

## ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ *TARAXACUM ARCTICUM* И *TARAXACUM OFFICINALE* (ASTERACEAE) НА ЗАПАДНОМ ШПИЦБЕРГЕНЕ

© 2021 г. Н. Ю. Шмакова<sup>1,\*</sup>, Е. Ф. Марковская<sup>2,\*\*</sup>,  
О. В. Ермолаева<sup>1,\*\*\*</sup>, К. В. Морозова<sup>2,\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина Кольского научного центра РАН  
Кировск, Мурманской обл., 184250, Россия

<sup>2</sup> Петрозаводский государственный университет  
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, 185910, Россия

\*e-mail: shmanatalya@yandex.ru

\*\*e-mail: volev10@mail.ru

\*\*\*e-mail: olia.ermolik@yandex.ru

\*\*\*\*e-mail: mkv25@bk.ru

Поступила в редакцию 12.02.2020 г.

После доработки 24.03.2021 г.

Принята к публикации 07.04.2021 г.

Исследованы физиологические особенности 2 видов рода *Taraxacum* (аборигенного *T. arcticum* и заносного *T. officinale*) во флоре о. Западный Шпицберген. Отмечено сходное суммарное содержание хлорофиллов у исследованных видов. Показана высокая потенциальная фотохимическая активность единицы фотосинтетического аппарата обоих видов. В условиях Арктики оба вида одинаково поглощают и утилизируют световую энергию, различия связаны только с ее последующей тратой. Недостаток тепла у *T. officinale* приводит к более высокому уровню значений нефотохимического тушения.

**Ключевые слова:** *Taraxacum arcticum*, *Taraxacum officinale*, содержание пигментов пластид, параметры флуоресценции, остров Западный Шпицберген

DOI: 10.31857/S0006813621070085

Во флоре архипелага Шпицберген встречаются аборигенные виды рода *Taraxacum* — *T. arcticum* (Trautv.) Dahlst., *T. brachyceras* Dahlst. и *T. cymbifolium* H. Lindb. ex Dahlst. (Rønning, 1996), из которых широко распространенным является только *T. arcticum*. К заносным видам относится *T. officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg. В Арктике одуванчики встречаются на лугах, в нивальных тундрах, на приморских и приречных территориях, щебнистых, каменистых и песчаных субстратах. *T. officinale* приурочен к антропогенным местообитаниям (Arkticheskaya ..., 1987).

Для растений Арктики характерны круглосуточная ассимиляция, доля ночного фотосинтеза может составлять около 30% суточной продуктивности; высокая потенциальная интенсивность фотосинтеза с более низким температурным оптимумом; высокий уровень интенсивности фотосинтеза при околонулевых температурах (Gerasimenko, Shvezova, 1989). Исследование эколого-физиологических особенностей растений

Западного Шпицбергена показало, что при продвижении в высокие широты содержание хлорофиллов уменьшается, а диапазон смещается в сторону более низких концентраций (Markovskaya, Shmakova, 2017). Определенные ограничения отмечаются для видов, которые имеют область оптимума в более южных тундрах на широтном градиенте. Среди них имеются виды, которым удастся продвинуться на север без изменения содержания хлорофиллов либо со снижением. При этом доминирующую роль в растительном покрове Арктики имеют виды сосудистых растений арктической фракции с циркумполярным распространением, для которых характерно среднее количество хлорофиллов (0.7–1.3 мг г<sup>-1</sup> сырой массы). Низкая температура в сочетании с невысокой освещенностью в высоких широтах может приводить к энергетическому дисбалансу между фотохимией, транспортом электронов и метаболизмом и, как следствие, к перевосстановленности компонентов электрон-

но-транспортной цепи хлоропластов, что вызывает окислительный стресс у растений (Huner et al., 1998). Коррекция этого состояния происходит за счет диссипации избыточной энергии, что обеспечивает восстановление окислительно-восстановительного статуса организма и является основным условием выживания растений в Арктике (Lange et al., 1999).

