

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



27
—
1987

Н. А. МИЛЬЧАКОВА

РОСТ *ZOSTERA MARINA* L. В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Zostera marina L. — один из наиболее распространенных видов морских трав в Черном море. Морские травы играют существенную роль в жизни моря, являясь продуцентом органического вещества и важным трофическим звеном в экосистемах прибрежной зоны. Заросли трав служат убежищем, пастбищем и нерестилищем для рыб и других морских животных [1, 3]. Широко известна и берегоукрепительная функция зарослей zostеры. Пересадки морских трав используют в Европе и Америке для борьбы с размыванием песчаных пляжей и берегов [7].

Целью наших исследований было установление закономерностей роста вегетативных и генеративных побегов zostеры в условиях эксперимента. Это позволит в дальнейшем сравнивать рост побегов после пересадки в природных и искусственных условиях, выбирая оптимальные сроки пересадки, фазу развития побегов и характерные для роста условия.

Материал и методика. В лабораторных условиях рост *Z. marina* описан некоторыми авторами [4—6]. При наблюдении за ростом zostеры нами использован метод Де Кока [4] с модификацией [6], при котором сочетание факторов дало наиболее длительное выживание побегов zostеры (от двух месяцев до года).

В апреле 1984 г. в стеклянные сосуды объемом 5 и 10 л были посажены побеги zostеры, взятые из зарослей, расположенных у мыса Константиновского Севастопольской бухты. Пересадку осуществляли методом дернины [6]. Наблюдения за ростом побегов в лабораторных условиях длились с 11.04 по 19.07. Контролем служили побеги (один генеративный, четыре материнских и два дочерних вегетативных), посаженные в сосуд емкостью 10 л с илесто-песчаным грунтом слоем 7 см. В сосуд объемом 5 л (опыт) в 5-сантиметровый слой илесто-песчаного грунта пересадили один генеративный, два материнских и два дочерних вегетативных побега (рис. 1, А и 1, Б). Воду в сосудах меняли через день. В опытный сосуд, начиная с 26.04, при смене воды добавляли питательную смесь [8] с применением нитратной формы азота, фосфора в виде фосфатов и микроэлементов Fe, Co, Mn. В контроле и опыте воду постоянно продували воздухом, обогащенным на 3—5% CO₂.

Освещение регулировали двумя лампами ДРЛ 250. Продолжительность дня составляла в первые полтора месяца 12 ч, а в остальное время — 16 ч. Освещенность над сосудами менялась незначительно — от 3500 до 4000 лк, что несколько ниже, чем в описанных опытах [4]. Диапазон температуры во время эксперимента составлял 12—21 °С. В контроле наблюдения длились до 12.07, а в опыте — до 19.07.

В обоих сосудах самый молодой лист на побеге и самое молодое междоузлие на корневище метили тонким кольцом из алюминиевой фольги. Два раза в неделю измеряли длину меченого и появившихся

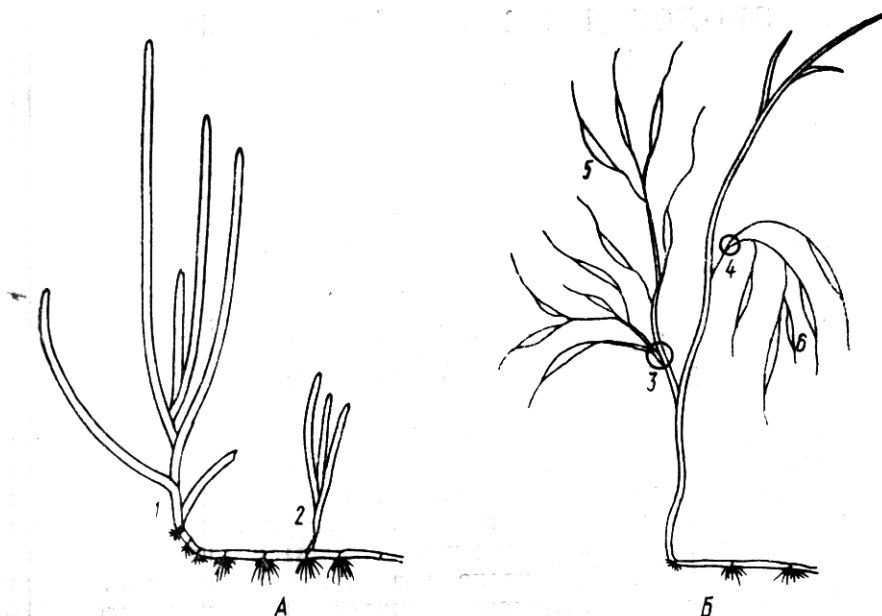


Рис. 1. Схема строения вегетативного (А) и генеративного (Б) побегов *Z. marina*:

