

УДК 581.524.12

ВЛИЯНИЕ ВНУТРИВИДОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ЖИЗНЕННОСТЬ, РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ *PETROSIMONIA OPPOSITIFOLIA*

Котов С. Ф.

Таврический национальный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, sftv@ukr.net

Установлено влияние плотности популяции на жизненность, рост и продуктивность *Petrosimonia oppositifolia*. Со снижением плотности и ослаблением конкурентных взаимодействий улучшается жизненность растений, усиливаются ростовые процессы. С ослаблением конкуренции увеличивается процент семинификации.

Ключевые слова: плотность, жизненность, рост, процент семинификации, *Petrosimonia oppositifolia*.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема засоления земель в последние годы стала одной из острейших проблем в земледелии. По некоторым данным площадь засоленных территорий составляет около 6% от поверхности земной суши; на возделываемых землях площадь засоления доходит до 10% (около 7000 миллионов га) [1]. Один из подходов к рекультивации таких земель заключается в их рассолении с помощью дикорастущих растений-галофитов. Поэтому разработка комплекса рекультивационных мероприятий предполагает изучение распространения, состава, структуры и динамики сообществ галофитной растительности.

В Крыму имеются местообитания как первичного, так и вторичного засоления. Площадь вторых в результате сильной антропогенной трансформации неуклонно растёт. В составе растительности земель, занятых солончаками, широко представлены сообщества, образованные популяциями однолетних растений: *Salicornia perennans* Willd., *Suaeda prostrata* Pall., *Halimione pedunculata* (L.) Aellen. и, в частности, *Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv. (Chenopodiaceae). В ряде предыдущих работ нами рассмотрены результаты взаимодействий между растениями в сообществах настоящей солончаковой растительности, образованных популяциями *S. perennans*, *S. prostrata*, *H. pedunculata* [2; 3].

Цель данного исследования – изучить влияние внутривидовых взаимодействий разной интенсивности на жизненность, ростовые процессы и продуктивность *P. oppositifolia*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал был собран на участке галофитной растительности, расположенном по берегу Сиваша, в 5 км севернее с. Мелководное (Центральное Присивашье).

Материалом служили особи *P. oppositifolia* из сообщества ас. *Petrosimoneium (oppositifoliae) purum*, расположенной по окрайке депрессии рельефа. С повышением влажности почвы, к дну депрессии, последовательно располагаются фитоценозы, образованные *H. pedunculata*, *S. prostrata*, *S. perennans*. Сообщество располагается непосредственно за ценозом ас. *Petrosimoneium halimioniosum*, занимая более сухие местообитания. При общем проективном покрытии 85% на *P. oppositifolia* приходится 80%. К доминанту с незначительным покрытием (до 0,5%) примешиваются *Frankenia hirsuta* auct. p.p., *Festuca rupicola* Heuff., *Artemisia santonica* L., *S. perennans*, *Bromus squarrosus* L., *Hordeum leporinum* Link. Почвы солончаковые, суглинистые с хлоридно-сульфатным типом засоления [4].

В сообществе было отобрано около 300 особей *P. oppositifolia*. Формировали выборки для разной плотности популяции. Плотность популяции задавали искусственным путем, проводя опыт с удалением ближайших соседей. Соседние растения удаляли на расстоянии от экспериментальных особей в радиусе 3, 6, 9, 12 (1×10^{-2}) м. Таким путем были созданы ценопопуляции *P. oppositifolia* плотностью 25, 45, 100, 400 особей на м². Для каждого варианта опыта с удалением отбирали по 20 особей *P. oppositifolia*. У экспериментальных растений, в течение всего периода вегетации, с периодичностью 1 раз в 2 недели, измеряли: высоту надземной части, диаметр стебля над гипокотилем, количество ветвей – параметры, характеризующие жизненность особей в ценопопуляции. В конце вегетационного сезона экспериментальные растения извлекали из почвы и, у них, помимо высоты стебля и диаметра определяли воздушно-сухую массу. У растений также подсчитывали количество цветков и семян для определения потенциальной (ПСП) и реальной семенной продуктивности (РСП).

