

**ИЗУЧЕНИЕ ПЛОДОВ И СЕМЯН ЭНДЕМИКА ПРИБАЙКАЛЬЯ  
КОПЕЕЧНИКА ЗУНДУКСКОГО (*HEDYSARUM ZUNDUKII*, *FABACEAE*)**

**Л.В. Гайдарь, К.З. Гамбург, С.Г. Казановский, А.В. Верхозина**

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132, а/я 317, e-mail: gaydar-lv@mail.ru*

Изучено состояние семян копеечника зундукского, собранных в двух местах его произрастания: на мысе Зундук и Хужир западного побережья оз. Байкал в 2007–2009 гг. Установлено, что 19–39 % члеников бобов содержали полноценные семена. Показатель зависел от года сбора и местообитания популяции. Остальные членики были пустыми или в них имелись поврежденные и щуплые семена. Вероятно, бобы и семена повреждаются насекомыми. Зрелые полноценные семена для прорастания нуждаются в скарификации; лабораторная всхожесть составила 55 %. Впервые показано, что повреждение семян может быть существенным фактором, ограничивающим сохранение копеечника зундукского, которое зависит от места его произрастания.

**Ключевые слова:** *Hedysarum zundukii*, *Fabaceae*, плоды, семена, Прибайкалье.

**A STUDY OF FRUITS AND SEEDS OF THE LAKE BAIKAL  
ENDEMIC *HEDYSARUM ZUNDUKII* (*FABACEAE*)**

**L.V. Gaydar', K.Z. Gamburg, S.G. Kazanovsky, A.V. Verkhovina**

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, SB RAS,  
664033, Irkutsk, Lermontov str., 132, P.O. Box 317, e-mail: gaydar-lv@mail.ru*

The fruits and seeds of *Hedysarum zundukii* collected in two locations of its growth: at cape Zunduk and cape Khuzhir of West coast of Lake Baikal in 2007–2009 were studied. It was established that only 19–39 % of collected bean segments contained mature seeds depending on the year of collection and the place of its growing. Other segments were empty or contained damaged and immature seeds. It was supposed that beans and seed damage was caused by insects. Mature seeds needed scarification for germination, and germination was near to 55 %. It was shown for the first time that seed damage and delay of their maturation may be a significant limiting factor for the preservation of *Hedysarum zundukii* depending on the place of its growing.

**Key words:** *Hedysarum zundukii*, *Fabaceae*, fruits, seeds, the Lake Baikal area.

**ВВЕДЕНИЕ**

Флора западного побережья оз. Байкал содержит большое число редких, исчезающих видов растений семейства *Fabaceae* Lindl. (Пешкова, 1979; Малышев, Пешкова, 1984). Они включены в Красную книгу Иркутской области (2010), а три из них – астрагал ольхонский, копеечник зундукский и остролодочник трехлисточковый – в Красную книгу Российской Федерации (2008). Существование их популяций находится под угрозой в связи с возрастающим притоком туристов и увеличением антропогенной нагрузки.

Копеечник зундукский (*Hedysarum zundukii* Reschko) – редкий вид, узколокальный эндемик западного побережья оз. Байкал. Он входит в число уникальных объектов живой природы бассейна оз. Байкал и список редких и исчезающих растений Сибири (Редкие и исчезающие растения...,

1980). Вид встречается только по западному маломорскому побережью оз. Байкал на протяжении около 18 км у мысов Зундук, Зама, Ото-Хушун, Хужир. Весь ареал лежит в пределах Ольхонского района Иркутской области на территории Прибайкальского национального парка (Малышев, Пешкова, 1979; Пешкова, 1979). Основная часть его ареала представляет собой территорию длиной около 8 км и шириной 0.5 км (Бардунов и др., 2006). Копеечник зундукский является реликтом древней, доледниковой, пустынно-степной флоры (Малышев, Пешкова, 1979, 1984). Он растет единичными экземплярами в разнотравно-петрофитных степях на крутых карбонатных склонах, их каменисто-щебнистых шлейфах и на осыпях, относится к облигатному кальцефилу (Карнаухова и др., 2008). *Hedysarum zundukii* – приземистое

(6–20 см высотой), беловато-серебристое от густо опушения растение. Мощный корень переходит в каудекс, несущий многочисленные скученные розетки листьев. Цветоносы 5–10 см длиной, как и черешки листьев, густо опушены длинными оттопыренными или полуоттопыренными волосками. Листочки в числе 2–5 пар, 6–13 мм длиной, 3–5 мм шириной, продолговато-яйцевидные, продолговато-эллиптические, с обеих сторон густо опушенные, с верхней стороны сероватые, с нижней – беловато-серебристые. Цветки малиново-розовые, в густых укороченных кистях 2–3 см длиной. Прицветники узколинейные, 4–6 мм длиной. Членики бобов в числе 2–4, почти округлые, поперечно-морщинистые, густо беловолосистые, с неясными бугорками или по краю с короткими шипиками (Положий и др., 1994).

