

УДК 582.273(262.5)

**МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ
РОДА *PHYLLOPHORA* GREV. В УСЛОВИЯХ ПОЛЯ ЗЕРНОВА
(ЧЕРНОЕ МОРЕ)**

И. К. Евстигнеева, М. В. Нехорошев

Институт биологии южных морей НАН Украины (ИнБЮМ)

В Черном море произрастает свыше 90 видов красных водорослей, среди которых ведущее место по величине биомассы, занимаемой площади и практическому значению принадлежит видам рода *Phyllophora* Grev. (*Phyllophora nervosa* (DC.) Grev., *Ph. brodiaei* (Turn.) J. Ag.) [3, 8]. Промысловые скопления *Ph. nervosa*, известные как Филлофорное поле Зернова, расположены в северо-западной части Черного моря. В 70-е годы прошлого столетия наметилась тенденция к уменьшению запасов этого вида, а к середине 80-х годов ценная водоросль теряет сырьевое значение [5, 4]. Озабоченность состоянием уникального природного объекта, каковым является поле Зернова, потребовала проведения многоцелевых экспедиционных работ, позволивших изучить особенности макрофитобентоса данного региона в современных условиях. Часть результатов, полученных в экспедициях 1986 и 1989 гг., были опубликованы [4], тогда как результаты исследований в 1991 и 1993 гг. по причине, не зависящей от авторов, напечатаны не были. Это привело к тому, что последующие исследователи сообщества поля Зернова [11] вынуждены обращаться к ранним результатам, минуя более поздние. Поэтому считаем целесообразным публикацию статей, основанных на результатах более поздних экспедиций, в задачу которых, в частности, входило изучение морфо-функциональных особенностей ценозообразующих водорослей *Ph. nervosa* и *Ph. brodiaei*.

О функциональных особенностях макроводорослей можно судить по линейному и весовому росту слоевища, а также по количественному и качественному составу их фотопигментов. Филлофора, как представитель класса Флоридеевых, характеризуется апикальным ростом, при котором осевые элементы слоевища удлиняются за счет образования молодых сегментов. Красные водоросли, к числу которых относится и род *Phyllophora*, отличаются сложным набором пигментов, входящих в состав светособирающего комплекса хлоропластов и не тождественных у разных видов водорослей [7]. С пигментами связано функционирование фотосинтетического аппарата, а, значит и всего организма.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы стало изучение пространственной морфодинамики слоевищ двух видов филлофоры и содержания в их молодых сегментах фотопигментов как показателей функционального состояния ведущих видов водорослей поля Зернова.

Материал и методы

Работа проведена в 34 рейсе НИС «Профессор Водяницкий», организованном Институтом биологии южных морей НАН Украины в августе 1991 г. Пробы водорослей отбирали тралом Сигсби и дночерпателем «Океан-0,25». Из 46 выполненных станций водоросли были собраны на 31. Выходными морфометрическими параметрами стали длина и масса слоевища *Ph. nervosa* и *Ph. brodiaei*,

количество, длина и ширина старых сегментов, образующих главную ось слоевища *Ph. nervosa*, а также длина и общая масса молодых (апикальных) сегментов боковых осей обоих видов филлофоры. Длину слоевища и его сегментов измеряли линейкой, массу определяли путем взвешивания с точностью до 1 мм и 1 мг соответственно. На основании полученных цифровых данных вычисляли продукцию в процентах от массы старой части слоевища.

Для биохимических исследований были отобраны растения с 10 станций (ст. 3-6, 8, 10, 16, 21, 49, 51) I и II разрезов. Станции 3-6 относятся к первому разрезу и охватывают глубины от 20 до 41 м, а остальные – ко второму разрезу и глубинам от 17 до 47 м. Молодые сегменты этих растений очищали от механических загрязнений, промывали дистиллированной водой, обсушивали фильтровальной бумагой. Оптимальная масса навески – 0,030-0,040 г. Водоросли растирали в фосфатном буфере и полученный гомогенат центрифугировали 20 минут при скорости 5000 оборотов в минуту. Полученный остаток растирали в ацетоне и вновь центрифугировали с последующим определением концентрации хлорофилла «а». Спектры поглощения водных и ацетоновых экстрактов получали с помощью спектрофотометров «Spectol UV-VIS» и «Spectol EK-5». Концентрацию (мг/мл) фикобилипротеинов (С) R-фикоэритрина и аллофикоцианина рассчитывали по формулам [10]:

