

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНОГО ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ ВИДОВ ЧЕРТОПОЛОХА КОЛЮЧЕГО (CARDUUS NUTANS) И БОДЯКА ОБЫКНОВЕННОГО (CIRSIIUM VULGARE) В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ВЕГЕТАЦИИ

**Осинкина Татьяна Владимировна**

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации»  
osinkina12@mail.ru

## STUDY OF THE MAIN PIGMENTAL COMPOSITION OF PLANTS OF THE SPECIES OF CARDUUS NUTANS AND CIRSIIUM VULGARE IN DIFFERENT VEGETATION PERIODS

**T. Osinkina**

*Summary.* The aim of this study is to analyze the content of pigments in the generative organs of herbaceous plants of the thistle thistle (*Carduus nutans*) and common thistle (*Cirsium vulgare*) species at different time intervals of the growing season. Methods for determination of pigments were performed by spectrophotometric method on a PEVI 5300 device with preliminary extraction of pigments and carotenoids in 90% ethanol; for lycopene, n-hexane, reagent grade was used. Based on this study, variations in pigment content have been recorded. The content of chlorophyll a in both plant species was the highest and averaged 2.5608 mg / l, and the maximum in the common thistle was 3.7060 mg / l — after flowering. The ratio of chlorophyll a / chlorophyll b is highest in thistle thistle — 2.31 and common thistle — 2.10 also after flowering. The average total content of carotenoids is the minimum value of 1.0225 mg / l, the highest in common thistle is 1.4120 mg / l after flowering.

The content of chlorophyll a, chlorophyll b, lycopene, and carotenoids turned out to be variable: with an increase in chlorophyll a and chlorophyll b in the flowering phase for both species and for common thistle after flowering. The predominance of the content of chlorophylls a and b over the content of carotenoids indicates the preservation of a high photosynthetic activity of plants.

*Keywords:* pigments; carotenoids; growing season; lycopene; photosynthetic processes; xenobiotics; chlorophyll a; chlorophyll b; free radicals, ecotope.

*Аннотация.* Целью данного исследования является анализ содержания пигментов в генеративных органах травянистых растений видов чертополоха колючий (*Carduus nutans*) и бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare*) в разные временные интервалы периода вегетации. Методы определения пигментов производили спектрофотометрическим методом на приборе ПЭВИ 5300 с предварительной экстракцией пигментов и каротиноидов в 90% этаноле; для ликопина использовали n-гексан, хч. На основании данного исследования зафиксированы вариации в содержании пигментов. Содержание хлорофилла а у обоих видов растений было наибольшим и составило в среднем 2,5608 мг/л и максимально у бодяка обыкновенного 3,7060 мг/л — после цветения. Отношение хлорофилл а/хлорофилл b наибольшее у чертополоха колючего — 2,31 и бодяка обыкновенного — 2,10 также после цветения. Среднее суммарное содержание каротиноидов — минимальный показатель 1,0225 мг/л, наибольший в бодяке обыкновенном 1,4120 мг/л после цветения.

Содержание хлорофилла а, хлорофилла b, ликопина и каротиноидов оказалось переменным: с увеличением показателей хлорофилла а и хлорофилла b в фазу цветения для обоих видов и для бодяка обыкновенного — после цветения. Преобладание содержания хлорофиллов а и b над содержанием каротиноидов свидетельствует о сохранении высокой фотосинтетической активности растений.

*Ключевые слова:* пигменты; каротиноиды; период вегетации; ликопин; фотосинтетические процессы; ксенобиотики; хлорофилл а; хлорофилл b; свободные радикалы, экотоп.