Цель исследования – сравнение функциональной активности двух видов рода *Taraxacum* в период вегетации в сообществах арктических тундр на острове Западный Шпицберген.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в окрестностях пос. Баренцбург (о-в Западный Шпицберген). Океанический арктический климат Шпицбергена, благодаря присутствию в этом районе теплых атлантических вод Гольфстрима, характеризуется умеренными температурами летом и зимой. Из-за высокой влажности воздуха даже зимние осадки могут выпадать дождем или туманом. В районе исследований, на о-ве Западный Шпицберген, среднегодовая температура воздуха составляет +5.8°C. Средняя температура самого теплого месяца (июля) +8.0°C, самого холодного (февраля) –18°C (Semenov et al., 2002). По средним многолетним наблюдениям устойчивый переход температуры через 0°C в сторону положительных значений происходит 5 июня, в сторону отрицательных – 18 сентября. В среднем, за год выпадает 563 мм осадков. Преобладают осадки в виде снега, снежный покров достигает в апреле 104 см. В течение всего года наблюдается высокая относительная влажность воздуха, среднее многолетнее значение – 78%. На широте Баренцбурга с 19 апреля по 24 августа (127 дней) длится полярный день. Климатические особенности обуславливают короткий вегетационный период (40–70 дней): первые весенние растения не цветут до середины июня, а в середине августа вегетационный период заканчивается.

*T. arcticum* был собран в долине Грендален (побережье залива Грен-фьорд) на открытых местобитаниях приморской тундры (N 78°02'425", E 14°13'567", 61 м над ур. м.), *T. officinale* – на территории пос. Баренцбург (N 78°04', E 14°13'). Исследование проводили в течение нескольких вегетационных сезонов в июле, в фазе цветения растений. Виды были определены научным сотрудником ПАБСИ КНЦ РАН В.А. Костиной.

Площадь листа и удельную поверхностную плотность листа (УППЛ – сухая масса единицы площади листа, мг дм<sup>-2</sup>) измеряли с помощью фотографирования 5–10 сформированных листьев, компьютерного анализа изображений. Со-

держание сухого вещества определяли высушиванием при температуре 105°C до абсолютно сухой массы.

Содержание пигментов пластид листьев определяли в спиртовых вытяжках (96%) по оптической плотности в максимумах поглощения хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов с помощью спектрофотометра UV–1800 фирмы “Shimadzu”, Япония (Lichtenthaler, Wellburn, 1983; Maslova, Poroва, 1993). Пробы листьев каждого вида отбирали в 5-кратной биологической повторности, а затем анализировали их в 3-кратной аналитической повторности.

Параметры интенсивности флуоресценции хлорофиллов (ИФХ) регистрировали с помощью флуориметра JUNIOR-PAM с импульсно-модулированным освещением (Heinz, Walz, Германия). После 30-минутной темновой адаптации определяли начальную ( $F_0$ ) и максимальную ( $F_m$ ) флуоресценцию (PPFD насыщающего импульса составила 10 000 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>), рассчитывали максимальный фотохимический квантовый выход ФС II ( $F_v/F_m$ ); эффективный квантовый выход ФС II ( $Y(II)$ ), скорость фотосинтетического транспорта электронов (ETR) и нефотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла *a* (NPQ). Параметры флуоресценции измеряли при интенсивности действующего света 90–1150 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup> в 3-кратной биологической повторности.

Статистическая обработка данных проведена с использованием стандартных пакетов программ Microsoft Excel 7 и Statgraphics for Windows. Обработка результатов флуориметра осуществлена с помощью программного обеспечения WinControl.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Пигменты пластид.** *T. arcticum* представлен большими популяциями в сообществах арктической тундры, особи мелкие с одним цветоносом, высота не более 5–8 см, 3–5 листьев в розетке, распланных по поверхности почвы. Масса сформированного листа составила  $10 \pm 0.74$  мг сухой массы, площадь – около  $4.4 \pm 0.6$  см<sup>2</sup> (табл. 1). Суммарное содержание хлорофиллов в ассимилирующих органах *T. arcticum* составило в среднем  $7.47 \pm 0.54$  мг г<sup>-1</sup> сухой массы или  $2.39 \pm 0.17$  мг дм<sup>-2</sup>. Среди исследованных нами сосудистых растений сообществ арктических тундр Западного Шпицбергена (Markovskaya, Shmakova, 2017), этот вид относится к группе со средним содержанием хлорофиллов. Величина соотношения хлорофиллов *a/b* в листьях *T. arcticum* равна  $3.3 \pm 0.21$ , доля хлорофиллов, принадлежащих светособирающему комплексу – 51% (ССК), что характерно для растений светолюбивого типа.