Общая продолжительность онтогенеза копеечника зундукского около 80 лет. Генеративный период начинается в возрасте 20 лет и сохраняется до 50–70 лет. Размножение у него исключительно семенное. Бобы при созревании распадаются на членики и осыпаются в непосредственной близости от материнского растения во второй поло-

вине июля–августе. Семенная продуктивность у копеечника зундукского чрезвычайно низкая – от 11.1 до 56 семян на особь. Семенное размножение осуществляется не каждый год, всходы появляются лишь в благоприятные по увлажнению годы (Карнаухова и др., 2008). Прочная семенная кожура препятствует быстрому проникновению влаги и способствует сохранению всхожести семян в течение нескольких лет. Прорастание семян надземное. В результате изучения онтогенетической структуры ценопопуляций копеечника зундукского установлено, что для них характерны низкая плотность и преобладание старых особей. Все это является причиной редкой встречаемости *Hedysarum zundukii* и требует проведения охранных мероприятий в природных местах обитания данного вида, разработки методов размножения этого редкого вида растений и восстановления его природных популяций (Карнаухова др., 2008).

Целью нашей работы было выяснить причины слабого возобновления популяций копеечника зундукского, установленного Н.А. Карнауховой с соавторами (2006). В связи с этим был поставлен вопрос, не связано ли это с качеством семян?

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Членики бобов собирали в начале августа 2007–2009 гг. на мысе Зундук и Хужир на западном маломорском побережье оз. Байкал. Координаты мест сбора в 2009 г. определили с помощью спутникового навигатора GPS: 1) 53°22'15" в.д., 107°21'18" с.ш. Иркутская обл., Ольхонский р-н, близ мыса Хужир; 2) 53°23'46" в.д., 107°24'47" с.ш. Иркутская обл., Ольхонский р-н, мыс Зундук. Расстояние между популяциями составило 9 км.

Собранные членики бобов разделяли на сформированные и недоразвитые, целые и поврежденные. Недоразвитые членики бобов отличались меньшими размерами, очень светлой окраской и уплощенной формой. Из бобов каждой группы извлекали семена, которые разделяли на целые, поврежденные и щуплые. Целые зрелые семена (около 100–120 шт.) взвешивали индивидуально на электронных весах “Веста” с точностью 0.1 мг. Поскольку распределение семян по массе соответствовало нормальному, рассчитывали среднюю массу как среднее арифметическое и среднюю квадратическую невзвешенного вариационного ряда (Зайцев, 1984). Поврежденными считали членики бобов, у которых имелись отверстия, видимые визуально. Поврежденные семена, у которых были видны (невооруженным глазом или под небольшим увеличением) различные нарушения (от повреждения оболочки до полного выедания внутреннего содержимого), отделяли от целых и учи-

тывали их число и долю в общей партии семян. Семена, которые имели сморщенный и уплощенный вид, также выделяли из общей партии семян. Зрелые неповрежденные (полноценные) семена помещали в криопробирки и закладывали на длительное хранение при –80 °С.

Для определения лабораторной всхожести семена скарифицировали путем натирания на мелкозернистом напильнике, помещали в чашки Петри на влажную фильтровальную бумагу и проращивали в темноте при 23–24 °С. С появлением зародышевого корешка семя считалось проросшим.

Для определения жизнеспособности семян кроме метода проращивания использовали тетразолюльно-топографический метод. Он используется для получения быстрой информации о качестве семян (ГОСТ 12039-82, 2011). Зародыши жизнеспособных семян приобретают красный цвет, зародыши нежизнеспособных семян остаются неокрашенными. Кроме полностью окрашенных и полностью неокрашенных, могут встречаться семена с частично окрашенными зародышами. По положению и размеру некротических пятен на зародыше семена классифицируют как жизнеспособные или нежизнеспособные. Жизнеспособными считались полностью окрашенные или когда зародышевый корешок окрашен полностью, а семядоли – более чем на 50 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У растений этого рода боб разделен перегородками, так что каждое семя находится в отдельном замкнутом членике. При созревании эти членики отделяются друг от друга и опадают. Поэтому из экспедиций привозили не целые бобы, а членики, которые приходилось раскрывать для извлечения семян.