## Введение

Большинство биохимических реакций, протекающих в живых организмах, приводят к образованию некоторого количества свободных радикалов. В нормальных условиях свободные радикалы содержатся в клетках организма в небольшом количе-

стве [6, с. 54]. Но, если организм подвергается стрессу, ионизирующему облучению или влиянию ксенобиотиков, образование свободных радикалов усиливается. Процесс, как правило, происходит лавинообразно и приводит к значительному дисбалансу свободных радикалов в организме, что, в свою очередь, ведет к нарушениям функций различных систем, в том числе может

измениться путь формирования клетками генетического аппарата. В результате возможно нарушение процесса трансляции [4, с. 167]. Подобный сбой способен изменить структуру и функциональность клеточных белков, что приведет к нарушениям в синтезе других клеточных компонентов и дисбалансу целого каскада биохимических реакций, приводящее к сбоям в обмене веществ целого организма. Одним из механизмов, препятствующих указанным явлениям, является работа веществ, содержащих систему сопряженных электрононенасыщенных химических связей [1, с. 120], к подобным соединениям, в частности, относятся каротиноиды.

## Материалы и методы

Объектом исследования выступили травянистые растения отдела покрытосеменные (*Angiospermae*), класса двудольные (*Dicotyledones*), виды — чертополох колючий (*Carduus nutans*) и бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare*). Для определения пигментов и суммарного содержания каротиноидов отбирали нераскрывшиеся бутоны до фазы цветения, корзинки во время цветения и корзинки после цветения у обоих видов растений. Сбор сырья производили в сухую погоду, отбирались свежие неповрежденные с неизменённым цветом части соответствующих растений.

Определение пигментов производили методом спектрофотометрии на приборе ПЭВИ 5300 с экстракцией растительных каротиноидов в 90% этаноле; для определения ликопина использовали *n*-гексан, хч. Контролем для определения хлорофиллов и каротиноидов использовали 90% этанол, длина оптического пути составляла 10 мм; для определения ликопина — *n*-гексан, хч, длина оптического пути также составляла 10 мм.

Пробы растительного сырья отбирались во второй половине августа в дневное время: в фазу бутонизации, в период активного цветения растений и после цветения. Содержание индивидуальных веществ определяли с использованием трёхволнового метода, определяя оптическую плотность ( $D$ ) вытяжек при 665, 649 и 440 нм (максимумы поглощения, соответственно, для хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов в этиловом спирте).

Концентрацию ( $C$ ), мг/л хлорофиллов *a* и *b* рассчитывали по уравнениям Винтерманс и Де Мотс (Wintermans, De Mots, 1965) для этилового спирта:

$$C_a = 13,70 * D_{665} - 5,76 * D_{649} \quad (1)$$

где  $C_a$  — концентрация хлорофилла *a* (мг/л),  $D_{665}$  и  $D_{649}$  — оптические плотности при длинах волн 665 и 649 нм, соответственно.

$$C_b = 25,80 * D_{649} - 7,60 * D_{665} \quad (2)$$

где  $C_b$  — концентрация хлорофилла *b* (мг/л),  $D_{649}$  и  $D_{665}$  — оптические плотности при длинах волн 649 и 665 нм, соответственно.

$$C_k = 4,7 * D_{440} - 0,27 * C_{(a+b)} \quad (3)$$

где  $C_k$  — концентрация каротиноидов (мг/л),  $D_{440}$  — оптическая плотность при длине волны 440 нм, соответственно;  $C_{(a+b)}$  — суммарная концентрация хлорофилла *a* и хлорофилла *b* (мг/л).

Содержание пигмента ликопина устанавливали по формуле (Muratore et al, 2005), для гексановых фракций:

$$C_{lik} = 395 * D_{503} - 80,5 * D_{451} \quad (4)$$

где  $C_{lik}$  — концентрация ликопина (мг/л),  $E_{451}$  — оптическая плотность при длине волны 451 нм, соответственно;  $E_{503}$  — оптическая плотность при длине волны 503 нм, соответственно.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием пакета MS Excel 2010 «Анализ данных» (Microsoft, USA).