1 — вегетативный материнский побег, 2 — вегетативный дочерний побег, 3 — соцветие — метелка первого порядка, 4 — соцветие второго порядка, 5 — зрелый колос, 6 — зачаточный колос

новых листьев от влагалищной трубки и длину новых междоузлий от метки.

Линейный прирост листьев за все время их жизни вычисляли по формуле [2]

$$\Delta L = L - L_0,$$

где L_0 — длина листа в начале наблюдений, мм; L — длина листа до его естественного обрыва, мм.

Для определения удельной скорости роста новых листьев в длину использовали формулу [2]

$$\mu_t = \frac{L - L_0}{L_0 t},$$

где L_0 — длина листа в начале интервала наблюдений, мм; L — длина листа в конце интервала наблюдений, мм; t — интервал наблюдений, сут.

Рост вегетативных побегов zostеры. Контроль. В начале мая погиб первый, а в конце и второй дочерние побеги *Z. marina*, которые росли на 5 и 7-м междоузлиях соответственно. За это время прекратил рост еще один материнский побег. С 18 по 21.06 нарушилась целостность влагалищной трубки еще у двух побегов, и, таким образом, в контроле до 12.07 рос только один материнский побег zostеры.

У первого вегетативного побега (m_1), несущего два дочерних побега (d_1 и d_2), отмечено появление пяти новых листьев (l_1-l_5), у второго (m_2) — четырех (l_1-l_4), а у остальных (m_3 и m_4) — по два (табл. 1). Время роста новых листьев от выхода из влагалищной трубки до обрыва варьирует значительно. У всех материнских растений дольше всего росли молодые листья (l_3) — от 31 до 42 сут (табл. 2). Небольшая продолжительность роста (7—10 сут) наблюдалась у четвертого и пятого листьев на первых двух побегах (m_1 , m_2).

Для материнских побегов характерно увеличение линейного прироста в последовательности от меченого листа до второго нового (l_2).

Таблица 1. Изменение линейного прироста листьев материнских (м) и дочерних (д) побегов (в мм) в лабораторных условиях у *Zostera marina*

Номер листа	Контроль (11. IV—12. VII 1984 г.)						Опыт (11. IV—19. VII 1984 г.)		
	м			м ₂	м ₃	м ₄	м		м ₂
	м ₁	д ₂	д ₃				м ₁	д ₁	
ж*	380	145	60	295	215	230	430	90	235
1	500	95	—	330	245	170	470	—	105
2	515	75	—	285	110	130	410	—	—
3	440	—	—	290	—	—	400	—	—
4	240	—	—	85	—	—	290	—	—
5	85	—	—	—	—	—	175	—	—
6	—	—	—	—	—	—	75	—	—

* Меченый лист.

Максимальный линейный прирост отмечен также у второго листа — 515 мм (см. табл. 1). Начиная с третьего листа, прирост уменьшается и у четвертого он составляет 240 мм (см. табл. 1). У дочерних побегов линейный прирост новых листьев уменьшается по сравнению с меченым.

Удельная скорость роста меченой листовой пластинки у всех побегов снижается спустя две недели после их пересадки из естественных зарослей, так, у м₁ и м₂ почти в 5 раз (рис. 2, А). Это связано, по-видимому, с периодом адаптации побегов к лабораторным условиям, длительность которого равна неделе. К 26-м суткам наблюдений отмечено увеличение удельной скорости листа с меткой, максимум ее приходится на 30-е сутки после пересадки. У первого (м₁) и четвертого (м₄) побегов наибольшая удельная скорость роста составила соответственно 0,52 и 0,84 мм·мм⁻¹·сут⁻¹·10⁻¹ (см. рис. 2, А). Перед обрывом меченой листовой пластинки скорость ее роста снижается у первого побега более чем в 17 раз, у четвертого — 6.