$$\text{для R-фикоэритрина } C = 0,014D_{678} - 0,072D_{626} + 0,122D_{565},$$

$$\text{для аллофикоцианина } C = 0,147D_{678} - 0,02D_{626},$$

где D – оптические плотности при 565 нм, 626 нм и 678 нм в максимумах поглощения.

На основе найденных значений рассчитывали процентную концентрацию пигментов (С) по формуле:

$$C = [R\text{-фикоэритрин или аллофикоцианин}] \cdot V \cdot 100 / m,$$

где V – объем экстракта в мл, а m – навеска водоросли в мг.

Концентрацию хлорофилла «а» определяли по формуле:

$$[\text{хл. «а»}] = 11,85 \cdot (D_{664} - D_{750}) \cdot V \cdot 100 / m.$$

Результаты и обсуждение

Тенденции пространственной динамики размерно-весовых характеристик слоевищ двух видов филлофоры в разных точках поля Зернова описаны в более ранней работе [4]. Установлено, что средняя высота слоевищ *Ph. nervosa* варьирует от 30 до 220 мм и в среднем для всего поля составляет 109 ± 10 мм. Самые крупные по размерам особи филлофоры обнаружены в центральной части поля, на его периферии размеры слоевища постепенно снижаются. Индивидуальная масса растений колеблется от 0,1 до 2,2 г и в среднем составляет $0,8 \pm 0,1$ г. Наибольшей массой отличаются особи *Ph. nervosa* на севере и в центре поля, где до недавнего времени находился промысловый пласт. В северной части поля особи филлофоры данного вида мелкие, но кустистые, что определяет высокую индивидуальную массу. Второй вид филлофоры *Ph. brodiaei* в исследуемый отрезок времени произрастал по всему полю. Высота ее слоевищ колеблется от 10 до 380 мм и в среднем составляет 80 ± 10 мм. Мелкоразмерная часть населения ценопопуляции произрастает на восточной окраине поля (48 ± 6 мм). Индивидуальная масса *Ph. brodiaei* и ее среднее значение ($0,15 \pm 0,03$ г) заметно ниже, чем у *Ph. nervosa*. На западной и восточной окраинах поля средняя масса особей в ценопопуляции соответственно в 3 и 6 раз меньше, чем в его центре.

Линейно-весовой прирост слоевищ, рассчитанный на момент исследования – показатель функционального состояния филлофоры. Особенностью обоих видов является то, что основной вклад в прирост вносят молодые апикальные сегменты. По данным [2] молодые сегменты филлофоры делятся на основные, ведущие начало от центральной жилки, и пролификации, возникающие по краям пластины. Первый тип сегментов обеспечивает линейно-весовой прирост слоевища и относится к его постоянным элементам. Пролификации носят временный характер и у глубоководной пластообразующей формы *Ph. nervosa* на поле Зернова развиты слабо. Основные сегменты образуются на вершине боковых веточек группами по 3-5 экземпляров, из которых на следующий год остается 2-3. Во время проведения работ молодые сегменты обнаружены на 31 станции у 3-5 (10) % особей в ценопопуляции.

Морфометрический анализ слоевищ *Ph. nervosa* с молодыми сегментами показал, что их средняя длина находится в пределах 57 ± 6 – 178 ± 22 мм с максимумом на востоке поля и минимумом на юго-западе (табл. 1). Пределы варьирования массы слоевища составили $0,13 \pm 0,03$ и $1,03 \pm 0,56$ г с максимумом в центре поля и минимумом на его южной границе, где во время экспедиции были зарегистрированы признаки замора.