## Литературный обзор

Провитамин А ( $\beta$ -каротин) проявляет достаточно ярко выраженный антиоксидантный эффект [5, с. 298]. Рядом исследований показано, что он способствует снижению риска развития процессов неконтролируемого деления клеток, приводящее к развитию онкологических и ряда других заболеваний, возникающих в связи с повышенной экологической нагрузкой на организм [6, с. 55]. Как антиоксидант природного происхождения  $\beta$ -каротин защищает от канцерогенного воздействия высоко активных прооксидантов — реакционно способных форм кислорода и свободных радикалов, образующихся в процессе внутриклеточного дыхания в митохондриях и поступления в организм компонентов табачного дыма, загрязненного пылевыми выбросами и аэрозольными компонентами воздуха, пищи, содержащей предшественников свободных радикалов, неуправляемого перекисного окисления липидов при ослаблении антиоксидантной защитной системы организма [9, с. 103]. В настоящее время активно рассматривается и другой вероятный механизм антиканцерогенного действия  $\beta$ -каротина. Известно, что клетки постоянно обмениваются биохимическими сигналами через многочисленные межклеточные контакты, что обеспечивает особый коллективный характер их поведения. Показано, что  $\beta$ -каротин стимулирует образование устойчивых меж-

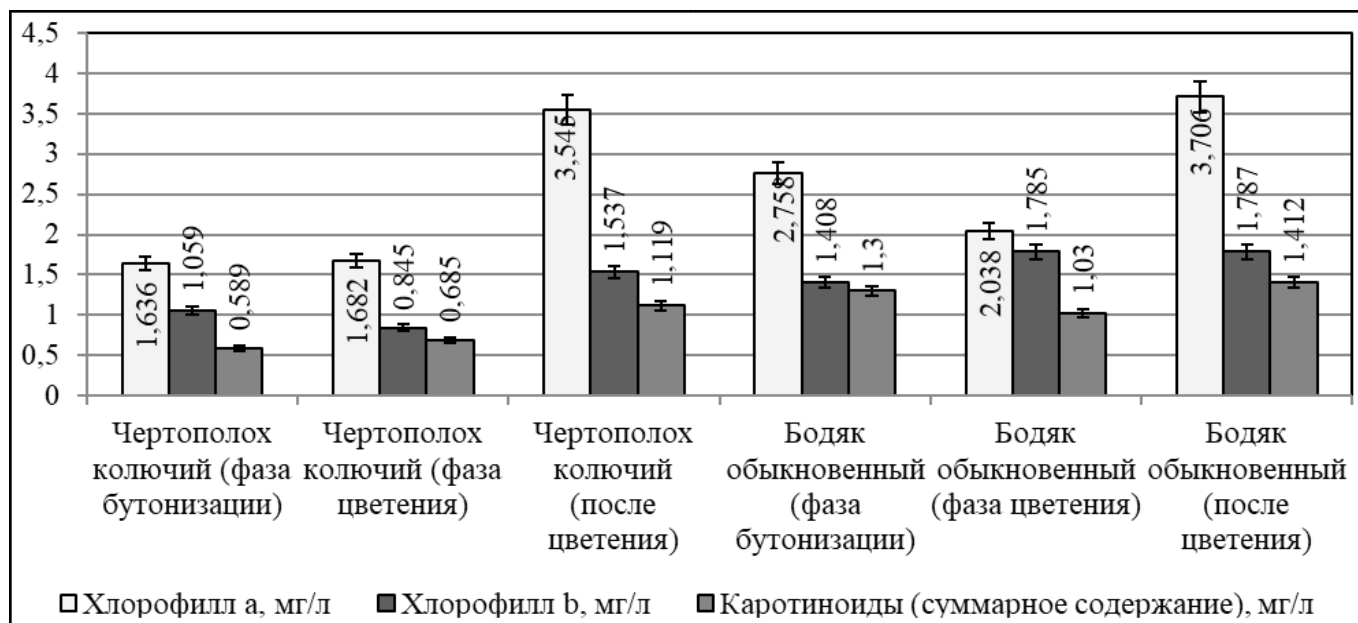


Рис. 1. Содержание пигментов в разные периоды вегетации, мг/г.

