

УДК 541.6

**АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ
CONVALLARIA MAJALIS L. В ФИТОЦЕНОЗАХ С РАЗЛИЧНОЙ
АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДА ФУРЬЕ-ИК-СПЕКТРОСКОПИИ**

М.А. Кучеренко, М.Г. Виноградова

Тверской государственный университет, г. Тверь

Проведен ИК-спектральный анализ образцов листьев ландыша. Установлена высокая степень благоприятности условий для произрастания ландыша и определенная устойчивость химического состава растения к антропогенной нагрузке. Особое внимание привлекает область валентных и деформационных колебаний на частотах $\sim 1365\text{--}536\text{ см}^{-1}$, поскольку именно в ней установлены основные различия для ряда характеристических полос поглощения. Обнаружено закономерное появление ряда сульфоновосодержащих групп, составляющим веществом которых является сернистый ангидрид — загрязнитель атмосферы.

Ключевые слова: ландыш майский, Фурье-ИК-спектроскопия, антропогенное воздействие, полосы поглощения, ИК-спектры, фитоценозы.

В последние десятилетия наблюдается рост интереса научной и традиционной медицины к растениям как источнику сырья для производства лекарственных средств.

К важнейшим лекарственным растениям принадлежит ландыш майский. В настоящее время из листьев ландыша готовят настойку и экстракт, которые входят в ряд комплексных препаратов.

Наибольший вред дикорастущему ландышу наносит воздействие антропогенного фактора. Из-за активного уничтожения вида цветов занесен в красные книги России и нескольких регионов. Большой угрозе подвержены растения, местообитание которых располагается близ крупных городов и населенных пунктов, в таких условиях растительные объекты восприимчивы к негативному воздействию антропогенного фактора как на биологическом, так и на химическом уровне. В связи с этим возникает необходимость комплексного анализа состава растительного сырья ландыша для оценки его качества и соответствия экологических условий потребностям вида [1].

Цель настоящей работы – изучение химического состава листьев *Convallaria majalis L.* в фитоценозах в составе лесов Торжокского района Тверской области. Объектом исследования послужили листья растения семейства Спаржевых (*Asparagaceae*) – ландыша майского,

собранные во время цветения (май – июнь 2016 г.) в местах с различной степенью рекреационной нагрузки (табл. 1).

Таблица 1

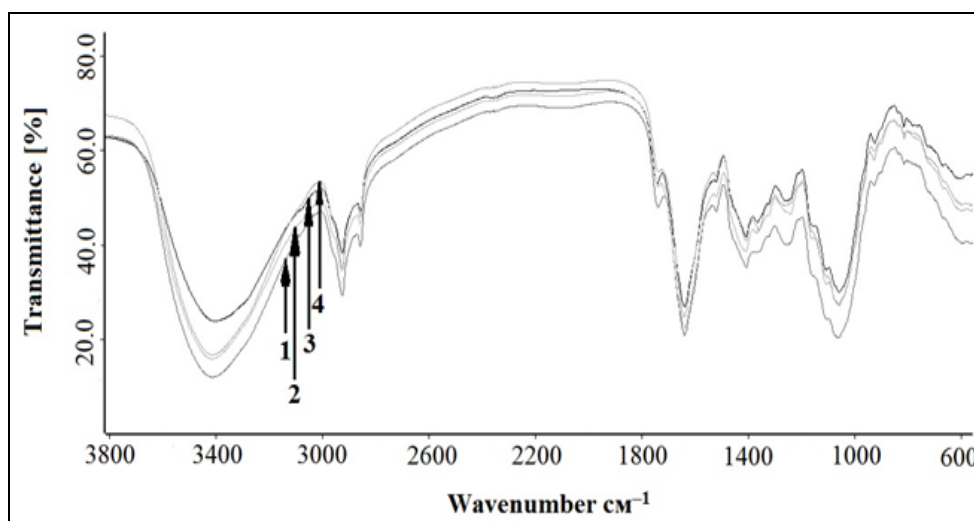
Места сбора *C. majalis*

№ образца	Место произрастание
I	Фоновая зона
II	Березняк разнотравный; участок с признаками рекреационного воздействия
III	Дорога в смешанном лесу; участок с признаками рекреационного воздействия
IV	Всхолмление у смешанного леса; участок с признаками рекреационного воздействия

Для получения ИК-спектров листьев ландыша использовалась стандартная методика приготовления таблеток с бромидом калия (KBr) [2]. Высушенные в соответствии с правилами заготовки лекарственного сырья листья ландыша были измельчены в ступке. В состав образца исследования (прозрачная таблетка) входили следующие пропорции компонентов: из полученного порошка бралась навеска 2.2 мг, из кристаллов KBr – 0.7 г. Затем смесь была спрессована под вакуумом в специальной пресс-форме. Регистрация спектров осуществлялась на Фурье-ИК-спектрометре «Equinox 55» фирмы «Bruker».