Таблица 1. Морфометрическая и продукционная характеристика *Phyllophora nervosa* на поле Зернова*

Признак	max	min	Среднее	V, (%)	Балл вариабельности	Участок поля	
						для max	для min
Длина слоевища	178 ± 25	57 ± 5	111,3	34	3	в	ю
Масса слоевища	$1,03 \pm 0,5$	$0,13 \pm 0,03$	0,52	75	5	ц	ю
Количество старых сегментов	10 ± 2	$2,9 \pm 0,5$	6,3	36	3	ц(в)	ц
Длина старых сегментов	18 ± 2	$2,8 \pm 0,5$	12,2	41	3	с(ц)	ц(в)
Ширина старых сегментов	$4 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,2$	2,9	34	3	св, с	ц, ю
Длина молодых сегментов	$7 \pm 0,7$	$1,6 \pm 0,3$	3,8	61	4	с	ю
Масса молодых сегментов	$0,65 \pm 0,2$	$0,001 \pm 0,001$	0,04	69	5	ц	ц
Количество молодых сегментов	18	2	6,9	-	-	с	ц
Продукция	23,5	0,25	5,3	-	-	с	ц

* здесь и в табл. 2 – с, ц, в, ю, св – север, центр, восток, юг, северо-восток поля, V – коэффициент вариации, «-» – нет данных.

Количество сегментов, слагающих главную ось слоевища, колеблется от $3 \pm 0,5$ в южной части поля и до 10 ± 2 в центре и на востоке поля. Ширина таких сегментов, условно принятых за старые, и размах ее вариации (2,1) были меньше по сравнению с таковыми для длины старых сегментов в 3-7 и 2,5 раза соответственно.

Количество молодых сегментов у *Ph. nervosa* колеблется от 2 до 18, составляя в среднем $6,7 \pm 0,8$. Максимальный предел данного признака характерен для растений северной части поля, минимальный – для центральной, где во время драгирования слоевища подвергаются механической фрагментации. На северных станциях 31, 37, 39 и 40 растения имеют равное число молодых сегментов (9-10). Размах вариации этого признака (20-22) наиболее велик на ст. 6, 8, 10, 37, 38, 39, где было зарегистрировано максимальное среднее количество молодых сегментов на одном слоевище.

Длина молодых сегментов *Ph. nervosa* изменяется в пределах от 1,6 до 7,3 мм и в среднем достигает $3,8 \pm 0,7$ мм. Высокие значения этого параметра (7,3 и 6,7 мм) отмечены у растений на двух противоположно расположенных станциях № 9 на севере и № 19 на юге поля. В остальных случаях длина молодых сегментов близка к своему среднему значению. Размах вариации признака (5,7 мм) невелик и свидетельствует о его константности.

Суммарная масса молодых сегментов варьирует в широких пределах: от 0,002 до 0,650 г. Наибольшими ее значениями отличились растения на юго-западной станции № 22, наименьшими – растения большинства станций центра поля. Прирост массы молодых сегментов (продукция) у *Ph. nervosa* колеблется от 0,25 до 23,5 %, составляя в среднем $5,3 \pm 2,8$ % общей массы слоевища. Высокий весовой прирост характерен для растений северной части поля. Более того, в северо-восточной части (ст. 44, 48, 49) этот вид растет интенсивнее, чем в северо-западной (ст. 44, 48, 49). На ст. 6, 8, 10 в центре северной части поля (зона промысла филлофоры) весовой прирост достигает максимума (17,8-23,5 %).

В целом, максимальные значения всех анализируемых признаков *Ph. nervosa* с молодыми сегментами приходятся на северо-восточную и восточную части поля, а также на его центр. Минимальные уровни перечисленных параметров зарегистрированы у растений южной части поля и наиболее близких к ней центральных участков. Высокой изменчивостью отличаются масса слоевища (75 %) и масса молодых сегментов (69 %). Такая вариабельность признаков относится к высокому классу, оцениваемому в 5 баллов [1]. Вариабельность остальных признаков невелика (3 балла), и среди них наиболее константными являются длина слоевища и ширина старых сегментов (по 34 %).