На данном участке растительности (в ненарушенной его части) одновременно с началом эксперимента заложили площадку размером 1×1 м, на которой случайным способом отобрали 40 контрольных особей *P. oppositifolia*, промаркировали их и в дальнейшем с той же периодичностью что и для экспериментальных особей измеряли параметры жизненности.

Динамику ростовых процессов оценивали посредством абсолютного (ΔH) и относительного ($\Delta H/H_2$) прироста, абсолютной (AGR) и относительной (RGR) скорости роста растений в единицу времени (одна неделя) [3].

Интенсивность конкуренции определяли по индексу конкуренции (CI) [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Распространение, состав, структура и смены сообществ однолетних галофитов детерминированы условиями экотопа и биотическими факторами, важнейшими из которых являются взаимодействия между растениями. Ведущими экотопическими факторами являются увлажненность и засоление почвы [4]. На исследованном участке, от дна засухи к ее краю, сообщества образуют эколого-фитоценотический ряд по градиенту повышения рельефа [3]. Повышение в рельефе связано с изменением влажности почвы и содержанием в ней солей. Наиболее влажные местообитания дна засухи с наибольшим содержанием хлорид-анионов и сульфат-анионов занимают моноценозы *S. perennans*, далее в эколого-фитоценотическом

ряду располагаются ценозы, занимающие экотопы с меньшим содержанием влаги и солей в почве [3]. Популяции *P. oppositifolia* занимают наименее увлажненные экотопы. Полевая влажность почвы в июле составила 6,5–10,0% на дне в ас. *Salicornietum rigum* и 1,5–2,4 % по краю депрессии в ас. *Petrosimonietum (oppositifoliae) rigum*. Среди однолетних суккулентных галофитов *P. oppositifolia* – один из наиболее засухоустойчивых видов (в некоторых классификациях *P. oppositifolia* относят к ксерогалофитам [1]). На фоне вышеперечисленных абиотических факторов действуют биотические, основными из которых являются взаимодействия между растениями.

Растения поглощают ресурсы среды в границах определенного пространства, которое принято рассматривать в виде более или менее правильной концентрической зоны с центром проекции основания конкретной особи растения. При перекрытии этих концентрических зон, так называемых «зон изъятия ресурса» или «фитогенных полей растений», происходит конкуренция за ресурсы среды. Сила конкурентных взаимодействий находится в обратнопропорциональной зависимости с расстоянием от центров взаимодействующих особей [3; 6]. Вполне очевидно, что интенсивность конкуренции является плотно зависимым фактором. Снижение потребления того или иного ресурса в ответ на перехват его соседом-конкурентом отражается на жизненности растения. Лучшим показателем, отражающим жизненность растений, является их воздушно-сухая масса. Однако не всегда представляется ее измерить в динамике, так как это означает прекращение существования особи. Ранее нами было показано, что воздушно-сухая масса особей *H. pedunculata* тесно коррелирует с высотой надземной части растений, коэффициент корреляции колеблется в пределах от 0,97±0,19 до 0,99±0,01. [3]. Это позволяет использовать в качестве показателя жизненности высоту надземной части растений. В таблице 1 приведены средние значения высоты надземной части растений в течение вегетационного сезона, здесь же приведены значения индекса конкуренции.

Таблица 1

Динамика влияния плотности популяции на жизненность и интенсивность конкуренции *Petrosimonia oppositifolia*

Параметры роста	Сроки наблюдений							
	10.06	24.06	08.07	29.07	12.08	31.08	15.09	30.09
Высота в контроле, 1×10^{-2} м ($\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$)	2,8±0,2	3,7±0,2	6,6±0,2	7,7±0,2	8,3±0,2	8,7±0,2	11,1±0,3	11,2±0,3
Высота в эксперименте (плотность 25 ос./м ²), 1×10^{-2} м ($\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$)	2,8±0,2	4,4±0,3	8,3±0,4	10,4±0,4	11,0±0,4	11,2±0,3	20,7±0,5	20,9±0,3
Индекс конкуренции, CI	-	0,176	0,207	0,260	0,242	0,236	0,467	0,467