**Таблица 1.** Морфолого-физиологические показатели двух видов рода *Taraxacum* (Западный Шпицберген)  
**Table 1.** Morphological and physiological indices of two types genus *Taraxacum* (West Svalbard)

Показатели/Indices		<i>T. arcticum</i> M ± σ	<i>T. officinale</i> M ± σ	
Содержание сухого вещества, % Dry matter content, %		15.4 ± 0.6***	16.9 ± 1.1	
Площадь листа, см <sup>2</sup> Leaf area, cm <sup>2</sup>		4.4 ± 0.6***	64.0 ± 19.9	
Удельная поверхностная плотность листа (УППЛ), мг дм <sup>-2</sup> Specific surface density of the leaf, mg dm <sup>-2</sup>		320 ± 47***	480 ± 79	
Содержание пигментов пластид Plastid pigments content	Хлорофиллы (X) Chlorophylls (X)	мг г <sup>-1</sup> сух. массы mg g <sup>-1</sup> of dry weight	7.47 ± 0.54	7.74 ± 0.56
		мг дм <sup>-2</sup> mg dm <sup>-2</sup>	2.39 ± 0.17***	3.71 ± 0.27
	Каротиноиды (K) Carotenoids (K)	мг г <sup>-1</sup> сух. массы mg g <sup>-1</sup> of dry weight	2.0 ± 0.51*	1.65 ± 0.32
		мг дм <sup>-2</sup> mg dm <sup>-2</sup>	0.64 ± 0.16*	0.79 ± 0.15
<i>a/b</i> (chlorophylls ratio)		3.3 ± 0.21***	2.6 ± 0.14	
X/K (ratio of chlorophylls to carotenoids)		3.7 ± 0.47***	4.7 ± 0.39	

Примечание. M – среднее арифметическое значение, σ – стандартное отклонение.

\* – достоверные отличия изучаемых параметров между видами при уровне значимости  $p < 0.05$ ; \*\*\* – достоверные отличия при уровне значимости  $p < 0.001$ .

Note. M – the arithmetic mean, σ – a standard deviation are presented.

\* – significant differences between the parameters of *T. arcticum* and those of *T. officinale* at the level of significance  $p < 0.05$ ; \*\*\* – significant differences at the level of significance  $p < 0.001$ .

Содержание каротиноидов мало изменчиво и в среднем составило  $2.0 \pm 0.51$  мг г<sup>-1</sup> сухой массы ( $0.64 \pm 0.16$  мг дм<sup>-2</sup>), соотношение хлорофиллы/каротиноиды –  $3.7 \pm 0.47$  (табл. 1).

Заносный вид *T. officinale* представлен крупными особями с розеткой из 5–8 листьев, площадь и масса которых в 15–20 раз больше, чем у аборигенного вида *T. arcticum*. Высота некоторых цветоносов достигала 30 см. Достоверных различий между исследованными видами по содержанию хлорофиллов при расчете на сухой вес ( $7.74 \pm 0.56$  мг г<sup>-1</sup> сухой массы) выявлено не было, несмотря на отличия по морфологическим показателям. Однако, при расчете на единицу площади достоверность различий подтверждена при  $p < 0.001$  (табл. 1), содержание хлорофиллов у *T. officinale* на 55% больше, чем у аборигенного вида. Количество каротиноидов при разных способах расчета достоверно отличается у обоих видов одуванчиков. У заносного вида содержание желтых пигментов на единицу площади листа на 23% больше. В значительной степени изменялось

соотношение форм пигментов у *T. officinale* по сравнению с *T. arcticum*: *a/b* уменьшилось до  $2.6 \pm 0.14$  (ССК–61%), соотношение хлорофиллы/каротиноиды, наоборот, увеличилось до  $4.7 \pm 0.39$  (табл. 1), что говорит о влиянии микроклиматических условий на свойства светособирающего комплекса. При антропогенном воздействии, как правило, соотношение хлорофиллов уменьшается, а соотношение хлорофиллы/каротиноиды – увеличивается, что было показано для *T. officinale*, изученного в качестве биоиндикатора при разном уровне антропогенного воздействия в районе г. Тамбова (Shubina, 2011).