Длина слоевищ второго вида филлофоры *Ph. brodiaei*, обладающих молодыми сегментами, находится в пределах 36 ± 7 – 167 ± 25 мм и по своему среднему значению (81 ± 10 мм) не отличается от средней высоты слоевищ этого вида на всем поле (табл. 2). Длина растений особенно велика в центре поля и мала – на его севере и северо-востоке. Среднее значение коэффициента вариации высоты растений достигает 59 %. Исходя из шестибальной шкалы вариабельности, длина *Ph. brodiaei* относится к признакам с высоким четвертым баллом изменчивости.

Индивидуальная масса слоевищ *Ph. brodiaei*, снабженных молодыми сегментами, колеблется от $0,04 \pm 0,02$ до $0,34 \pm 0,06$ г, достигая в среднем $0,16 \pm 0,04$ г, что тождественно таковой для всего поля. Масса слоевищ – весьма вариабель-

ный признак, о чем свидетельствует среднее значение коэффициента вариации, равное 110 % и позволяющее присвоить этому параметру максимальный балл вариабельности (6). Особенно велика масса слоевищ с молодыми сегментами (0,30-0,34 г) в центре и мала (0,04-0,07 г) – на его севере и востоке. Масса слоевища на участках поля, где осуществляется промысел филлофоры, характеризуется заметной изменчивостью.

Таблица 2. Морфометрическая и продукционная характеристика *Phyllophora brodiaei*

Признак	max	min	Среднее	V, (%)	Балл вариабельности	Участок поля	
						для max	для min
Длина слоевища	167±25	36±7	81±6	59	4	ц	с, св
Масса слоевища	0,34±0,06	0,04±0,02	0,16±0,04	110	6	ц	с, в
Длина молодых сегментов	15±2,4	4,3±1,4	9,7±1,2	50	4	с, ц	ц
Масса молодых сегментов	0,04±0,01	0,003±0,001	0,02±0,01	73	5	с	ц, ю
Количество молодых сегментов	5	1	2,5±0,9	-	-	с	ц, ю
Продукция	55	5,5	19,9±4,3	-	-	с, св	ц

Длина молодых сегментов *Ph. brodiaei* изменяется в широких пределах, достигая в среднем 9,7±1,2 мм. Максимальная длина этих новообразований обнаружена у растений севера и отчасти центра поля, то есть там, где произрастает наиболее крупновесовая и крупноразмерная часть ценопопуляции *Ph. brodiaei*. Исходя из среднего значения коэффициента вариации длины молодых сегментов (50 %), изменчивость длины молодых сегментов относится к тому же высокому разряду (4 балла), что и высота растения. Самые мелкие молодые сегменты обнаружены у растений некоторых участков центра поля.

Общая масса молодых сегментов *Ph. brodiaei* в расчете на одно слоевище достигает 0,003±0,001 – 0,04±0,01 г. Вариабельность этого признака (73 %) выше, чем у их размеров и меньше, чем у массы слоевища целиком. Высокий уровень суммарной массы молодых сегментов приходится на северную окраину поля, а низкий – на юго-восточную и отчасти центральную часть. Количество молодых сегментов в пределах слоевища достигало 1-13 при среднем значении 1-5 штук. Относительно много таких новообразований у растений на севере поля и мало – на некоторых центральных и южных станциях.

Весовой прирост слоевищ за счет развития молодых сегментов к моменту исследования изменялся в очень широких границах и в среднем составлял 19,9±4,3 % общей массы слоевища. Велик вклад этих сегментов в общую продукцию в северной и северо-восточной частях поля. В центре поля Зернова, где велся промысел *Ph. nervosa*, отмечены низкие значения прироста массы (продукция) у близкородственного вида.