Как видно из таблицы 1, жизненность особей в эксперименте превышает таковую в ненарушенной популяции, в условиях конкуренции. Учитывая результаты предыдущих исследований [2; 3], можно принять расстояние в 12 см до ближайшей особи пределом, на котором взаимодействия прекращаются. В этом случае индекс конкуренции отражает потери в результате конкуренции (массы, высоты и других параметров жизненности). Интенсивность конкурентных взаимодействий в течение вегетационного периода возрастает; в результате конкуренции у растений снижается жизненность почти наполовину.

Прямую зависимость между плотностью и различными параметрами жизненности наглядно демонстрируют данные, сведенные в таблицу 2.

Таблица 2

Влияние плотности популяции на жизненность *Petrosimonia oppositifolia*

Морфометрические параметры	Плотность популяции (особей на м ²)			
	400	100	44	25
Высота, (1×10^{-2}) м ($\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$)	13,8±0,3	15,3±0,3	16,9±0,4	20,9±0,4
Диаметр, (1×10^{-2}) м ($\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$)	1,5±0,1	1,7±0,1	2,1±0,2	2,3±0,2
Количество ветвей	12,5	16,8	26,4	29,4

В таблице 2 приведены средние значения высоты надземной части растений, диаметра стебля, количества ветвей и воздушно-сухой массы особи в конце вегетационного сезона (30.09), когда растения прекратили рост, и стало возможным извлечь их из почвы. Анализ морфометрических параметров жизненности растений показывает наличие четкой направленности в сторону увеличения показателей всех параметров при снижении плотности популяции.

Конкурентные взаимодействия снижают интенсивность роста: абсолютная – AGR и относительная – RGR скорости роста *P. oppositifolia* в эксперименте с удалением соседей-конкурентов при плотности популяции 25 особей/м² превышают аналогичные показатели у растений в ненарушенной части популяции (контроль).

В целом, нами были получены результаты аналогичные влиянию конкуренции на жизненность, ростовые процессы других однолетних галофитов [2; 3].

Для монокарпических видов, к которым относится и *P. oppositifolia*, по причине однократно происходящего в их онтогенезе процесса размножения, чрезвычайно важна количественная оценка генеративных параметров.

У экспериментальных растений определяли ПСП, РСП и процент семинификации. Гинецей *P. oppositifolia* образован одним плодолистиком и в нем развивается единственный семязачаток. Поэтому количество семязачатков определяется количеством цветков особи. Этот показатель отражает потенциальную семенную продуктивность вида (ПСП); количество семян характеризует реальную семенную продуктивность вида (РСП). Процент семинификации рассчитывается как отношение РСП к ПСП. Процент семинификации показывает – какое количество семязачатков растение реализует в семена.

Установлено, что потенциальная семенная продуктивность зависит от жизненности особей, которая, в свою очередь, зависит от напряженности конкуренции. Статистически достоверная ($P \leq 0,05$) положительная корреляционная зависимость обнаружена между количеством цветков на одном растении и степенью ветвления растения; коэффициент корреляции (r) изменялся в пределах $0,55 \pm 0,02$ – $0,70 \pm 0,08$. Также установлена положительная корреляция между воздушно-сухой массой растения и ПСП: чем больше органических веществ накапливает особь в процессе вегетации, тем больше цветков на ней формируется ($r = 0,95 \pm 0,03$) [7].

Реальная семенная продуктивность также определяется жизненностью растений. Чем больше цветков формируется на растении и чем больше органических веществ оно накапливает в фазу вегетации, тем выше вероятность реализации семязачатков в семена. Коэффициент корреляции между воздушно-сухой массой растения и количеством семян составил $0,90 \pm 0,01$ [7].

С ослаблением конкурентного давления в ценопопуляциях *P. oppositifolia* возрастает процент семязачатков, развивающихся в семена. Процент семинификации составил: в контроле – 67%, в эксперименте с удалением при радиусе 3 см – 69%, 6 см – 77%, 9 см – 82% и 12 см – 92%.

