

## ФЛОРА, РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

УДК 543.422.3:615.322.073

### МОДИФИКАЦИИ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ЗЕЛЕННЫХ ЛИСТЬЕВ

© В.М. Колдаев

Горно-Таежная станция ДВО РАН, Горнотаежное, Россия

Зарегистрированы спектры поглощения экстрактов из листьев 27 видов растений 17 семейств. Эти спектры подразделяются на три основных типа по расположению наиболее высоких максимумом в средневолновом, длинноволновом ультрафиолете и в видимой части оптического диапазона. Относительное содержание хлорофилла и других пигментов оценивали по коэффициенту, равному отношению оптической плотности на длине волны 664 нм и оптической плотности на длине волны наибольшего максимума. Первый тип характеризуется низким, второй - средним и третий - высоким содержанием хлорофилла в зеленых листьях по сравнению с другими пигментами.

**Ключевые слова:** зеленый лист, экстракт, хлорофилл, пигмент, спектрофотометрия

Процессы фотосинтеза осуществляются преимущественно с помощью хлорофиллов, но в утилизации энергии света в какой-то мере участвуют также пигменты не хлорофилловой природы каротины, ксантофиллы и др. (Гавриленко, Жигалова, 2003; Хелдт 2011). Для обобщенной характеристики фотосинтетического аппарата зеленых листьев представляет интерес соотношение содержания хлорофиллов и других пигментов. При этом широко используется абсорбционная оптическая спектроскопия. Фотометрические показатели листьев растений Приморья изучены недостаточно полно. Целью работы являлось проведение спектрофотометрического анализа экстрактов из зеленых листьев и

определение на его основе относительного содержания хлорофиллов по сравнению с другими хромофорами, что имеет практическое значение, например, при оценке растительных ресурсов.

#### Материалы и методы

В эксперимент брали во время цветения листья 27 видов растений из 17 семейств: Астровые (*Asteraceae*): одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.), топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.); Бобовые (*Fabaceae*): леспедецы двуцветной (*Lespedeza bicolor* Turcz.); Буковых (*Fagaceae*): дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.); Гречишные (*Polygonaceae*): горца почечуйного (*Polygonum persicaria* L.); Жимолостные (*Caprifoliaceae*): жимолости голубой (*Lonicera caerulea* L.), жимолости Маака (*L. maackii* (Rupr) Maxim.); Калиновые (*Viburnaceae*): калины Саржента (*Viburnum sargentii* Koehne); Камнеломковые (*Saxifragaceae*): бадана тихоокеанского (*Bergenia pacifica* Kom.); Крестоцветные (*Cruciferae*): пастушьей сумки обыкновенной (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik), хрена обыкновенного (*Armoracia rusticana* Gaertn., Mey. et Scherb.), Крыжовниковые (*Grossulariaceae*): смородины красной (*Ribes rubrum* L.) «Ранняя сладкая», смородины черной (*R. nigrum* L.) «Чемпион Приморья», Лютиковые (*Ra-*

*nunculaceae*): ветреницы удской (*Anemone udensis* Trautv.), калужницы лесной (*Caltha silvestris* Worosch.), купальницы Ледебурра (*Trollius ledebourii* Rchb.), лютика ползучего (*Ranunculus repens* L.); Молочайные (*Euphorbiaceae*) клещевины обыкновенной (*Ricinus communis* L.); Мятликовые (*Poaceae*): тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.); Подорожниковые (*Plantaginaceae*): подорожника азиатского (*Plantago asiatica* L.); Розовые (*Rosaceae*) боярышника даурского (*Crataegus dahurica* Koehne ex C. K. Schneid.), гравилата городского (*Geum urbanum* L.), репешка обыкновенного (*Agrimonia eupatoria* L.), шиповника майского (*Rosa majalis* Herzm.), шиповника морщинистого (*R. rugosa* Thunb.); Тыквенные (*Cucurbitaceae*): тыквы обыкновенной (*Cucurbita pepo* L.) «Перетянутая»; Яснотковые (*Lamiaceae*) пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.).

Материал рандомизировали двойной слепой пробой с использованием набора случайных чисел. Из каждого отобранного листа в средней трети симметрично осевой линии вырезали по два квадрата 5×5 мм. Шесть вырезанных квадратов немедленно растирали в ступке с кварцевым песком, добавляя углекислый магний и 10 мл 95% этилового спирта, затем фильтровали во флаконы темного стекла. Все манипуляции выполняли в затененном помещении. Спектры регистрировали на цифровом спектрофотометре UV-2051PC (Shimadzu, Япония), нормировали по наибольшему максимуму и обрабатывали по описанной ранее авторской методике (Колдаев, 2013). Оценку соотношения содержания пигментов производили по коэффициенту  $K = D(664)/D(\lambda_{max})$ , где  $D(664)$  – нормированная оптическая плотность на аналитической длине волны 664 нм и  $D(\lambda_{max})$  – нормированная оптическая

плотность на длине волны наибольшего из максимумов спектра поглощения.