Выбор сырьевой базы для анализа образцов ландыша был обусловлен наименьшей преобразованностью фитоценозов и разной их связью с рекреационной нагрузкой. Фоновым образцом послужила аптечная форма растения, которая по стандартам должна быть экологически чистой, правильно собранной и сохраненной.

Зарегистрированные ИК-спектры (рисунок) образцов листьев *C. majalis* из разных мест сбора были интерпретированы по таблицам характеристичных колебательных частот органических соединений (табл. 2) [3–5]. ИК-спектральный анализ показал, что в спектрах всех исследованных образцов обнаружены полосы поглощения, отражающие общий химический состав листьев ландыша. О присутствии углеводов в растении свидетельствуют полосы поглощения, обусловленные валентными и деформационными колебаниями метиленовых групп на частотах ~ 2922 , ~ 1405 см^{-1} и гидроксильных групп на частотах ~ 3410 , ~ 1206 см^{-1} , и другими колебаниями: ~ 923 , ~ 897 см^{-1} [2; 4; 6]. О наличии белков свидетельствуют полосы поглощения на частотах ~ 1636 (Амид I), ~ 1516 (Амид II), ~ 1260 – 1237 (Амид III) см^{-1} . О присутствии жиров можно судить по наличию полос поглощения на частотах ~ 1736 ($\nu_{\text{C=O}}$), ~ 1405 (δ_{CH_2}) см^{-1} [4; 5] (табл. 2).



ИК спектры образцов: 1 – I, 2 – II, 3 – III, 4 – IV

Сравнительное рассмотрение спектров всех образцов листьев ландыша майского показало их статичное числовое положение в области валентных и деформационных колебаний на частотах ~ 3410 , ~ 2922 , ~ 2853 , ~ 1736 , ~ 1636 , ~ 1516 , ~ 1405 cm^{-1} . Указанная закономерность свидетельствует о большой степени благоприятности условий для произрастания ландыша и об определенной устойчивости химического состава растения к антропогенной нагрузке [4–6].

Особое внимание привлекает область валентных и деформационных колебаний на частотах ~ 1365 – 536 cm^{-1} , поскольку именно в этой области установлены основные различия для ряда характеристических полос поглощения, обусловленные повышением действия загрязняющих веществ на растительные сообщества. Спектры демонстрируют изменения в области валентных колебаний ~ 1365 – 1358 cm^{-1} ($\nu_{\text{NO}_3^-}$), (ν_{COO}) и (ν_{CH_3}); здесь наибольшая интенсивность полос и их частота проявляются у образцов III и IV, что говорит о повышении рекреационной нагрузки на популяции растений. Идентичные изменения с еще большей интенсивностью показывают полосы указанных образцов на частотах ~ 1260 – 1237 cm^{-1} , появление которых обусловлено деформационными колебаниями (δ_{NH}) (Амид III) [4; 5; 7].

Валентные ($\nu_{\text{C-O}}$) и деформационные (δ_{CH}) колебания на частоте ~ 1206 cm^{-1} были зарегистрированы только в образцах под номерами IV и II. Асимметричные валентные колебания C–O–C ($\nu_{\text{C-O-C}}$), частота которых равна ~ 1155 cm^{-1} , и деформационные колебания C–H групп ($\delta_{\text{C-H}}$) на частоте ~ 897 cm^{-1} , проявили себя в спектре образца III (табл. 1). Образец из фоновой зоны отличился от других наличием деформационных колебаний C–H групп ($\delta_{\text{C-H}}$) и колебанием α -1,4-полисахаридов на частотах ~ 832 и ~ 761 cm^{-1} соответственно [3; 4; 5].