В целом, максимальные значения всех морфометрических параметров слоевища *Ph. brodiaei* приходятся на северную и центральную часть поля, а минимальные – на северо-восточную, южную и юго-восточную части. Весовые характеристики слоевища и его молодых сегментов варьибельнее размерных. Сопоставление основных морфобиологических показателей двух видов филлофоры, свидетельствующих о линейно-весовом росте слоевищ, показало, что *Ph. brodiaei* отличается вдвое длинными молодыми сегментами и вчетверо большей продукцией. Вместе с тем длина и масса слоевища, масса молодых сегментов *Ph. brodiaei* характеризуются более высокой пластичностью, чем у *Ph. nervosa*. У *Ph. nervosa* средняя длина и масса слоевища, количество и масса молодых сегментов в 2-3 раза больше, чем у родственного вида. Если на северо-востоке поля Зернова у *Ph. nervosa* многие морфобиологические признаки достигают максимального уровня, то у *Ph. brodiaei* они именно здесь будут минимальными, что свидетельствует о наличии конкурентности во взаимоотношениях двух видов.

Сходство двух видов филлофоры проявляется в виде высокой изменчивости массы слоевища и молодых сегментов и относительной консервативности высоты растений.

К настоящему времени известно незначительное число работ, посвященных исследованию фикобилиновых пигментов видов *Phyllophora* в Черном море [6, 7, 9]. Из них следует, что фикобилиновые комплексы *Ph. nervosa* включают фикоэритрин, фикоцианин и аллофикоцианин. Первый из перечня пигментов преобладает, составляя 66 % общего количества фикобилипротеинов. На долю двух других красителей приходится по 17 %. Подобные сведения для *Ph. brodiaei* нам неизвестны, как и неизвестны исследования пигментного состава молодых сегментов обоих видов, обеспечивающих их весовой рост. Для устранения такого пробела в знаниях химического состава ценных красных водорослей нами были отобраны растения, обитавшие в центральной части поля (ст. 16, 46, 51), северной (ст. 6, 8, 10), южной (ст. 21), юго-восточной (ст. 3), восточной (ст. 4) и северо-восточной (ст. 5). На этих станциях растения отличались крупным слоевищем, или многочисленностью молодых сегментов, или высокой продукцией. Кроме того, выбор таких станций позволяет проследить особенности вертикального распределения пигментов (табл. 3). Спектральный анализ экстракта из апикальных сегментов позволил установить, что оба вида имеют стоящие рядом три максимума поглощения (498, 545, 568 нм), характерные для R-фикоэритрина и еще один (679 нм) – для аллофикоцианина. Основным пигментом, определяющим окраску филлофоры, является R-фикоэритрин, тогда как фикоцианин присутствует в минорных количествах. Водные экстракты, полученные из молодых сегментов обоих видов филлофоры, отличаются окраской, и причиной этому может быть разное количество в них синего аллофикоцианина. Максимальная концентрация R-фикоэритрина у *Ph. brodiaei* составляет 0,46-0,50 %, а у *Ph. nervosa* – 0,56-0,75 %, причем это касается сегментов растений, обитающих на юго-востоке, юге и в центре поля. Среднее содержание фикоэритрина в молодых сегментах *Ph. nervosa* в 1,3 раза больше, чем у *Ph. brodiaei*. Содержание аллофикоцианина у *Ph. brodiaei* изменяется от 0,08 % в центре поля до 0,29 % на его севере, то есть там, где было отмечено большое количество молодых сегментов, приходящееся на одно слоевище. Размах вариации количества аллофикоцианина у *Ph. nervosa* не отличается от такового у родственного вида (0,21 %), его макси-

Таблица 3. Распределение (%) R-фикоэритрина, аллофикоцианина и хлорофилла «а» в молодых сегментах *Ph. brodiaei* (1) и *Ph. nervosa* (2)

Номер станции	Глубина, м	R-фикоэритрин		Аллофикоцианин		Суммарное содержание белковых пигментов		Хлорофилл «а»	
		1	2	1	2	1	2	1	2
3	41	0,50	0,56	0,19	0,44	0,69	1,00	0,012	0,21
4	35	0,33	0,27	-*	-	-	-	-	-
5	26	0,30	0,43	0,14	0,23	0,44	0,66	0,024	0,022
6	20	0,19	0,50	0,11	0,37	0,30	0,87	0,026	0,027
8	17	0,43	0,45	0,22	0,31	0,65	0,76	0,020	0,012
10	20	0,35	0,44	0,29	0,30	0,64	0,74	0,040	0,017
16	47	0,46	0,51	0,18	0,25	0,64	0,76	0,008	0,017
21	38	0,45	0,75	0,24	0,29	0,69	1,04	0,011	0,021
49	39	0,29	0,38	0,08	0,30	0,37	0,68	0,010	0,011
51	36	0,46	0,47	0,20	0,36	0,66	0,83	0,016	0,027
Среднее		0,38 ± 0,10	0,50 ± 0,11	0,18 ± 0,07	0,32 ± 0,06	0,56 ± 0,15	0,82 ± 0,13	0,01 ± 0,003	0,02 ± 0,002
* – нет данных.									