У второго материнского (м₂) и первого дочернего (д₁) побегов изменение удельной скорости роста меченого листа имеет сходный характер, достигая максимума к 33 дню наблюдений, соответственно 0,53 и 0,76 мм·мм⁻¹·сут⁻¹·10⁻¹. За 3-е суток до обрыва листа с меткой его скорость роста у второго побега снижается втрое. В целом продолжительность жизни меченой листовой пластинки в контроле (30—40 сут) соответствует таковой в естественных условиях [7].

У первого (м₁) и второго (м₂) материнских побегов с появлением пяти новых листьев образуется такое же число новых междоузлий общей длиной 38—40 мм. Трем самым молодым листьям соответствуют молодые междоузлия зеленого цвета (от 2 до 8 мм), а остальные междоузлия длиной 12—15 мм имеют светло-коричневый цвет. В месте сочленения всех появившихся междоузлий формируются пучки корней, которыми корневища укрепляются в грунте. Длина корней в конце наблюдений составила 40—55 мм.

Следует отметить, что линейный прирост новых листьев дочерних (д₁, д₂), так же как и четвертого материнского (м₄), побегов в контроле проходил медленно; у первого дочернего побега (д₁) он уменьшился от меченого листа ко второму новому от 145 до 75 мм. У четвертого материнского побега (м₄) линейный прирост новых листьев снизился почти вдвое по отношению к меченому листу.

Закладка новых листьев первых двух материнских побегов (м₁, м₂) в контрольном сосуде проходила с одинаковой скоростью, даты появления новых листьев у них совпадают, интенсивность роста меченого и новых листьев сходна. Рост в длину третьего и четвертого материнских побегов (м₃, м₄) незначительно отличался друг от друга, однако интенсивность роста у них ниже, чем у первого и второго материнских побегов. В целом новые листья на материнских побегах появляются через каждые 14—24 сут (см. табл. 2).

Таблица 2. Продолжительность жизни и дата появления новых листьев (л)

Номер листа	Контроль			
	м ₁	л ₁	м ₂	м ₃
1	41 (20.IV)	18 (3.V)	34 (20.IV)	28 (3.V)
2	33 (27.V)	—	17 (21.V)	10 (21.V)
3	42 (21.V)	—	31 (21.V)	—
4	28 (14.VI)	—	7 (14.VI)	—
5	10 (29.VI)	—	—	—
6	—	—	—	—

Опыт. В сосуде с добавлением питательной смеси рост вегетативных побегов отличался от роста побегов в контроле. У первого материнского побега (м₁) на третьем и пятом междоузлиях в момент пересадки располагалось два дочерних побега, которые погибли 24.04 и 11.05. В конце мая погиб второй материнский побег и наблюдения в опытном сосуде продолжали до 19 июля за первым материнским побегом (м₁).

Основным отличием в росте вегетативных побегов, находящихся в опыте, следует считать высокую скорость закладки и выхода из влагалищной трубки новых листьев в опыте. В среднем каждый второй новый лист (л₂, л₄, л₆) появлялся через 6—10 сут. Линейный прирост новых листьев несущественно отличается от меченого листа, достигнув максимума, как и в контрольном сосуде, у первого и второго новых листьев — 470 и 410 мм соответственно (см. табл. 1). Уменьшение линейного прироста пятого и шестого листьев связано, по-видимому, с непродолжительным периодом жизни (см. табл. 2) и ухудшением общего состояния побегов. Количеству новых листьев на первом материнском побеге (м₁) соответствует количество новых междоузлий на корневище. Длина шести новых междоузлий составила 51 мм.

Изменение удельной скорости роста меченой листовой пластинки у побегов в опыте соответствует таковому в контроле. Спустя две-три недели после пересадки она уменьшается в 3—5 раз у первого (м₁) и второго (м₂) побегов (рис. 2, Б). Добавление питательной смеси, по-видимому, оказало влияние на скорость роста, что нашло отражение в отсутствии периода адаптации (см. рис. 2, Б) и более высокой, чем в контроле, удельной скорости меченой листовой пластинки. Максимальная скорость листа с меткой отмечена к 30—33 суткам наблюдений и составляет у первого и второго побегов соответственно 0,92 и 0,57 мм·мм⁻¹·сут⁻¹·10⁻¹. За три дня перед обрывом меченого листа его скорость роста снижается у м₁ в 7 раз, у м₂ более чем втрое.