### Результаты и обсуждение

Как показали результаты исследований, спектры поглощения экстрактов из листьев зеленых растений представляют собой сложные многогорбые кривые, включающие от 6 до 8 максимумов разной высоты в ультрафиолетовом (УФ) и видимом оптических диапазонах (см. рис.). Полученные максимумы спектров поглощения экстрактов из зеленых листьев в видимой части оптического диапазона и минимумы в зеленой области согласуются с литературными данными для соответствующих спектров поглощения хлорофиллов (Колдаев, 2013).

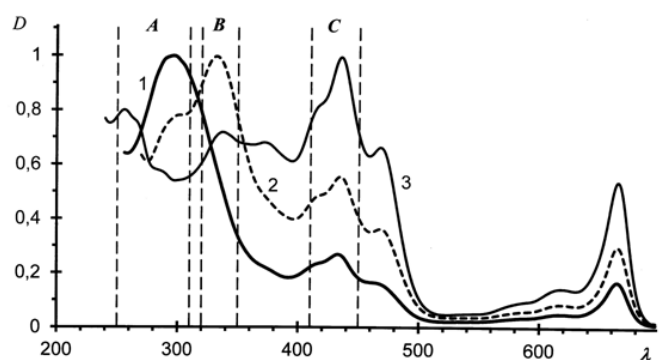


Рис. Спектры поглощения экстрактов из листьев гравилата городского типа I (1), одуванчика лекарственного типа II (2) и калужницы лесной типа III (3). А, В и С – зоны НВМ спектров. По вертикали – нормированная оптическая плотность (D) в относительных единицах, по горизонтали – длина волны ( $\lambda$ ) в нм

Наиболее высокие максимумы (НВМ) для экстрактов из листьев разных растений группируются на различных участках УФ и сине-зеленой области. По длинам волн НВМ полученные спектры можно подразделить на несколько типов. Спектры типа I имеют НВМ в средневолновой 250–310 нм (зона А), а спектры типа II – в длинноволновой 320–360 нм (зона В) УФ областях. Тип III представлен спектрами с НВМ в видимом синем диапазоне 430–440 нм, или в зоне С.

Характеристики спектров поглощения экстрактов из листьев растений

Тип спектра, диапазон НВМ (нм)	Растение	$\lambda_{max}$ (нм)	$K$	Репрезентативный интервал $K$
I, 250–310	Боярышник даурский	282	0,1872	0,17–0,26
	Ветреница удская	258	0,5132	
	Гравилат городской	296	0,1722	
	Дуб монгольский	266	0,1705	
	Жимолость Маака	286	0,1787	
	Клещевина обыкновенная	257	0,2368	
	Купальница Ледебуря	267	0,2036	
	Леспедеца двуцветная	269	0,5562	
	Шиповник майский	272	0,0953	
	Шиповник морщинистый	270	0,1038	
II, 320–360	Горец почечуйный	333	0,3409	0,28–0,37
	Жимолость голубая	338	0,2476	
	Калина Саржента	320	0,151	
	Лютик ползучий	334	0,1412	
	Одуванчик лекарственный	333	0,3042	
	Пастушья сумка обыкновенная	337	0,5415	
	Подорожник азиатский	333	0,3139	
	Пустырник пятилопастный	333	0,2970	
	Смородина красная «Ранняя сладкая»	353	0,3139	
	Тимофеевка луговая	332	0,5343	
	Топинамбур	330	0,2899	
III, 410-450	Бадан тихоокеанский	433	0,6390	0,53–0,57
	Калужница лесная	435	0,5978	
	Репяшок обыкновенный	434	0,6043	
	Смородина черная «Чемпион Приморья»	434	0,5606	
	Тыква обыкновенная «Перетянутая»	435	0,5453	
	Хрен обыкновенный	432	0,4918	

Среди исследованных спектров к типу I относится 37%, соответственно, 41% и 22% - к типам II и III (см. табл.).

Для спектров типа I характерным представителем является спектр экстракта из листьев гравилата городского с НВМ на волне 296 нм, соответственно, для типа II – спектр экстракта из листьев одуванчика лекарственного, 333 нм и для типа III – спектр экстракта из листьев калужницы лесной, 435 нм (см. рис.).