клеточных каналов, благодаря которым здоровые клетки посылают предопухолевым больше метаболических сигналов, регулирующих нормальную дифференцировку, рост и поведение, что удерживает предопухолевые клетки от перерождения их в ансамбли с нарушенной «программой» реализации наследственной информации. Активация β-каротином разнообразных щелевых контактов и метаболического контроля со стороны здоровых клеток может существенно исправить поведение инициированных клеток и заблокировать стадию активации канцерогенеза (т.е. стадию перерождения инициированной клетки в злокачественную) [9, с. 101].

Помимо β-каротина в организме растений присутствует ряд соединений, проявляющих активные антиоксидантные свойства, среди которых следует выделить ликопин (2,6,10,14,19,23,27,31-октаметилдотриаконтатридекаен-2,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,30) — пигмент, относящийся к группе каротиноидов, предшественник β-каротина.

Антиоксидантная активность ликопина в 2,5 раза выше таковой у β-каротина [2, с. 5]. Ликопин обеспечивает стабильность межклеточных взаимодействий, и, следовательно: питание клеток, очистка от шлаков и токсинов, энергетический и информационный обмен. Участвует в замедлении развития возрастных изменений сетчатки глаз, катаракты; проявляет сосудоукрепляющие свойства [6, с. 56].

Выбор растений для определения содержания пигментов обусловлен, во-первых, немногочисленными

сведениями о химическом составе рассматриваемых видов. Известно, что в составе чертополоха колючего (*Carduus nutans*) выделены некоторые органические кислоты, дубильные вещества, сапонины, алкалоиды, в составе бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) присутствует астрагалин, аскорбиновая кислота, гиперин, дубильные вещества, эфирные масла. Для чертополоха колючего в народной медицины отмечены достаточно выраженные фармакологические эффекты, связанные с нормализацией работы мочеполовой системы, стабилизацией артериального давления, сосудосуживающим эффектом, нормализацией частоты сердечных сокращений [8, с. 4]. Применение растения сопровождается положительным эффектом при подагре, геморрое, циститах, ларингите, желтухе, ревматизме [2, с. 12].

Эффекты действия бодяка обыкновенного проявляются при спастических, кишечных, почечных и печеночных коликах, как потогонное средство. Проявляет бактерицидные, жаропонижающие, противовоспалительные свойства. Положительный эффект отмечается при использовании в качестве наружного противовоспалительного средства при фурункулезе, опухолях, ранах, абсцессах. Однако в официальной традиционной медицине оба вида растений остаются малоизученными [3, с. 2].

В связи с указанной ролью растительных пигментов для организма человека, цель работы — анализ содержания пигментов в генеративных органах травянистых растений, в разные временные интервалы периода вегетации.

