого; у сосняка молиниевого максимальная ($\bar{x} = 60,7 \pm 0,8$ г) в группе V промежуточного типа, минимальная ($\bar{x} = 34,6 \pm 3,0$ г) в группе IV этого же типа; у сосняка лишайникового наибольшая ($\bar{x} = 60,7 \pm 1,0$ г) наблюдается в группе VIII каренистого типа, наименьшая ($\bar{x} = 24,0 \pm 1,2$ г) в группе II.

Полученные результаты указывают на различный внутренний структурный фон каждого изучаемого объекта по этому признаку [8]. Наличие однородных групп имеет место в типах биосинтеза для монотерпеновой фракции хвойного эфирного масла, но только для сосняков лишайникового и черничникового Усманского бора. Они совпадают с установленными максимальными и минимальными показателями смолопродуктивности. Другие типы леса характеризуются определенной однородностью групп и положением максимума и минимума смолопродуктивности. Наряду с этим, если все исследованные 1443 дерева сосны обыкновенной Усманского и Хреновского боров принять за совокупность основной выборки, то получается, что она состоит из 690 (48 %) деревьев с преобладанием α -пинена в монотерпеновой фракции, 526 (36 %) – с примерно равным содержанием α -пинена и Δ^3 -карена и 227 (16 %) – каренистого типа, из них 35 % деревьев приходится на сосняк лишайниковый Хреновского бора.

Если из всей совокупности исключить 30 ... 40 % деревьев средней и примыкающей к ней смолопродуктивности, связь между выходом живицы и содержанием α -пинена и Δ^3 -карена в составе монотерпенов будет вполне реальна. Наиболее интересны выделенные совокупности деревьев с одно-

родной смолопродуктивностью при распределении ее по составу эфирного масла хвои.

Выводы

1. В изучении популяционной структуры сосны обыкновенной возможно такое направление, как детальное исследование насаждений, в пределах которых производится отбор высокосмолопродуктивных деревьев.

2. Эти деревья проверяют как по составу монотерпеновой фракции, так и по семенному потомству.

3. Испытание семенного потомства по изучаемому признаку особенно важно при закладке семенных плантаций, так как закономерность наследования состава монотерпенов в живице и смолопродуктивности [3, 5] не гарантирует получения потомства только с желательными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ворончихин, Н.З.* Изменчивость смолопродуктивности деревьев в зависимости от морфологических признаков в сосняках верхней Камы [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.З. Ворончихин. – Свердловск, 1973. – 24 с.

2. *Высоцкий, А.А.* Монотерпены терпентинных масел в различных по смолопродуктивности формах сосны обыкновенной [Текст] / А.А. Высоцкий, Ю.А. Акимов // Растит. ресурсы. – 1981. – Т. 17, вып. 2. – С. 239–245.

3. *Высоцкий, А.А.* Селекция сосны обыкновенной на смолопродуктивность и рекомендации по созданию насаждений целевого назначения [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Высоцкий Анатолий Алексеевич. – Брянск, 2002. – 38 с.

4. *Максимов, В.М.* Динамика смолопродуктивности сосны в основных типах леса Усманского и Хреновского бора [Текст] / В.М.Максимов // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения (экологические аспекты): материалы Всерос. науч.-практ. конф. / Сибир. гос. технол. ун-т, 12-14 мая 2004 г. – Красноярск, 2004. – С. 137–142.

5. *Ремизова, Г.П.* Типы леса Воронежского государственного заповедника [Текст] / Г.П. Ремизова // Тр. – Воронеж, 1959. – Вып. 8 – С. 187–231.

6. *Синицын, Е.М.* Коренные и производные типы сосняков Усманского и Хреновского боров [Текст] / Е.М. Синицын. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1982. – 22 с.

7. *Чернодубов, А.И.* Состав эфирного масла и скипидаров индивидуальных деревьев сосны обыкновенной [Текст] / А.И. Чернодубов, Р.И. Дерюжкин, Р.Д. Колесникова // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1978. – № 2. – С. 10–11.

8. *Чудный, А.В.* Структура популяций сосны обыкновенной в разных экологических условиях [Текст] / А.В. Чудный // Экология. – 1979. – № 1. – С. 37–43.

9. *Mirov, N.T.* Chemical composition of the turpentines of same cattern neoliteranean pinesin the celation to their dussibication [Text] / N.T. Mirov, E. Zavarin, K. Snaberk // Phytochemistry . – 1967. – N 4. – P. 75–79.

10. *William, A.L.* Composition of gum turpentines from twenty two species of pines grown in New Zealand [Text] / A.L. Williams, M.N. Bannister // J. Pharm. Sci. – 1962. – Vol. 51, N 10. – P. 970–975.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 10.03.05

V.M. Maksimov

Study on Interaction of *Pinus sylvestris* L. Resin Productivity with Monoterpane Content in Usman and Khrenovsk Pine Forests

The distribution of all trees studied within the range of preset types and groups of monoterpane biosynthesis is carried out based on research of specific content of turpentine and needles' ethereal oil characteristic of forest types in Usman and Khrenovsk districts of the Voronesh region. The results received reflect the different inner structural background of every object studied according to this characteristic.