Семинификация у *P. oppositifolia* является плотностнозависимым генеративным параметром. Успешность реализации семязачатков в семена определяется величиной воздушно-сухой массы особи и количеством сформированных ею цветков и семян.

ВЫВОДЫ

1. В ценопопуляциях *P. oppositifolia* отмечено наличие конкурентных взаимодействий между растениями, интенсивность которых снижается со снижением плотности популяции.

2. Конкурентные взаимодействия отрицательно сказываются на жизненности и интенсивности роста растений. Снижение параметров жизненности и показателей скорости роста *P. oppositifolia* находится в прямой зависимости от плотности популяции.

3. Семинификация у *P. oppositifolia* является плотностнозависимым генеративным параметром и зависит от жизненности особи; процент семинификации возрастает с увеличением воздушно-сухой массы особи.

Благодарности. Автор приносит благодарность Е. А. Калинушкиной за помощь в сборе полевого материала.

Список литературы

1. Grigore M.-N. Halophytes: Ecological Anatomy Aspects / M.-N Grigore. – Iasi: Univ. Alexandru Ioan Cuza, 2010. – P. 1–3.
2. Котов С. Ф. Взаимодействия в ценопопуляциях *Salicornia perennans* Willd.: соотношение конкуренции и благоприятствования / С. Ф. Котов // Ученые записки Тавр. нац. ун-та. им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22, № 1. – С. 42–49.

3. Котов С. Ф. Влияние плотности ценопопуляции на жизненность, рост и размерную структуру *Halimione pedunculata* / С. Ф. Котов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – Вып. 3. – С. 88–96.
4. Багрикова Н. А. Распространение и структура сообществ однолетних суккулентных галофитов в Центральной и Восточной части Крымского Присивашья / Н. А. Багрикова, С. Ф. Котов. // Ученые записки Тавр. нац. ун-та. им. В. И. Вернадского. Серия «Биология». – 2003. – Т. 16, № 2 – С. 3–13.
5. Котов С. Ф. Конкурентные взаимодействия и аллометрия растений в ценопопуляциях *Salicornia europaea* L. (Chenopodiaceae Vent.) / Котов С.Ф. // Укр. ботан. журн. – 1999. – № 4. – С. 369–373.
6. Stoll P. A neighborhood view of interactions among individual plants / P. Stoll, J. Weiner // The geometry of ecological interactions: Simplifying spatial complexity. – Cambridge: University Press, 2000. – P. 11–27.
7. Котов С.Ф. Влияние внутривидовой конкуренции на реальную семенную продуктивность *Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv. / С. Ф. Котов, Е. А. Калинушкина // Живые объекты в условиях антропогенного пресса: Матер. X Междунар. научн.-практ. конф. (Белгород, 15–18 сентября 2008 г.). – Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2008. – С. 102–103.

Котов С. Ф. Вплив внутривидових взаємодій на життєвість, ріст і продуктивність рослин в ценопопуляціях *Petrosimonia oppositifolia* // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2013. Вип. 9. С. 43–48.

Встановлено вплив щільності популяції на життєвість, ріст і продуктивність *Petrosimonia oppositifolia*. Зі зниженням щільності і ослабленням конкурентних взаємодій покращується життєвість рослин, посилюються ростові процеси. З ослабленням конкуренції збільшується відсоток семініфікації.

Ключові слова: щільність, життєвість, зростання, відсоток семініфікації, *Petrosimonia oppositifolia*.

Kotov S. F. The influence of intraspecific interactions on vitality, growth and productivity of plants in coenopopulation of *Petrosimonia oppositifolia* // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2013. Iss. 9. P. 43–48.

The influence of density in coenopopulation of *Petrosimonia oppositifolia* are established. The increase of density reduces the vitality, growth and productivity of *Petrosimonia oppositifolia*. With weakening of competition the percent of seminification is increased.

Key words: density, vitality, growth, percent of seminification, *Petrosimonia oppositifolia*.

Поступила в редакцію 11.10.2013 г.