Удельная поверхностная плотность листа (УППЛ) является интегральным показателем содержания структурных и функциональных элементов мезоструктуры листа. Этот параметр листа отражает адаптацию фотосинтетического аппарата растений к комплексу условий среды. Ключевыми факторами, определяющими этот показатель, являются объем и количество клеток мезофилла, которые через изменения толщины и

**Таблица 2.** Показатели флуоресценции хлорофилла двух видов рода *Taraxacum* (Западный Шпицберген)  
**Table 2.** Chlorophyll fluorescence indices of two types genus *Taraxacum* (West Svalbard)

Показатели Indices	Освещенность, мкмоль м <sup>-2</sup> с <sup>-1</sup> Light intensity, μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>				
	90	190	420	820	1150
<i>T. arcticum</i>					
Y(II)	0.53 ± 0.02	0.52 ± 0.01	0.51 ± 0.03***	0.44 ± 0.02***	0.37 ± 0.07
ETR	20.0 ± 0.8	41.4 ± 0.6**	90.6 ± 5.7*	151.4 ± 9.2*	178.3 ± 34.0
qP	0.75 ± 0.03	0.82 ± 0.01**	0.76 ± 0.03***	0.70 ± 0.04**	0.63 ± 0.11
NPQ	0.27 ± 0.03**	0.40 ± 0.03**	0.62 ± 0.14**	0.73 ± 0.08***	0.87 ± 0.14***
<i>T. officinale</i>					
Y(II)	0.50 ± 0.03	0.50 ± 0.04	0.43 ± 0.02	0.38 ± 0.03	0.34 ± 0.05
ETR	19.0 ± 1.1	39.0 ± 2.4	75.0 ± 4.6	130.4 ± 11.0	165.6 ± 26.6
qP	0.71 ± 0.04	0.75 ± 0.07	0.71 ± 0.02	0.65 ± 0.04	0.60 ± 0.08
NPQ	0.44 ± 0.08	0.64 ± 0.21	0.80 ± 0.10	1.20 ± 0.14	1.27 ± 0.16

Примечание. Y(II) – реальный квантовый выход ФС II, отн. ед., ETR – скорость транспорта электронов, мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>, qP – коэффициент фотохимического тушения, отн. ед., NPQ – нефотохимическое тушение флуоресценции, отн. ед.

Представлены средние арифметические значения и стандартное отклонение; \* – отличия исследуемых параметров между видами достоверны при уровне значимости  $p < 0.05$ ; \*\* – достоверные отличия при уровне значимости  $p < 0.01$ ; \*\*\* – достоверные отличия при уровне значимости  $p < 0.001$ .

Note. Y(II) – real quantum exit PS II, relative units; ETR – the rate of electron transport, μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>; qP – coefficient of photochemical quenching, relative units; NPQ – non-photochemical fluorescence quenching, relative units.

Arithmetic mean and standard deviation are presented. \* – significant differences between the parameters of *T. arcticum* and those of *T. officinale* at the level of significance  $p < 0.05$ ; \*\* – significant differences at the level of significance  $p < 0.01$ ; \*\*\* – significant differences at the level of significance  $p < 0.001$ .

плотности тканей листа, определяют УППЛ (Ivanov et al., 2009). Удельная плотность листа *T. arcticum* в 1.5 раза меньше, чем у *T. officinale* (табл. 1).

**Флуоресценция хлорофилла.** Потенциальный квантовый выход (Fv/Fm) у обоих видов одуванчиков оказался сходным и варьировал в пределах 0.70–0.77, что свидетельствует об оптимальном состоянии растительного организма. Реальный квантовый выход (Y(II)) у *T. arcticum* при низких освещенностях (90–190 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>) составил около 90%, а при высокой освещенности отмечено его снижение до 60%. У *T. officinale* значения реального квантового выхода в широком диапазоне освещенности составили всего 50–60%. Более низкие значения у заносного вида могут быть связаны с меньшей скоростью утилизации АТФ и НАДФН в темновой фазе фотосинтеза (Li et al., 2013).