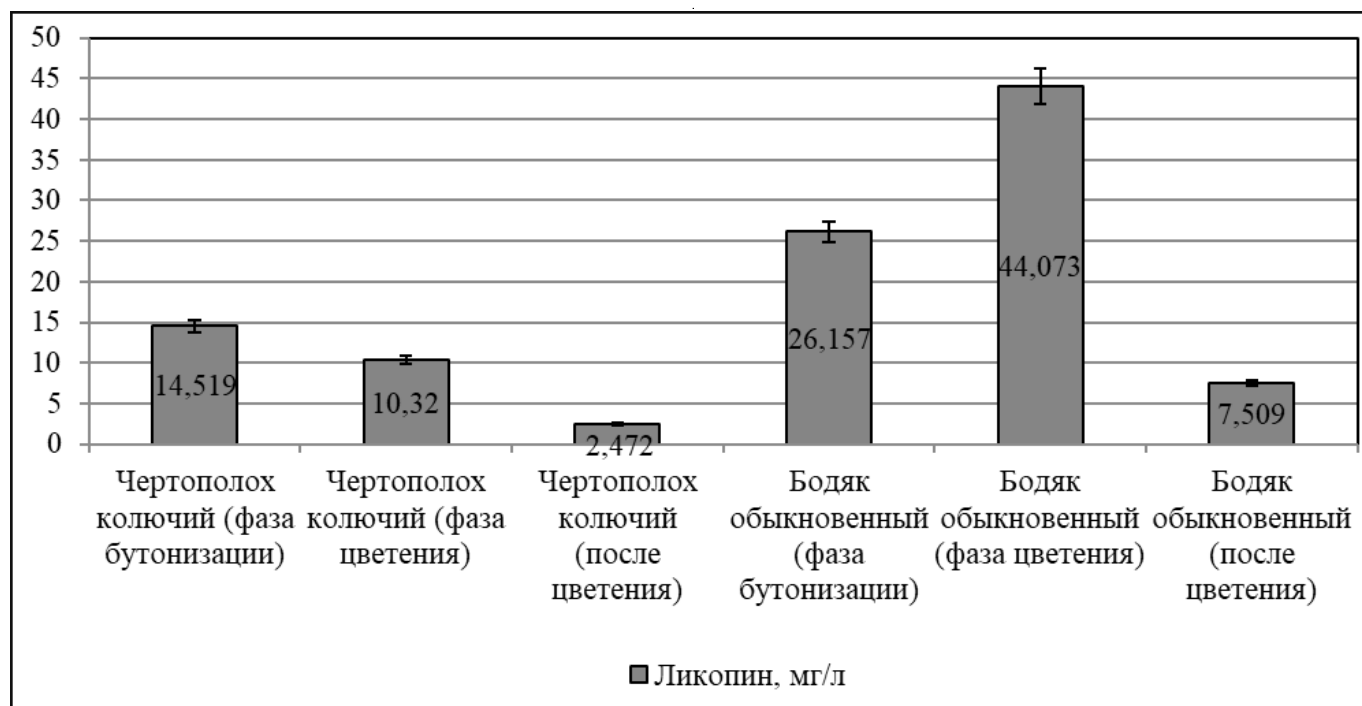


Рис. 2. Динамика содержания ликопина (мг/л) в чертополохе колючем (*Carduus nutans*) и бодяке обыкновенном (*Cirsium vulgare*).

Помимо этого, значимым является факт анализа условий произрастания растений и подбор видов растений, обладающих достаточно высокими адаптивными свойствами и, следовательно, широкой распространённостью в большинстве экотопов. Это позволит более детально анализировать биохимические процессы растительного организма для прогнозирования существования в окружающей природной среде.

### Результаты и обсуждение

Данные, полученные в ходе исследования (рис. 1 и рис. 2) свидетельствуют об активных

фотосинтетических процессах, протекающих в растениях как во время подготовки к цветению, так и в процессе цветения — все анализируемые пигменты были обнаружены. Однако фиксировались как внутривидовые, так и межвидовые вариации в содержании индивидуальных пигментов. Наибольшим оказалось содержание хлорофилла а во все рассматриваемые периоды у обоих видов растений и составило в среднем 2,5608 мг/л и максимальным было у бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) 3,7060 мг/л после цветения. Отношение хлорофилла а/хлорофилла b наибольшим зафиксировано у чертополоха колючего (*Carduus nutans*) 2,31 и бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) 2,10 также после цветения.

Среднее суммарное содержание каротиноидов в сравнении с содержанием хлорофиллов характеризовалось как минимальный показатель, составивший 1,0225 мг/л. Наибольшим содержание оказалось в бодяке обыкновенном (*Cirsium vulgare*) 1,4120 мг/л после цветения. Ранее показано, что рост содержания каротиноидов в листьях люцерны, например, был сопряжен с аналогичным повышением концентрации хлорофиллов, что объясняется тем, что зеленые (хлорофилл а, хлорофилл b) и желтые пигменты (каротиноиды) в функциональном отношении представляют собой единую фотосинтетическую систему [7, с. 115].

Преобладание содержания хлорофиллов а и b над содержанием каротиноидов свидетельствует о сохранении достаточно высокой фотосинтетической активности растений, как в период цветения, так и после данного периода.