мум (0,44 %) приходился на юго-восток, а минимум (0,23 %) – на северо-восток поля. Среднее значение процентного содержания аллофикоцианина у *Ph. nervosa* (0,32±0,06 %) вдвое выше, чем у *Ph. brodiaei*. Максимумы суммарного содержания белковых пигментов у обоих видов приходятся на одни и те же станции, где масса слоевища и количество молодых апикальных сегментов были минимальными. Низкое суммарное содержание белковых пигментов у обоих видов отмечено на станциях 5, 6 (северо-восток) и 49 (центр поля). Слоевища *Ph. nervosa* с минимальным количеством фикобилипротеинов отличались очень широкими старыми сегментами, а также количеством молодых сегментов и продукцией, близких к среднему уровню, тогда как такие же слоевища *Ph. brodiaei* имели небольшие длину, массу, продукцию и среднее количество молодых сегментов.

Содержание хлорофилла «а» у *Ph. brodiaei* в центре поля достигает 0,008 и 0,040 % на его севере, составляя в среднем 0,019±0,003 %, что не отличается от такового у *Ph. nervosa*. Тем не менее, пределы варьирования этого показателя у *Ph. nervosa* заметно меньше. В целом, низкое содержания хлорофилла «а» у двух видов филофоры приходится на центр поля, высокое – на его северные участки. У *Ph. brodiaei* максимум хлорофилла и аллофикоцианина обнаружен у растений на одной и той же ст. 10, где растения имеют максимальное для поля число молодых сегментов (4,2), а также их суммарную массу, близкую к максимальной (0,03±0,01 г). Минимальное количество хлорофилла было присуще особям *Ph. brodiaei*, морфо-функциональные показатели которых по своей величине соответствовали среднему уровню. Особи *Ph. nervosa* с наибольшим содержанием хлорофилла «а» отличались самой высокой продукцией (23,5 %), а особи с низким содержанием зеленого пигмента, как и у *Ph. brodiaei*, имели средние по величине морфометрические и продукционные показатели.

Рассмотрим распределение пигментов по глубинам. У *Ph. brodiaei* на станциях первого разреза по мере увеличения глубины повышается содержание фи-

коэритрина, аллофиоксианина и их суммарное содержание, при этом количество хлорофилла уменьшается. На станциях второго разреза четкой зависимости содержания пигментов в молодых сегментах *Ph. brodiaei* от глубины не выявлено, причем количество фикоэритрина и всех белковых пигментов одновременно на разных горизонтах не отличалось. У *Ph. nervosa* на станциях первого разреза содержание фикоэритрина уменьшалось в слое от 20 до 35 м и возрастало на глубине 41 м до уровня, максимального для данного разреза. Здесь же у *Ph. nervosa* с ростом глубины увеличивается суммарное содержание белковых пигментов и уменьшается концентрация хлорофилла. На станциях второго разреза у *Ph. nervosa* с глубиной возрастает количество фикоэритрина, уменьшается содержание хлорофилла, тогда как количество белковых пигментов, подобно родственному виду филофоры, с глубиной не меняется.

Аллофиоксианин по своей природе менее устойчив, чем другие пигменты. На основании того, что его содержание в *Ph. nervosa* почти вдвое больше, чем в *Ph. brodiaei*, можно предположить, что меньшее количество этого нестабильного пигмента позволяет второму виду быть более экологически устойчивым, тем более, что для него обнаружена тенденция роста с глубиной содержания фикоэритрина, поглощающего на нижних горизонтах зеленый цвет. Такое соотношение пигментов в слоевищах и характер распределения их по глубинам должны обеспечить для *Ph. brodiaei* более высокую степень адаптивности на поле Зернова.