При изменении освещенности у обоих видов скорость транспорта электронов (ETR) увеличивалась: у *T. arcticum* от 20.0 ± 0.8 (при 90 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>) до 178.3 ± 34.0 (при 1150 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>), у

*T. officinale* от 19.0 ± 1.1 (при 90 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>) до 165.6 ± 26.6 (при 1150 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>). Сходная световая зависимость ETR сопровождалась некоторыми различиями по световой зависимости нефотохимического тушения флуоресценции (NPQ), единственного показателя, который достоверно отличался у исследованных видов на всех уровнях освещенности (табл. 2). Величина NPQ отражает возможность защиты растения от фотоповреждений, которые могут возникнуть, например, при несогласованности количества поглощенной световой энергии и возможности ее утилизации в фотохимических реакциях при низкой температуре. Так, у *T. arcticum* значение NPQ изменялось в пределах от 0.27 ± 0.03 (при 90 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>) до 0.87 ± 0.14 (при 1150 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>), а у *T. officinale* значения выше 1 были отмечены уже при освещенности 820 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>. Считается, что растения с более низкими значениями NPQ более устойчивы к высокой освещенности и способны к наибольшей эффективности утилизации свето-

вой энергии на круглосуточном полярном дне. Об этом свидетельствуют полученные данные для аборигенного вида *T. arcticum*. Значение коэффициента фотохимического тушения флуоресценции хлорофилла (qP) указывает на эффективность работы реакционных центров ФС II. Достоверные различия значений этого показателя у исследованных видов отмечены в диапазоне освещенностей 190–820 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup> (табл. 2).

### ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на значительные отличия морфологических показателей, суммарное содержание хлорофиллов у исследованных видов сопоставимо, что, скорее всего, связано с одинаковым световым режимом в условиях Западного Шпицбергена. Значения фотосинтетически активной радиации (ФАР) во второй половине июля, в ясные солнечные дни с 10 до 17 часов (в периоды измерений) варьировали от 600 до 900 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>. В редкие дни величина интенсивности ФАР могла быть и выше. Адаптация видов к режиму освещенности местообитания отражается не столько на общем содержании пигментов пластид, сколько на соотношении их форм. Наибольшие изменения отмечены в соотношении форм хлорофиллов *a/b*. У *T. officinale* адаптационные процессы связаны с изменением светособирающего комплекса, что подтверждает большая доля хлорофилла *b* и, соответственно, большее значение ССК. Для *T. arcticum*, по-видимому, нет потребности в дополнительной защите ФА от высокой инсоляции. Нормализация метаболических процессов осуществляется за счет более активной диссипации избыточной энергии (Lange et al., 1999).

Сопоставление функциональной активности видов по фотохимической составляющей показало, что оба вида по исследуемым показателям достаточно близки. Некоторые различия заметны в чувствительности фотосинтетического аппарата (ФА), который оказался более уязвимым на уровне ФС II у *T. officinale* в условиях высокой освещенности по сравнению с аборигенным видом. Это означает, что потенциальная фотохимическая активность единицы ФА обоих видов высокая и сходная. Однако биомасса *T. arcticum* почти в 10 раз меньше, чем у *T. officinale*, что свидетельствует о разной направленности использования энергии. Два вида одного семейства в условиях Арктики одинаково поглощают и утилизируют световую энергию, а различия связаны только с ее последующей тратой. Известно, что минимизация размеров связана с необходимостью большой траты энергии в условиях Арктики у аборигенных видов на дыхание (Semikhatova et al., 2010), обеспечивающее энергией жизнедеятельность видов в изменчивых условиях среды, часть энергии ухо-

дит на нефотохимическое тушение, которое превращается в тепло. Недостаток тепла у *T. officinale* компенсируется более высокими значениями нефотохимического тушения. В этом же направлении работает и гормональная система, для которой характерен недостаток гормонов и накопление ингибиторов метаболизма (Gamaley, 2004; Vasilevskaya, 2010), так как ростовые показатели у этого вида высокие. Сохранение способности к формированию большой ассимилирующей поверхности у заносного вида связано с его локальными условиями местообитания: произрастание на небольшой территории, ограниченной зданиями, а значит защищенностью от холодных ветров, что обеспечивает, в том числе, и наличие надежного снежного покрова.