Число семян должно быть в принципе равно числу члеников, если все они имеют семена, но при раскрытии большинство из них оказались пустыми. Членики бобов с целыми зрелыми семенами во все годы составляли от 19 до 39 % (табл. 1). Средняя масса одного семени варьировала от 3.4 до 4.6 мг в зависимости от года сбора. Зрелые семена имели окраску от светло- до темно-коричневой.

Был проведен более подробный анализ члеников и семян, собранных в 2009 г. в двух разных местах обитания копеечника зундукского (табл. 2). В хужирской популяции доля поврежденных члеников была в 2 раза больше, чем в зундукской, но в первой отсутствовали недоразвитые членики. В то же время на мысе Зундук одна треть всех члеников были недоразвиты, и доля неполноценных семян была в 1.6 раза больше, чем в хужирской.

Степень повреждения семян насекомыми в зундукской популяции была значительно меньше, чем в хужирской. Примерно половина всех члеников были бессемянными в обеих популяциях. На мысе Хужир 48.3 % поврежденных члеников не имели семян, на мысе Зундук – 24.9 % (см. табл. 2). Большинство семян (86 %) в поврежденных члениках на мысе Хужир были поврежденными, тогда как на мысе Зундук их было лишь 36 %. Но также в этих члениках были и полноценные семена (9 % на мысе Хужир и 61 % на мысе Зундук). Число неполноценных семян в поврежденных члениках было незначительным. Интересно, что в целых, вроде бы не поврежденных члениках имелись поврежденные семена, которые на мысе Хужир составляли около 37 %, а на мысе Зундук – 1.3 %. В целых члениках обнаружены неполноценные семена. В результате полноценные семена в неповрежденных члениках составили 50 % от общего числа семян на мысе Хужир и 93 % на мысе Зундук. Однако на мысе Зундук значительная доля члеников (около 30 %) были недоразвитыми, а на мысе Хужир они отсутствовали. Большинство недоразвитых члеников (79 %) бессемянное, в остальных, в которых имелись семена, они в основном неполноценные (91 %), а по-

Таблица 1

Характеристика члеников бобов и семян *Hedysarum zundukii*, собранных в разные годы

Год, место сбора	Число члеников	Поврежденные членики	Целые членики	Собрано зрелых целых семян		Масса одного целого семени, мг
				шт.	%*	
2007, мыс Зундук	350	–	–	135	39	3.37 ± 0.02
2008, мыс Зундук	407	215 (52.8 %)	192 (47.2 %)	77	19	3.88 ± 1.19
2009, мыс Хужир	648	372 (57.4 %)	276 (42.6 %)	142	22	4.29 ± 0.12
2009, мыс Зундук	1463	406 (27.8 %)	1057 (72.2 %)	526	36	4.60 ± 0.13

\* Доля от числа собранных члеников.

Таблица 2

Характеристика члеников и семян *Hedysarum zundukii* (урожай 2009 г.)

Место сбора	Членики		Семена, шт.			
	Состояние	Число, шт.	полноценные	неполноценные	поврежденные	всего
Мыс Хужир	Поврежденные с семенами	59 (9.1 %)	6	2	51	59
	Поврежденные без семян	313 (48.3 %)	–	–	–	–
	Целые	276 (42.6 %)	136	34	106	276
	Всего:	648	142 (43.3 %)*	36 (11 %)*	150 (45.7 %)*	328
Мыс Зундук	Поврежденные с семенами	41 (2.8 %)	25	1	15	41
	Поврежденные без семян	365 (24.9 %)	–	–	–	–
	Целые с семенами	532 (36.4 %)	494	31	7	532
	Целые без семян	83 (5.7 %)	–	–	–	–
	Недоразвитые с семенами	91 (6.2 %)	7	83	1	91
	Недоразвитые без семян	351 (24 %)	–	–	–	–
	Всего:	1463	526 (79.2 %)*	115 (17.3 %)*	23 (3.5 %)*	664

\* Доля от общего числа семян.