Как известно, для спектров спиртовых извлечений из зеленых листьев максимум поглощения в районе 660–665 нм является обобщенным признаком хлорофиллов, а его высота, или оптическая плотность, отображает их суммарное содержание (Гавриленко, Жигалова, 2003). Наиболее высокие максимумы поглощения в диапазонах, характерных для спектров типов I–III, показывают, соответственно, наличие и суммарное содержание нехлорофилловых пигментов листа. Отношение высот максимумов на аналитической длине волны 664 нм и на длинах волн НВМ, или коэффициент К, дает представление о сравнительном с другими пигментами содержании хлорофиллов в листе. Судя по полученным данным, коэффициент К для исследованных видов растений принимает сугубо индивидуальные значения (см. табл.).

Коэффициенты К для 60% спектров типа I имеют низкие значения в, так называемом, репрезентативном интервале от 0,17 до 0,26. Но следует заметить, что значения К для спектров поглощения экстрактов из листьев ветреницы удской и леспедецы двуцветной почти в 2 раза превышают верхнюю границу, а для спектров поглощения из листьев шиповника майского и шиповника морщинистого, наоборот, в 1,7–1,88 раза меньше нижней границы этого интервала.

Для большинства (64%) спектров типа II коэффициент К имеет значения, укладываемые в репрезентативный интервал от 0,28 до 0,37, т.е. больше по сравнению с аналогичным интервалом для спектров типа I. При этом для спектров поглощения экстрактов из листьев тимopheевки луговой К превышает верхнюю границу этого интервала в 1,44 раза, а для спектров поглощения экстрактов из листьев калины Саржента и лютика ползучего меньше нижней границы в 1,86–2 раза. Для спектров типа III коэффициент К имеет наибольшие значения, превосходящие соответствующие границам репрезентативных интервалов спектров типов I и II в 1,54–3,11 раза.

Следует также заметить, что спектры поглощения экстрактов из листьев смородины красной и черной (род *Ribes*), жимолостей голубой и Маака (род *Lonicera*) принадлежат не только к разным типам, но и по коэффициенту К отличаются в 1,4–1,8 раза. С другой стороны, для шиповников майского и морщинистого (род *Rosa*) спектры поглощения экстрактов из листьев относятся к одному типу. Таким образом, выраженной родовой общности коэффициента К не просматривается.

Для уточнения выявленных тенденций требуется более представительная статистика с использованием родственных растений и с учетом условий их произрастания.

## Выводы

1. Абсорбционные спектры экстрактов из зеленых листьев классифицируются на три типа по положению НВМ в средневолновом, длинноволновом ультрафиолете и в синей области оптического диапазона.

2. Листья с НВМ спектров поглощения в средневолновом УФ в основном имеют

низкое, в длинноволновом УФ - среднее и в видимой области - наибольшее относительное содержание хлорофиллов по сравнению с другими хромофорами.

3. Отношение оптической плотности на длине волны, соответствующей пику хлорофилла, к оптической плотности на длине волны НВМ в спектрах поглощения экстрактов из листьев, или коэффициент К, может служить видовым признаком.

**Благодарность.** Автор выражает признательность с.н.с. ГТС ДВО РАН Зориковой С.П. за практическую помощь в уточнении видовой принадлежности растений.

#### Л и т е р а т у р а

Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. – М.: Академия, 2003. – 256 с.

Колдаев В.М. Спектры поглощения экстрактов из лекарственных растений Приморья. – М. Спутник+, 2013. – 128 с.

Хелдт Г.-В. Биохимия растений. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 471 с.

Статья поступила в редакцию 24 февраля 2014 г.

## MODIFICATIONS OF ABSORPTION SPECTRUM OF EXTRACTS FROM GREEN LEAVES

**V.M. Koldaev**

*Mountain-Taiga Station, FEB RAS, Gornotaezhnoe, Russia*

**Key words:** green leaf, extract, chlorophyll, pigment, spectrophotometry

It is recording absorption spectrums of extracts from leaves 27 plants 17 families. This spectrum subdivides into three basic types by

arrangement of greatest maximum in middle-wave, long-wave ultra-violet, visible part of optical range. We estimate the relative content of chlorophyll and other pigment by ratio optical density of length wave 664 nm and optical density of length wave of greatest maximum. The first type is characterized by low, the second type by middle and third type by the most content of chlorophyll in green leaves in comparison with other pigments.

И. 1 Tabl. 1. Bibl. 3.