Таким образом, представленность исследованных видов на территории Западного Шпицбергена (распространение *T. arcticum* в широком спектре экотопов и абсолютно локальное произрастание *T. officinale*) обусловлена разными путями утилизации световой энергии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Arkticheskaya...] Арктическая флора СССР. Семейства Rubiaceae–Compositae. 1987. Л. С. 264–267.
- [Gamaley] Гамалей Ю.В. 2004. Транспортная система сосудистых растений. СПб. 424 с.
- [Gerasimenko, Shvezova] Герасименко Т.В., Швецова В.М. 1989. Основные итоги эколого-физиологических исследований в Арктике. — В кн.: Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений. Л. С. 65–114.
- Huner P.A., Oquist G., Sarhan F. 1998. Energy Balance and Acclimation to Light and Cold. — Trends Plant Sci. 3: 224–230.
- [Ivanov et al.] Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А. 2009. Закономерности изменения удельной плотности листьев у растений Евразии вдоль градиента аридности. — Доклады Академии наук. 428 (1): 135–138.
- Lange O.L., Leisner J.M.R., Bilger W. 1999. Chlorophyll Fluorescence Characteristics of the Cyanobacterial Lichen *Peltigera rufescens* under Field Conditions. II. Diel and Annual Distribution of Metabolic Activity and Possible Mechanisms to Avoid Photoinhibition. — Flora. 194: 413–430.
- Li Y., Jiao Y., Zhao Q. 2013. Photosynthetic Characteristics of Arctic Plants. — In: Photosynthesis Research for Food, Fuel and the Future: 15<sup>th</sup> International conference on photosynthesis. P. 633–637.
- Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. — Biochem. Soc. Trans. 11 (5): 591–592.
- [Markovskaya, Shmakova] Марковская Е.Ф., Шмакова Н.Ю. 2017. Растения и лишайники Западного

- Шпицбергена: экология, физиология. Петрозаводск. 270 с.
- Maslova T.G., Popova I.A. 1993. Adaptive properties of the plant pigment systems. — *Photosynthetica*. 29 (2): 195–203.
- Rónning O.I. The Flora of Svalbard. Oslo. 1996. 184 p.
- [Semenov et al.] Семенов А.В., Анциферова А.Р., Давыдов А.А. 2002. Климат Баренцбурга. Изменения основных характеристик за последние 40 лет (по данным наблюдений зональной гидрометеорологической станции “Баренцбург”). — В кн.: Материалы II Международной конференции “Комплексные исследования природы Шпицбергена”. Апатиты. Вып. 2. С. 139–145.
- [Semikhatova et al.] Семихатова О.А., Иванова Т.И., Кирпичникова О.В. 2010. Содержание азота и интенсивность дыхания листьев растений острова Врангеля. — *Физиология растений*. 57 (6): 803–808.
- [Shubina] Шубина А.Г. 2011. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.), растущих в г. Тамбове. — *Вестник ТГУ*. 16 (1): 353–355.
- [Vasilevskaya] Василевская Н.В. 2010. Экология растений Арктики. Мурманск. 183 с.

## PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF TWO SPECIES OF THE GENUS *TARAXACUM* (ASTERACEAE) IN WEST SVALBARD

N. Yu. Shmakova<sup>a,#</sup>, E. F. Markovskaya<sup>b,##</sup>, O. V. Ermolaeva<sup>a,###</sup>, and K. V. Morozova<sup>b,####</sup>

<sup>a</sup> FGBUN Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Scientific Center  
Kirovsk, Murmansk reg., 184250, Russia

<sup>b</sup> FGBOU VO Petrozavodsk State University  
Lenina Ave., 33, Petrozavodsk, 185910, Russia

<sup>#</sup>e-mail: shmanatalya@yandex.ru;

<sup>##</sup>e-mail: volev10@mail.ru;

<sup>###</sup>e-mail: olia.ermolik@yandex.ru;

<sup>####</sup>e-mail: mkv25@bk.ru

The physiological features of two species of the genus *Taraxacum* (native *T. arcticum* and adventive *T. officinale*) in the West Svalbard flora are studied. A similar total chlorophylls content in the studied species was noted. The high potential photochemical activity of a unit of photosynthetic apparatus of both species was shown. In the Arctic, both species equally absorb and utilize light energy; the differences are only related to its subsequent expenditure. The lack of heat in *T. officinale* leads to a higher level of non-photochemical quenching.