Выводы

1. Слоевища изученных видов филофоры имеют некоторые морфобиологические отличия: у *Ph. brodiaei* вдвое длиннее молодые сегменты и вчетверо больше продукция, у *Ph. nervosa* средняя длина и масса слоевища, количество и масса молодых сегментов выше в 2-3 раза.
2. Сходство *Ph. nervosa* и *Ph. brodiaei* между собой и с другими видами водорослей проявляется в высокой степени вариабельности весовых и стабильности размерных характеристик слоевища.
3. Максимумы некоторых признаков одного вида филофоры географически совпадают с их минимумами у другого, что является косвенным свидетельством наличия конкурентных взаимоотношений.
4. Молодые сегменты исследованных видов отличаются содержанием фикобилипротеиновых пигментов: у *Ph. nervosa*, по сравнению с *Ph. brodiaei*, больше фикоэритрина и аллофиоксианина.
5. Максимальное содержание белковых пигментов у обоих видов приходится на одни и те же станции и одинаково коррелируют с минимумами массы слоевища и количества молодых сегментов.
6. *Ph. nervosa* характеризуется вдвое большей средней концентрацией хлорофилла «а», минимумы которой у обоих видов приходится на центр поля, а максимумы – на его северные участки. Низкое содержание зеленого пигмента характерно для слоевищ со средними по величине морфопродукционными параметрами.
7. Суммарное содержание белковых пигментов с глубиной меняется незначительно, а концентрация фикоэритрина, как правило, на нижних горизонтах возрастает.

8. Низкое содержание аллофикоцианина на фоне увеличения с глубиной концентрации фикоэритрина в апикальных сегментах *Ph. brodiaei* позволяет сделать вывод о больших адаптационных возможностях этого вида, вытесняющего на поле Зернова близкородственный вид *Ph. nervosa*.

Литература

1. **Зайцев Г. Н.** Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
2. **Калугина-Гутник А. А.** Биология и продуктивность массовых видов фитобентоса Черного моря // Биологическая продуктивность южных морей. – Киев: Наукова думка, 1974. – С. 29 – 42.
3. **Калугина-Гутник А. А.** Фитобентос Черного моря. – Киев: Наукова думка, 1975. – 246 с.
4. **Калугина-Гутник А. А., Евстигнеева И. К.** Донная растительность филлофорного поля Зернова Черного моря // Биология моря. – 1994. – Т. 20. – № 4. – С. 264-270.
5. **Каминер К. М.** Промысловый фитобентос северо-западной части Черного моря в условиях новой экологической ситуации // Тез. докл. 5 съезда Всес. гидробиол. о-ва, Тольятти, 15-19 сентября 1986 г. – Ч. I. – С. 89-90.
6. **Лебедев С. И.** Исследование пигментов филлофоры (*Phyllophora nervosa*) // Тез. докл. Второй Всесоюз. конф. по фотосинтезу. 21-26 января 1957 г. – М., 1957. – С. 147-148.
7. **Лось С. И., Фомишина Р. Н.** Фотосинтезирующие пигменты и хлорофиллаза Rhodophyta // Альгология. – 1996. – Т. 6. – № 2. – С. 158-166.
8. **Милячкова Н. А.** Макрофитобентос // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) / Под редакцией В.Н. Еремеева, А.В. Гаевской; НАН Украины, Институт биологии южных морей. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – С. 152-193.
9. **Поспелова Н. В., Нехорошев М. В.** Содержание фикобилипротеинов в некоторых видах красных водорослей Черного моря // Экология моря. – 2003. – С. 37-42.
10. **Стаднийчук И. Н.** Фикобилипротеины // Итоги науки и техники. Биологическая химия. – 1990. – 40. – 196 с.
11. **Ткаченко Ф. П.** Видовой состав водорослей-макрофитов северо-западной части Черного моря (Украина) // Альгология. – 2004. – Т. 14. – № 3. – С. 277-291.