врежденные семена практически отсутствовали. В целом полноценные семена составили от общего числа собранных члеников на мысе Хужир 21.9 %, поврежденные – 23.1 %, щуплые – 5.5 %, а на мысе Зундук – 35.9, 1.6 и 7.9 % соответственно. Расчет от общего числа семян дал следующие результаты: на мысе Хужир 43.3 % полноценных семян, 45.7 % поврежденных и 11 % щуплых семян, а на мысе Зундук – 79.2, 3.5 и 17.3 % соответственно. Эти данные свидетельствуют о том, что на мысе Хужир основной причиной, ограничивающей образование нормальных семян, является их повреждение и выедание насекомыми, а на мысе Зундук роль этого фактора была минимальной. В то же время на мысе Зундук образование полноценных семян ограничивалось неблагоприятными условиями для их завязывания и созревания.

Обычно семена дикорастущих бобовых растений нуждаются в скарификации для прорастания. Полноценные, неповрежденные семена, помещенные на влажную фильтровальную бумагу без скарификации, не набухали и не прорастали. После скарификации проросло 55 % семян. Поврежденные семена на влажной фильтровальной бумаге набухали без скарификации, что свидетельствует о поврежденности их оболочек (табл. 3). Некоторое число поврежденных семян с мыса Хужир загнивали после набухания, а у семян с мыса Зундук этого не наблюдалось. Лишь 2–4 % набухших поврежденных семян проросли. Неполюценные семена также набухали без скарификации, не проросли и загнивали при дальнейшей инкубации, что говорит о незавершенности формирования оболочек этих семян или недоразвитии их зародыша.

В настоящей работе впервые показано, что повреждение семян копеечника зундукского насекомыми внутри члеников бобов приводит к уменьшению их общего числа, а также к низкой жизнеспособности семян. Подобные результаты получены при анализе бобов и семян других эндемичных бобовых растений: остролодочника Попова (*Oxytropis popoviana* Peschkova), остролодочника трехлисточкового (*O. triphylla* (Pall.) Pers.), остролодочника трагакантового (*O. tragacanthoides* Fisch.), у которых также значительная доля бобов и семян были поврежденными (Амелющенко и др., 2010). Таким образом, повреждение бобов и семян

является важным фактором, влияющим на сохранение популяций этих растений. Степень влияния его может быть различной в разных местах обитания. Примером может служить сравнение степени повреждения семян на мысе Хужир и Зундук.

Другим фактором, влияющим на образование жизнеспособных семян, является то, что значительная часть образовавшихся члеников бобов и семян копеечника зундукского не вызревала. На мысе Хужир отсутствовали недоразвитые членики бобов и доля щуплых семян была значительно меньше, чем на мысе Зундук, на котором около одной трети члеников были неполноценными. Все неповрежденные членики на мысе Хужир были с семенами, тогда как на мысе Зундук 13.5 % были бессемянными. Наличие пустых зрелых члеников может быть связано с затрудненностью опыления и оплодотворения во время цветения, а щуплость – с замедлением развития семян и их заполнения запасными веществами. Пока весьма непонятным кажется присутствие поврежденных семян в члениках бобов, которые внешне выглядели как неповрежденные. Различия в доле щуплых семян между разными популяциями имелись и у других видов растений (Амелющенко и др., 2010).

Причина этого различия между двумя местами обитания, отстоящими друг от друга на 9 км, кроется, вероятно, в различиях их гидротермического режима. Мыс Зундук является завершением широкой долины р. Зундук, которая спускается от самого гребня Приморского хребта. В этой долине наблюдаются потоки холодного воздуха и сильные ветры, которые создают более холодный микроклимат. А мыс Хужир, расположенный южнее мыса Зундук, защищен от холодных северо-западных ветров близкими к побережью Байкала горами. В прохладных и ветреных условиях мыса Зундук, вероятно, задерживается зацветание копеечника зундукского и затрудняется лёт насекомых-опылителей и насекомых, повреждающих бобы и семена. С этим, возможно, и связано значительное число недоразвитых бобов и семян на мысе Зундук и существенно меньшая степень повреждения семян по сравнению с мысом Хужир.

Третьим фактором, влияющим на устойчивость популяций, можно считать довольно низкую долю жизнеспособных семян. Из всего собранного

Таблица 3

**Набухание и прорастание поврежденных семян *Hedysarum zundukii* (урожай 2009 г.)**

Место сбора	Доля от общего числа семян, %			
	Набухшие	В том числе проросшие	Заражение плесневыми грибами и микроорганизмами	Твердые
Мыс Хужир	100	2	98	0
Мыс Зундук	96	4	92	4

Таблица 4

**Результаты окрашивания семян  
тетразольно-топографическим методом**

Характер окрашивания семян	Доля окрашивания, %
Полностью окрашенные	46.7
Полностью не окрашенные	20
Окрашен только зародышевый корешок	13.3
Полностью не окрашен зародышевый корешок и частично окрашены семядоли	20