Сравнительный анализ роста вегетативных побегов в лабораторных условиях показал, что удельная скорость роста новых листьев в опыте выше, чем в контроле, хотя линейный прирост у них ниже. Отмечено также, что новые листья выходят из влагалищной трубки в 2 раза быстрее в опыте, чем в контроле. В последующих лабораторных экспериментах следует, очевидно, проверить действие компонентов используемой смеси на рост зостеры.

Рост и фенология генеративных побегов зостеры. Наблюдения за ростом генеративных побегов в лабораторных условиях вели в контроле 22 и в опыте 40 сут. В контрольном сосуде на генеративном побеге длиной 80 см поочередно располагалось четыре сложных соцветия метелки, длиной от 22,5 до 28 см, на каждой из которых находилось по два колоска. Длина колосков у основания метелок больше (6—7 см), чем на их конце (4,5—5,5 см). 11.04 колоски у основания метелок были в стадии бутонизации, с закрытым влагалищем, желтыми пыльниками нормальных размеров. Спустя неделю, при температуре 11 °С, наблюдали цветение у этих колосков, а колоски на концах метелок оставались

	Опыт			
	М ₁	М ₂	Д ₁	Д ₂
20 (11.V)	35 (20.IV)	26 (18.IV)	29 (15.IV)	
24 (21.V)	31 (11.V)	—	10 (17.V)	
—	32 (17.V)	—	—	
—	21 (28.V)	—	—	
—	13 (29.VI)	—	—	
—	10 (9.VII)	—	—	

в зачаточном состоянии, с едва заметными пыльниками. При цветении часть пыльников вскрылась, клубки пыльцы легли на еще неподнятые рыльца, основная часть рылец поднялась (67—80%). К 24—25.04 при температуре 12°C из четырех зрелых колосков все отцвели с завязью, из четырех зачаточных колосков только у одного, расположенного на верхушечной метелке, наблюдали стадию цветения, остальные колоски находились в стадии бутонизации. Количество завязей, сформировавшихся в зрелых колосках, составляло 8—10.

В начале мая два колоса на верхушечной метелке отпали, как и часть зрелых колосков на остальных метелках, поэтому наблюдения продолжали только за генеративным побегом в опыте.

Рост генеративного побега в опыте наблюдали с 11.04 по 21.05. На побеге длиной 73,5 см находилось четыре метелки длиной 22,5—28,5 см. В конце наблюдений длина метелок уменьшилась до 16—20 см, что было вызвано опаданием зрелых колосков. В начале опыта длина колосков у основания метелок составляла 6—8 см, колоски находились в состоянии цветения. На конце соцветий длина колосков составляла 3,5—5 см, все колоски были в стадии бутонизации. Через 12 сут после пересадки при 12°C первые колоски у основания соцветий отцвели с завязью, часть зачаточных колосков перешла в стадию бутонизации. Спустя месяц после начала наблюдений при температуре 15°C на всех метелках появились новые колоски длиной 2,5—4 см, находящиеся в зачаточном состоянии. В зрелых колосках количество плодов составляло 10—14, колоски в стадии цветения располагались ближе к концу метелок. С 17 по 21.05 на четырех метелках еще появились новые зачаточные колоски длиной 2 см. К этому времени большинство колосков отцвели с завязью, а колоски со зрелыми плодами отпали. В среднем на метелках к концу наблюдений осталось по три колоска, считая новые зачаточные.