Таблица 2

Интерпретация полос поглощения в ИК-спектрах образцов листьев *S. majalis*

Частоты, см ⁻¹	Интерпретация полос поглощения
~3410	Валентные колебания –ОН группы, (ν_{OH})
~2922	Асимметричные валентные колебания CH ₂ и CH ₃ групп, (ν_{CH_2}) и (ν_{CH_3})
~2853	Симметричные валентные колебания ароматических и алифатических групп С–Н, (ν_{CH_2})
~1736	Валентные колебания карбонильной группы (C=O) в сложных эфирах, ($\nu_{C=O}$)
~1636	Валентные колебания –C=C–, ($\nu_{C=C-}$), Амид I
~1516	Амид II, (δ_{NH})
~1405	Деформационные колебания –CH ₂ –, (δ_{CH_2})
~1365–1358	Валентные колебания NO ₃ ⁻ , COO и CH ₃ групп, ($\nu_{NO_3^-}$), (ν_{COO}) и (ν_{CH_3})
~1320	Ассиметричные валентные колебания группы сульфонов, R–SO ₂ –R, (ν_{SO_2})
~1260–1237	Амид III, (δ_{NH})
~1206	Валентные колебания, ν (C–O) и деформационные, δ (OH)
~1155	Ассиметричные валентные колебания C–O–C, (ν_{C-O-C})
~1102	Валентные колебания –C–N–, (ν_{C-N-})
~1055	Скелетные колебания –CO, (ν_{CO})
~923	Колебания кольца, аналогичные колебаниям диоксана
~897	Деформационные колебания C ₁ –H групп, (δ_{C_1-H})
~832–810	Деформационные колебания C–H групп, (δ_{C-H})
~793–778	Сульфоны, R–SO ₂ –R, (ν_{SO_2})
~761	α -1,4-полисахариды
~719–560	Сульфоны, R–SO ₂ –R, (ν_{SO_2})
~536	Валентные колебания –S–S–, (ν_{S-S-})

Обнаружено закономерное появление ряда сульфосодержащих групп, составляющим веществом которых является сернистый ангидрид – загрязнитель атмосферы, значения их колебаний показали заметные различия в спектрах листьев *S. majalis*. Полоса поглощения сульфонов отсутствует у образца III на протяжении частот ~793–718 см⁻¹, у образца IV – на частоте ~793 см⁻¹. Наибольшая интенсивность поглощения полос колебаний указанных групп отмечена у образца под номером IV на частотах ~1320, ~793–779, ~718–560 см⁻¹, что связано с нахождением на участке, где собран указанный образец, недавнего пожарища [4; 5].

В ходе спектрального анализа удалось установить корреляционную зависимость между интенсивностью поглощения и частотой полос спектров листьев из фоновой зоны (I) и под номером II.

Спектры образцов III и IV также показали указанную закономерность, но она проявилась в меньшей степени.

В дальнейшем планируется исследовать (с использованием и других методов) также и остальные органы ландыша майского: цветки и ягоды, из которых в медицине используются только цветки.

Авторы выражают благодарность за помощь в работе д.х.н., профессору Пахомову П.М. и к.х.н. Хижняк С.Д.

Список литературы

1. Медведев С.Л., Плаксина Т.И. К изучению природных ресурсов лекарственных растений Куйбышевской области // Сезонная ритмика и продуктивность дикорастущих лекарственных растений. М.: Моск. Филиал геогр. об-ва СССР, 1988. С. 41-44.
2. Ильяшенко Н.В. // Вестн. ТвГУ. 2009. Вып. 13. С. 211–220.
3. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК-, ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Высшая школа, 1971. 264 с.
4. Наканиси, К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Мир, 1965. 218 с.
5. Socrates G. Infrared characteristic group frequencies: Tables and Charts. London, 1994.
6. Полежаева И.В. // Химия растительного сырья. 2005. Вып. 1. С. 25–29.
7. Ильяшенко Н.В. Использование метода Фурье-ИК спектроскопии в изучении изменений химического состава *Videns tripartita* L. под действием антропогенных факторов // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Вопросы дальнейшего развития регионов России в условиях мирового финансового кризиса». Шарья, 2009. Т.2. С. 85–87.

ANALYSIS OF CHEMICAL COMPOSITION OF LEAVES *CONVALLARIA MAJALIS* L. IN PHYTOCENOSES WITH VARIOUS ANTHROPOGENEOUS LOAD USING THE METHOD OF IR FOURIER SPECTROSCOPY

M.A. Kucherenko, M.G. Vinogradova

Tver State University, Tver

An IR spectral analysis of *C. majalis* leaf samples was carried out. A high degree of favorable conditions for growth and a certain stability of the chemical composition of plants to the anthropogenic load were found. Particular attention is drawn to the region of valence and deformation vibrations at frequencies of ~ 1365-536 cm⁻¹, since it is here that the main differences are established for a number of absorption bands. A regular appearance of a number of sulfo groups has been discovered, the constituent of which is sulfurous anhydride, an atmospheric pollutant.

Keywords: *C. majalis*, IR Fourier spectroscopy, anthropogenic impact, absorption bands, IR spectra, phytocenoses.

Об авторах:

КУЧЕРЕНКО Мария Александровна – студентка магистратуры, химико-технологического факультет, Тверской государственной университет (ТвГУ), e-mail: maria.kucherenko2012@yandex.ru.

ВИНОГРАДОВА Марина Геннадьевна – доктор химических наук, профессор кафедры физической химии, ТвГУ, e-mail: Vinogradova.MG@tversu.ru.

Поступила в редакцию 23 августа 2017 г.