материала доля полноценных семян составила 22 % на мысе Хужир и 36 % на мысе Зундук (см. табл. 1). Доля прорастания свежесобранных семян

составила 55 %. Таким образом, для сохранения этого вида желательнее использовать метод клонального микроразмножения, а также периодически изымать определенное количество семян для помещения их в Региональный банк семян СИФИБР СО РАН. Хранение в течение 6 лет при  $-80^{\circ}\text{C}$  почти не повлияло на долю прорастания семян (50 %). Тетразольно-топографический метод показал, что жизнеспособными остались 46.7 % семян (табл. 4). По данным Г.П. Семеновской (2007), всхожесть *Hedysarum zundukii* составляет 56 %, что согласуется с результатами нашей работы. Пока не известна причина, по которой внешне неповрежденные, с виду полноценные семена являются нежизнеспособными.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые был проведен сравнительный анализ плодов и семян редкого эндемика Прибайкалья копечника зундукского (*Hedysarum zundukii* Reschko), собранных в двух местах его обитания, отстоящих друг от друга на 9 км. Выяснено, что они повреждаются и поедаются насекомыми во время их развития и созревания. Степень участия насекомых в регуляции семенной продуктивности была различной в зависимости от местообитания растений и года сбора. Обнаружено, что доля недоразвитых бобов и семян к моменту сбора (конец августа – начало сентября) также зависела от места обитания популяций. Поврежденные и неполноценные семена набухали без скарификации и в ос-

новном не прорастали. Целесообразно на длительное хранение закладывать только целые зрелые семена, отделяя поврежденные и неполноценные.

Выявлено, что число полноценных семян снижают насекомые-семеноеды, которые повреждают плоды и семена. Можно предположить, что температурный и гидротермический режимы мест обитания растений могут влиять на активность насекомых опылителей, лимитирующих опыление и оплодотворение. Еще одним фактором, ограничивающим число семян, способных к прорастанию, является низкая жизнеспособность даже с виду полноценных семян, что в дальнейшем предполагается изучить.

### ЛИТЕРАТУРА

- Амелющенко Л.В., Гамбург К.З., Казановский С.Г., Верхозина А.В. Повреждение бобов и семян насекомыми как фактор, влияющий на сохранение редких, находящихся под угрозой исчезновения растений Прибайкалья семейства *Fabaceae* // Перспективы развития и проблемы современной ботаники: Материалы II (IV) Всерос. молодежной науч.-практ. конф. Новосибирск, 2010. С. 211–213.
- Бардунов Л.В., Макрый Т.В., Киселева А.А., Казановский С.Г. Особенности флоры и растительности Приольхонья (западное побережье Байкала) // Бот. журн. 2006. Т. 91, № 1. С. 23–33.
- ГОСТ 12039-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности. М., 2011. 41 с.
- Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., 1984. 425 с.
- Карнаухова Н.А., Селютина И.Ю., Казановский С.Г., Черкасова Е.С. Онтогенез и структура ценопопуляций *Hedysarum zundukii* (*Fabaceae*) – эндемика западного побережья озера Байкал // Бот. журн. 2008. Т. 93, № 5. С. 744–755.
- Карнаухова Н.А., Селютина И.Ю., Черкасова Е.С. Оценка устойчивости ценопопуляций эндемиков Прибайкалья – *Hedysarum zundukii* Reschko, *Oxytropis triphylla* (Pall.) Pers. и *Oxytropis popoviana* Reschko // Биоразнообразие внутренней Азии: Тез. докл. Всерос. конф. с международным участием. Улан-Удэ, 2006. С. 131–132.
- Красная книга Иркутской области. Иркутск, 2010. 480 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. 855 с.
- Мальшев Л.И., Пешкова Г.А. Нуждаются в охране – редкие и исчезающие растения Центральной Сибири. Новосибирск, 1979. 172 с.
- Мальшев Л.И., Пешкова Г.А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск, 1984. 256 с.
- Пешкова Г.А. Семейство *Fabaceae* или *Leguminosae* – Бобовые // Флора Центральной Сибири. Новосибирск, 1979. Т. 2. С. 585–639.
- Положий В.А., Выдрин С.Н., Никифорова О.Д. *Fabaceae* (*Leguminosae*) // Флора Сибири. Новосибирск, 1994. Т. 9. 280 с.
- Редкие и исчезающие растения Сибири. Новосибирск, 1980. 224 с.
- Семенова Г.П. Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология, охрана. Новосибирск, 2007. 408 с.