Таким образом, наблюдения за

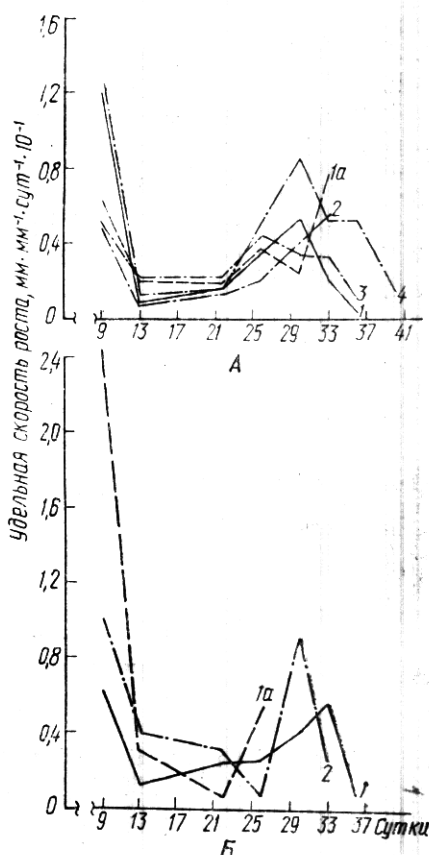


Рис. 2. Изменение удельной скорости роста меченой листовой пластинки побегов *Z. tagina* в контроле (А) и опыте (Б):

1 — первый вегетативный материнский побег (М₁), 1а — первый вегетативный дочерний побег (Д₁), 2 — М₂, 3 — М₃, 4 — М₄

ростом генеративных побегов в опыте и контроле показали, что в целом он сходен. Длина метелок и зрелых колосков отличалась незначительно, количество тугих завязей и зрелых плодов в колосках несколько больше у побега в опыте. На этом побеге отмечена закладка 20-ти новых зачаточных колосков, что связано, по-видимому, с более длительным периодом его роста и прогревом воды к концу мая до 17°C. Фенологические особенности зостеры в лабораторных условиях в целом сходны с таковыми в природных популяциях.

Выводы. 1. В контроле и опыте линейный прирост листьев на вегетативных побегах *Z. marina* увеличивается в последовательности: от меченого листа ко второму новому листу. Начиная с третьего листа он уменьшается более чем в 2 раза в контроле, а в опыте незначительно. Максимальный линейный прирост меченой листовой пластинки в контроле выше, чем в опыте. 2. Наибольшая удельная скорость роста меченого листа у побегов в контроле и опыте наблюдается на 30—33 сут после пересадки. Рост меченой листовой пластинки у побегов в контроле имеет выраженный период адаптации, в отличие от побегов в опыте. 3. В опыте закладка и выход новых листьев происходит в 2 раза быстрее, чем в контроле, количеству новых листьев соответствует число новых междоузлий на корневых побегах. 4. Рост и фенологические особенности генеративных побегов в контроле и опыте в целом сходны. После пересадки из естественных зарослей на генеративном побеге в опыте произошла закладка 20-ти новых колосков, а в контроле новые колоски не появились.

1. Гордина А. Д., Белоиваненко Т. Г. Разнообразие видового состава и численность икринок и личинок рыб в биоценозах зостеры и филофоры // Биология моря. — 1976. — Вып. 36. — 40—50.
2. Карманова И. В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. — М.: Наука, 1976. — 223 с.
3. Маккавеева Е. Б. Динамика популяций массовых видов биоценоза зостеры // Биология моря. — 1976. — Вып. 36. — С. 25—40.
4. De Cock A. W. A. M. Culture of *Zostera marina* L. on the Laboratory // Aquaculture. — 1977. — N 12. — P. 279—281.
5. Kirkman H. Growing *Zostera capricorni* Aschers in Tanks // Aquat. Bot. — 1978. — N 4. — P. 367—372.
6. Phillips R. C. Preliminary observations on transplanting and phenological index of seagrasses // Ibid. — 1976. — N 2. — P. 93—101.
7. Phillips R. C. Seagrasses and the coastal marine environment // Oceanus. — 1978. — 21. N 3. — P. 30—40.
8. Woelkerling W. G., Kenneth G., Spenser G. A. Studies on selected corallinaceae (Rhodophyta) and other algae in defined marine culture medium // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. — 1983. — 67, N 1. — P 61—77.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР,
Севастополь

Получено
11.11.85

N. A. MILCHAKOVA

THE GROWTH OF *ZOSTERA MARINA* L. UNDER LABORATORY CONDITIONS

Summary

The growth of vegetative and generative shoots of *Zostera marina* L. transplanted from natural populations were observed under laboratory conditions since April till July, 1984. The data on growth dynamics of new leaves and internodes on plants in control and experiment are obtained. Peculiarities of generative shoots are described, their phenology is characterized.