Содержание ликопина — предшественника β-каротина также варьировало с наибольшим содержанием в бодяке обыкновенном (*Cirsium vulgare*) в фазу цветения 44,0730 мг/л. Повышение концентрации ликопина в 1,7 раза во время цветения по сравнению с периодом до цветения, связано, по-видимому, со снижением влажности воздуха и почвы: в данный период времени выпадало менее 1 мм осадков. Следовательно, для растения в период цветения сложившиеся условия явились, по-видимому, стрессовыми, что повлекло

за собой переключение на вспомогательные метаболические реакции и усиленный синтез дополнительных светособирающих и антиоксидантных соединений, одним из которых выступает ликопин [4, с. 168]. После цветения содержание ликопина резко снизилось в 5,9 раза, показатель хлорофилла а возрос в 1,76 раз. Сходная динамика с увеличением содержания хлорофилла а после цветения и снижением показателя ликопина отмечена и для чертополоха колючего (*Carduus nutans*). Данное явление в целом подтверждает переключение механизмов биохимической активности растительного организма в зависимости от условий среды, интенсивности потребления кислорода, органических веществ, влажности воздуха и почвы, температурного режима воздуха, а также в зависимости от стадии развития и состояния экотопа его обитания.

### Заключение

На основании полученных результатов, таким образом, следует сформулировать выводы:

1. Во всех образцах исследованных видов растений установлено содержание пигментов;
2. Содержание хлорофилла а, хлорофилла b, ликопина и суммарного содержания каротиноидов характеризовалось достаточной вариабельностью с увеличением значений показателей в фазу цветения и для бодяка обыкновенного (*Cirsium vulgare*) после цветения;
3. Исследования особенностей накопления и динамики основных пигментов в тканях растений в летне-осенний период позволят определить степень воздействия факторов среды их обитания на растительные организмы и использовать полученные данные для дальнейших биомониторинговых исследований при анализе влияния природных факторов и антропогенного воздействия;
4. Результаты количественного содержания пигментов в растениях могут быть использованы для выявления видов растений как дополнительных источников биологически активных веществ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аганина Ю.Е. Изменчивость содержания фотосинтетических пигментов хвои у сосны с разной формой апофиза семенных чешуй в условиях постоянного избыточного увлажнения // Известия Самарского научного центра РАН. — 2018. — т. 20. — № 5. — С. 118–126.
2. Анализ количественного содержания каротиноидов в растительном сырье — Государственный научный центр лекарственных средств, г. Харьков — [Электронный ресурс] — <http://provisor.com.ua/archive/1999/N6/karot.php>
3. Бодяк обыкновенный — [Электронный ресурс] <https://herbana.world/plant/bodyakobyknovennyj.html>
4. Гарифзянов А.Р., Горелова С.В., Иванищев В.В., Музафаров Е.Н. Сравнительный анализ активности компонентов антиоксидантной системы древесных растений в условиях техногенного стресса // Известия ТГУ. — Естественные науки. — 2009. — вып. 1. — С. 166–178.
5. Маслова Т.Г. Функции каротиноидов в листьях высших растений (обзор) // Общая биология: серия «Ботаника, физиология». — 2020. — том 81. — № 4. — С. 297–310.
6. Павлюченко И.И. Биохимические аспекты изучения β-каротина («Каролина») // Успехи современного естествознания. — 2009. — № 2. — С. 54–56.
7. Попова И.А., Маслова Т.Г., Попова О.Ф. Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений. — Л.: Наука, 1989. — с. 115–139.
8. Чертополох: полезные свойства и противопоказания. Лечебные свойства чертополоха — [Электронный ресурс] — <https://fb.ru/article/185923/chertopoloh-poleznye-svoystva-i-protivopokazaniya-lechebnyie-svoystva-chertopoloha>
9. Ших Е.В. Клинико-фармакологическое обоснование применения витаминов-антиоксидантов в комплексной терапии заболеваний молочной железы // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. — 2008. — т. 7. — № 2. — С. 94–104.

© Осинкина Татьяна Владимировна (osinkina12@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»