**Keywords:** *Taraxacum arcticum*, *Taraxacum officinale*, pigment content, fluorescence parameters, West Svalbard

### REFERENCES

- Arkticheskaya flora SSSR. 1987. [Flora Arctica USSR. Rubiaceae—Compositae]. Leningrad. P. 264–267 (In Russ.).
- Gamaley Ju.V. 2004. Transportnaya sistema sosudistyykh rasteniy [Transport system of vascular plants]. St. Petersburg. 424 p. (In Russ.).
- Gerasimenko T.V., Shvetsova V.M. 1989. Osnovnye itogi ekologo-fiziologicheskikh issledovaniy v Arktike [The main results of ecological and physiological research in the Arctic]. — In: Ekologo-fiziologicheskiye issledovaniya fotosinteza i dykhaniya rasteniy. Leningrad. P. 65–114 (In Russ.).
- Huner P.A., Oquist G., Sarhan F. 1998. Energy Balance and Acclimation to Light and Cold. — *Trends Plant Sci*. 3: 224–230.
- Ivanov L.A., Ivanova L.A., Ronzhina D.A. 2009. Zakonmernosti izmeneniya udel'noy plotnosti list'yev u rasteniy Evrazii vdol' gradienta aridnosti [Patterns of changes in the specific density of leaves in Eurasian plants along the aridity gradient]. — *Doklady Akademii nauk*. 428 (1): 135–138 (In Russ.).
- Lange O.L., Leisner J.M.R., Bilger W. 1999. Chlorophyll Fluorescence Characteristics of the Cyanobacterial Lichen *Peltigera rufescens* under Field Conditions. II. Diel and Annual Distribution of Metabolic Activity and Possible Mechanisms to Avoid Photoinhibition. — *Flora*. 194: 413–430.
- Li Y., Jiao Y., Zhao Q. 2013. Photosynthetic Characteristics of Arctic Plants. — In: *Photosynthesis Research for Food, Fuel and the Future: 15th International conference on photosynthesis*. P. 633–637.
- Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. — *Biochem. Soc. Trans.* 11 (5): 591–592.
- Markovskaya E.F., Shmakova N.Yu. 2017. Rasteniya i lishayniki Zapadnogo Shpitsbergena: ekologiya,

- fiziologiya [Plants and lichens of West Spitsbergen: ecology, physiology]. Petrozavodsk. 270 p. (In Russ.).
- Maslova T.G., Popova I.A. 1993. Adaptive properties of the plant pigment systems. – *Photosynthetica*. 29 (2): 195–203.
- Rónning O.I. The Flora of Svalbard. Oslo. 1996. 184 p.
- Semenov A.V., Antsiferova A.R., Davydov A.A. 2002. Klimat Barentsburga. Izmeneniya osnovnykh kharakteristik za poslednie 40 let (po dannym nablyudeniya zonal'noy gidrometobservatorii "Barentsburg") [The climate of Barentsburg. Changes in the main characteristics over the past 40 years (according to observations of the regional hydrometeorological observatory "Barentsburg")]. – In: *Materialy II Mezhdunarodnoy konferentsii "Kompleksnye issledovaniya prirody Shpitsbergena"*. Apatity. Vyp. 2. P. 139–145 (In Russ.).
- Semikhatova O.A., Ivanova T.I., Kirpichnikova O.V. 2010. Soderzhaniye azota i intensivnost' dykhaniya list'yev rasteniy ostrova Vrangelya [Nitrogen content and respiration rate of leaves of plants of Wrangel Island.] – *Fiziologiya rasteniy*. 57 (6): 803–808 (In Russ.).
- Shubina A.G. 2011. Soderzhaniye khlorofilla i karotinoidov v list'yakh oduvanchika lekarstvennogo (*Taraxacum officinale*) i berezy povisloy (*Betula pendula* Roth.), rastushchikh v g. Tambove [The content of chlorophyll and carotenoids in the leaves of dandelion medicinal (*Taraxacum officinale*) and birches (*Betula pendula* Roth.) growing in Tambov]. – *Vestnik TGU*. 16 (1): 353–355 (In Russ.).
- Vasilevskaya N.V. 2010. Ekologiya rastenii arktiki [Ecology of Arctic plants]. Murmansk. 183 p. (In Russ.).